



HAL
open science

Impact sur la santé et gestion du surpoids chez le cheval

Laurane Leroy

► **To cite this version:**

Laurane Leroy. Impact sur la santé et gestion du surpoids chez le cheval. Médecine vétérinaire et santé animale. 2024. dumas-04806756

HAL Id: dumas-04806756

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04806756v1>

Submitted on 27 Nov 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.

Copyright

Année 2024

IMPACT SUR LA SANTÉ ET GESTION DU SURPOIDS CHEZ LE CHEVAL

THÈSE

pour obtenir le diplôme d'État de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE
présentée et soutenue publiquement devant
la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)
le 24 septembre 2024

par

Laurane, Agnès, Yolaine, LEROY

sous la direction de

Estelle MANGUIN

JURY

Présidente du jury :	Mme Caroline GILBERT	Professeur à l'EnvA
Directrice de thèse :	Mme Estelle MANGUIN	Maître de Conférences à l'EnvA
Examineur :	M. Ludovic TANQUEREL	Maître de Conférences à l'EnvA
Membre invité :	M. Charles BARRÉ	Vétérinaire nutritionniste

Liste des enseignants intervenant dans l'encadrement des thèses de Doctorat vétérinaire

version mai 2024



Liste des Professeurs et Maîtres de conférences titulaires de l'HDR

M	Adjou	Karim	Professeur	DPASP
M	Audigié	Fabrice	Professeur	DEPEC
M	Bellier	Sylvain	Professeur	DSBP
Mme	Benckekroun	Ghita	Maître de conférences HDR	DEPEC
M	Blaga	Radu	Professeur	DSBP
M	Blot	Stéphane	Professeur	DEPEC
M	Boulouis	Henri-Jean	Professeur émérite	DSBP
Mme	Chahory	Sabine	Professeur	DEPEC
Mme	Chastant	Sylvie	Professeur	DPASP
M	Chateau	Henry	Professeur	DSBP
Mme	Chetboul	Valerie	Professeur	DEPEC
Mme	Crepeaux	Guillemette	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Crevier-Denoix	Nathalie	Professeur	DSBP
M	Degueurce	Christophe	Professeur	DSBP
M	Denoix	Jean-Marie	Professeur	DEPEC
M	Desquilbet	Loic	Professeur	DSBP
Mme	Dufour	Barbara	Professeur émérite	DPASP
M	Fayolle	Pascal	Professeur émérite	DEPEC
M	Federighi	Michel	Professeur	DPASP
M	Fontbonne	Alain	Professeur	DEPEC
Mme	Gilbert	Caroline	Professeur	DSBP
M	Grandjean	Dominique	Professeur	DEPEC
Mme	Grimard-Ballif	Bénédicte	Professeur	DPASP
Mme	Haddad-Hoang Xuan	Nadia	Professeur	DPASP
M	Jouvion	Gregory	Professeur	DSBP
M	Kohlhauer	Matthias	Professeur	DSBP
Mme	Le Poder	Sophie	Professeur	DSBP
Mme	Le Roux	Delphine	Maître de conférences HDR	DSBP
M	Manassero	Mathieu	Professeur	DEPEC
Mme	Maurey-Guéneq	Christelle	Professeur	DEPEC
M	Millemann	Yves	Professeur	DPASP
M	Ponter	Andrew	Professeur	DPASP
Mme	Risco-Castillo	Véronica	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Rivière	Julie	Professeur	DPASP
Mme	Robert	Céline	Professeur	DSBP
M	Tiret	Laurent	Professeur	DSBP
M	Tissier	Renaud	Professeur	DSBP
M	Verwaerde	Patrick	Professeur	DEPEC
Mme	Viateau	Véronique	Professeur	DEPEC

Liste des Maîtres de conférences et Ingénieurs de recherche DMV

M	Arné	Pascal	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barassin	Isabelle	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barbarino	Alix	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Béguin	Jérémy	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Bertoni	Lelia	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Canonne-Guibert	Morgane	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Chevallier	Lucie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Cochet-Faivre	Noëlle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Cordonnier-Lefort	Nathalie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Coudry	Virginie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Crozet	Guillaume	Maître de conférences	DPASP
Mme	De Paula Reis	Alline	Maître de conférences	DPASP
M	Delsart	Maxime	Maître de conférences	DPASP
Mme	Denis	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Deshuillers	Pierre	Maître de conférences	DSBP
M	Gauthier	Michel	Maître de conférences associé	DPASP
Mme	Guérin	Virginie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Guétin-Poirier	Valentine	Maître de conférences	DPASP
Mme	Jacquet	Sandrine	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Kurtz	Maxime	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Lagré	Anne-Claire	Maître de conférences	DSBP
Mme	Le Dudal	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DSBP
Mme	Legrand	Chantal	Maître de conférences associé	DSBP
M	Mammeri	Mohamed	Maître de conférences	DSBP
Mme	Manguin	Estelle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Marignac	Genevieve	Maître de conférences	DSBP
Mme	Marotto	Stéphanie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Maurice	Emeline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mespoulhes-Rivière	Céline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Mortier	Jérémy	Maître de conférences associé	DEPEC
Mme	Mtimet	Narjès	Maître de conférences	DPASP
M	Nudelmann	Nicolas	Maître de conférences	DEPEC
M	Pignon	Charly	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Polack	Bruno	Maître de conférences	DSBP
Mme	Quéré	Émilie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Radière	Guéric	Maître de conférences associé	DSBP
Mme	Ravary-Plumioën	Béangère	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Reyes-Gomez	Edouard	Maître de conférences	DSBP
Mme	Rose	Hélène	Maître de conférences associé	DSBP
M	Tanquerel	Ludovic	Maître de conférences	DEPEC

Remerciements

A la Présidente du Jury de cette thèse, Madame Caroline Gilbert, Professeur à l'EnvA,
Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury de thèse. Sincères remerciements.

A Madame Estelle Manguin, Maître de conférences à l'EnvA,
Pour m'avoir accompagné avec une immense gentillesse tout au long de ce travail et pour avoir accepté sans hésiter ce sujet passionnant. Merci infiniment.

A Monsieur Ludovic Tanquerel, Maître de conférences à l'EnvA,
Pour avoir accepté d'être examinateur au sein de ce jury de thèse. Sincères remerciements.

A Monsieur Charles Barré, Docteur vétérinaire,
Pour ses conseils lors de la réflexion autour de la partie nutrition. Remerciements.

A mes parents, pour leur soutien indéfectible durant toutes ces années. A ma mère sans qui rien n'aurait été possible et à mon père pour son aide précieuse.

A Skim, Flo, Sonja, Oana, Snoopy, Maya, Épice, Mimine, Explo, Nouch et tant d'autres, pour m'avoir accompagné depuis mon enfance et pour avoir suscité cette vocation et entretenu cette passion sans faille pour les animaux.

A tous ceux que j'ai rencontrés durant cette aventure, pour avoir fait partie de ces moments si intenses, merci pour votre aide et votre présence, sur les bancs de la fac, lors de la préparation du concours, durant ces années Alforiennes et mes allers-retours incessants.

A Léana, Solène, Margot et nos poulottes Lylou, Cléo et Valentine, pour avoir rendu ces années Alforiennes encore plus belles. Les souvenirs de notre trio de clinique resteront gravés dans ma mémoire.

Table des matières

Liste des figures	3
Liste des tableaux.....	5
Liste des abréviations.....	7
Introduction	9
Première partie : Reconnaître le surpoids	11
1. La perception du poids par les propriétaires et les professionnels de la filière	11
A. Capacité à reconnaître l'obésité par les différents acteurs de la filière.....	11
B. Influence de facteurs sociologiques sur la perception du surpoids.....	12
C. Influence de la race sur la perception du surpoids.....	13
D. Influence de la discipline sur la perception du surpoids	14
2. Les outils pour estimer et suivre le poids	15
a. Mesure et estimation du poids.....	15
b. La note d'état corporel (NEC)	21
c. Le score de crête nucale (CNS).....	30
d. Mesure de l'épaisseur de gras sous-cutané par échographie.....	33
e. Détermination de la composition corporelle à l'aide de la méthode de dilution au deutérium.	37
f. Développement de nouveaux outils.....	39
Deuxième partie : Les principales causes du surpoids.....	45
1. Une alimentation trop riche	45
a. L'excès d'apport énergétique par rapport aux besoins	47
b. La consommation excessive des aliments disponibles à volonté par certains individus.....	49
c. La mauvaise appréciation de la qualité énergétique et l'imprécision des quantités des aliments distribués dans la ration.....	50
2. Le manque d'exercice.....	51
3. Le syndrome métabolique équin.....	53
a. Définition et physiopathologie	53
b. Obésité et SME	54
4. Autres causes intrinsèques.....	55
Troisième partie : Les conséquences du surpoids	59
1. Impact sur le système myo-arthro squelettique.....	59
a. La fourbure.....	59
b. Impact sur les articulations	60
2. Impact sur le système digestif	61
a. Le lipome pédonculé.....	62

b.	Impact sur le microbiote intestinal.....	63
3.	Impact sur le métabolisme	66
a.	Dysrégulation de l'insuline	67
b.	Inflammation.....	74
c.	Conséquences sur le métabolisme hépatique.....	79
d.	Impact sur la thermorégulation	79
4.	Impact sur la reproduction	80
a.	Impact sur la santé de la jument, les performances de reproduction et le déroulement du poulinage :	81
b.	Impact sur le développement et la santé du poulain :	83
	Quatrième partie : La gestion du surpoids	87
1.	Les bases du rationnement chez le cheval	87
a.	Estimation du besoin en énergie.....	89
b.	Fourrages	90
c.	Pâturage.....	93
d.	Concentrés	94
e.	Complément minéral et vitaminique	95
2.	Etablir une ration adaptée au cheval obèse	96
a.	Préambule : effet de l'alimentation sur l'insulino-sensibilité	97
b.	Suppression de la distribution d'aliments à forte densité énergétique	100
c.	Restriction de la quantité de fourrages consommés	100
d.	Gestion de l'accès au pâturage	106
e.	L'importance de la communication et du suivi avec les propriétaires	111
3.	Prévenir les stéréotypies consécutives au rationnement du cheval	112
4.	L'exercice, deuxième pilier dans la prise en charge du cheval en surpoids	115
5.	Aide pharmacologique à la perte de poids.....	118
	Cinquième partie : Réalisation d'un guide à destination des propriétaires.....	121
	Conclusion.....	123
	Liste des références bibliographiques	125
	Annexe 1 : Besoins quotidiens en éléments nutritifs pour un cheval adulte de 500 kg. D'après (Committee on Nutrient Requirement of Horses, 2007).	135
	Annexe 2 : Illustrations des notes d'état corporel individuelles décrites par Henneke <i>et al.</i> (1983). D'après (Carter et Dugdale, 2013).....	137
	Annexe 3 : Protocole de la méthode de dilution au deutérium	139
	Annexe 4 : Guide à destination des propriétaires.....	141

Liste des figures

Figure 1 : Photographies des deux chevaux de type cob utilisées dans l'étude de (Morrison <i>et al.</i> , 2017a).....	14
Figure 2 : Photographies illustrant l'utilisation d'un ruban de mesure du poids.	16
Figure 3 : Exemple d'un nomogramme d'estimation du poids en fonction de la mesure du périmètre thoracique et de la hauteur au garrot (Carroll et Huntington, 1988).	18
Figure 4 : Illustration de l'outil d'estimation du poids vif proposé par l'IFCE (consulté le 30/06/2024).	20
Figure 5 : Localisation des six régions de dépôts adipeux sous-cutanées évaluées par l'échelle de notation de l'état corporel selon Henneke <i>et al.</i> , (1983). Illustration d'après (Carter et Dugdale, 2013).	23
Figure 6 : Illustration de l'outil d'aide à la détermination d'une NEC proposé par l'IFCE, six zones sont à observer pour le niveau d'expertise expert (consulté le 11/07/2024).....	29
Figure 7 : Illustration des différents scores de CNS, d'après (Carter et Dugdale, 2013).....	31
Figure 8 : Illustration schématique des conséquences de l'obésité présentées lors de ce travail..	86
Figure 9 : Les stades de développement des graminées fourragères. Le trait rouge représente la hauteur de la gaine. D'après (Ponter, 2022).	91

Liste des tableaux

Tableau 1 : Prévalence de l'obésité dans la population équine dans différentes publications entre 2008 et 2023, à l'exception d'une étude tous les chevaux ont été examinés par des experts afin de déterminer leur note d'état corporel.	10
Tableau 2 : Échelle d'attribution de la note d'état corporel allant de 0 à 5 d'après Carroll et Huntington (1988).....	22
Tableau 3 : Échelle d'attribution de la note d'état corporel allant de 1 à 9 d'après Henneke et al (1983).....	24
Tableau 4 : Description des différents scores de CNS, d'après (Rebecca A. Carter <i>et al.</i> , 2009a).	31
Tableau 5 : Comparaison des méthodes de mesure du poids et de la condition corporelle. D'après (Carter et Dugdale, 2013).....	42
Tableau 6 : Exemple de tableau d'estimation des besoins en énergie (énergie digestible) exprimée en MCal pour un cheval adulte de 500 kg. D'après (Committee on Nutrient Requirement of Horses, 2007).....	47
Tableau 7 : Exemple de tableau d'estimation des besoins en énergie (énergie digestible) exprimée en MCal pour un cheval adulte de 500 kg. D'après (Committee on Nutrient Requirement of Horses, 2007).....	89
Tableau 8 : Les différents types de fibres définies par analyse chimique. D'après (Committee on Nutrient Requirement of Horses, 2007)	92
Tableau 9 : Taux de fibres dans la ration totale du cheval recommandé (exprimés en %). D'après (Wolter <i>et al.</i> , 2014).....	93
Tableau 9 : Les différents types de glucides définis par analyse chimique. D'après (Committee on Nutrient Requirement of Horses, 2007)	94

Liste des abréviations

AGNE : acides gras non estérifiés

AGV : acides gras volatils

AQPS : Autre que pur-sang (race de chevaux)

ARNm : ARN messagers

BW : body weight (poids corporel)

CNS : cresty neck score (score de crête nucale)

ECEIM : european college of equine internal médecine (collège européen de médecine interne équine)

FSIGT : frequently sampled intravenous glucose tolerance test (test de tolérance au glucose par voie intraveineuse fréquemment échantillonné)

GLDH : enzyme glutamate déshydrogénase

IFCE : Institut français du cheval et de l'équitation

IL1 : interleukine de type 1 (cytokine)

IL6 : interleukine de type 6 (cytokine)

IMC : indice de masse corporelle

INRA : Institut national de la recherche agronomique français

IR : insulino-résistance

LPS : lipopolysaccharide bactérien

Mcal : mégacalories (unité pour exprimer l'énergie digestible dans le système américain)

Min : minutes

MS : matières sèches

NEC : score de condition corporel

NRC : National Research Council (conseil national de la recherche des Etats-Unis)

PBMC : peripheral blood mononuclear cells (cellules mononuclées périphériques)

PPID : Pituitary pars intermedia dysfunction (dysfonctionnement de la *pars intermedia* de l'hypophyse ou « syndrome de Cushing »)

PV : poids vif

SME : syndrome métabolique équin

TNFalpha : tumor necrosis factor alpha (facteur de nécrose tumorale alpha) (cytokine)

UFC : unité fourragère cheval

Introduction

Les chevaux sont des herbivores vivant en troupeau, qui consacrent plus de la moitié de leur budget temps à l'alimentation. Naturellement, le cheval se nourrit de petites quantités au fil de ses déplacements sur une durée moyenne de 15 heures par période de 24 heures et passe rarement plus de trois à quatre heures sans s'alimenter (Harris et Shepherd, 2021). Leur anatomie digestive se distingue des ruminants avec un estomac réduit et un gros intestin très développé qui permet par fermentation des fibres la production d'énergie sous forme d'acide gras volatiles (Wolter *et al.*, 2014). Les chevaux sont capables d'utiliser une large gamme d'espèces végétales pour se nourrir.

Les chevaux et les poneys sont de plus en plus entretenus à des fins de loisirs. Si bien que cette population représente désormais la majorité de la population équine dans les pays industrialisés (Wyse *et al.*, 2008). Paradoxalement, l'avènement du cheval comme un compagnon et un partenaire de loisirs a permis d'améliorer de nombreux aspects autour de son bien-être mais a également entraîné une augmentation spectaculaire de l'incidence de l'obésité (Argo, 2015). Au Royaume-Uni, l'obésité chez le cheval représente à présent l'un des problèmes les plus graves en matière de bien-être (Furtado *et al.*, 2021).

Il n'existe pas à l'heure actuelle de définition de l'obésité communément admise chez le cheval. L'obésité peut être définie simplement comme une masse accrue de tissu adipeux (Geor et Harris, 2013a). Les échelles de notation de l'état corporel distinguent surpoids et obésité. Lorsque la note d'état corporel est de sept sur neuf, le cheval est considéré comme étant en surpoids tandis que lorsqu'elle s'élève à huit ou à neuf sur neuf le cheval est considéré comme obèse (Geor et Harris, 2013a). Au sein de ce travail, le surpoids et l'obésité ont été considérés comme une entité unique car selon les publications, le seuil de distinction entre surpoids et obésité n'était soit pas précisé soit différent.

Les chiffres de la prévalence du surpoids dans la population équine tendent à montrer que près de la moitié des chevaux et poneys occidentaux sont en surpoids (tableau 1). Cette forte prévalence de l'obésité peut être attribuée à l'activité de loisir exercée par la plupart des chevaux et poneys correspondant à une intensité de travail très légère, à l'accès accru à des aliments de haute qualité énergétique distribué à mauvais escient et à un manque de perception de l'adiposité équine par les propriétaires et soigneurs des chevaux (Pratt-Phillips et Munjizun, 2023).

Tableau 1 : Prévalence de l'obésité dans la population équine dans différentes publications entre 2008 et 2023, à l'exception d'une étude tous les chevaux ont été examinés par des experts afin de déterminer leur note d'état corporel.

Année d'étude	Pays / région	Population cible	Taille de l'échantillon (nombre de chevaux et poneys)	Prévalence de l'obésité (en %)	Référence
2008	Ecosse	Loisirs	319	45 %	(Wyse <i>et al.</i> , 2008)
2011	Royaume-Uni	Loisirs	96	41,8 %	(Giles <i>et al.</i> , 2014)
2012	Etats-Unis / Virginie	Loisirs	300	51 %	(Thatcher <i>et al.</i> , 2012)
2013	Australie	Loisirs	229	37,1 %	(Potter <i>et al.</i> , 2016)
2015	Royaume-Uni	Loisirs	785	31,2 %*	(Robin <i>et al.</i> , 2015)
2022	Italie	Loisirs	259	24 %	(Busechian <i>et al.</i> , 2022)
2023	Irlande / Dublin	Loisirs, course et compétition	60	45 %	(Golding <i>et al.</i> , 2023)

* Prévalence estimée par les propriétaires sur la base d'un questionnaire

Les préoccupations quant à l'impact de l'obésité sur la santé chez le cheval et le poney sont relativement récentes. Les publications sur le sujet découlent des connaissances acquises sur le sujet au sein de la population humaine et des petits animaux de compagnie. Néanmoins, la gestion sur le terrain des complications associées à l'obésité se fait de plus en plus fréquente. Les vétérinaires ont donc une responsabilité importante afin d'aider d'une part à la reconnaissance du surpoids et d'autre part afin d'accompagner les propriétaires et les équidés dans la gestion de la prise de poids et ses conséquences diverses sur le système digestif, le métabolisme, les performances ou la reproduction. Ainsi, l'objectif de ce travail de thèse est de fournir à tout vétérinaire les mesures à mettre en place afin de gérer un cheval ou en poney en situation d'obésité, notamment en matière d'alimentation, mais également de proposer une synthèse des origines supposés de l'obésité et de ses conséquences. Pour cela, la première partie de ce manuscrit présente la problématique de la reconnaissance du surpoids d'un individu et les outils à disposition des propriétaires et du vétérinaire afin d'estimer le poids, la note d'état corporel et la quantité de tissu adipeux. La deuxième partie développe les principales causes de surpoids tandis que la troisième portion aborde les conséquences encore mal connues de l'obésité équine. Enfin la quatrième partie reprend les bases du rationnement du cheval et propose une synthèse des principales mesures en termes d'alimentation et d'exercice à mettre en œuvre dans le cadre de la gestion du surpoids, y compris pour les chevaux et poneys ayant accès au pâturage. En plus de ce manuscrit, l'objectif était également de mettre à disposition d'un public plus large un livret de vulgarisation reprenant les principales mesures recommandées pour la gestion du surpoids.

Première partie : Reconnaître le surpoids

1. La perception du poids par les propriétaires et les professionnels de la filière

Dans le monde équin, de nombreux articles font état d'une difficulté pour les propriétaires et professionnels à reconnaître les chevaux en surpoids. La bonne reconnaissance du surpoids est un prérequis essentiel à sa bonne gestion (Morrison *et al.*, 2017a). Or, ce sont les personnes les plus fréquemment en contact avec les chevaux qui sont les plus à mêmes de détecter précocement un cheval ayant pris du poids et de suivre l'évolution.

Au même titre que l'augmentation de la prévalence de l'obésité chez les petits animaux domestiques, la mauvaise perception de leur état corporel par leurs propriétaires, le plus fréquemment par sous-estimation, a été constatée depuis bien plus longtemps. En 2014, une étude menée sur des propriétaires de chiens consultant dans trois hôpitaux universitaires anglais a montré qu'ils avaient tendance à sous-estimer l'état corporel de leur chien, d'autant plus s'ils étaient propriétaire d'un chien en surpoids et ce même en utilisant une échelle de notation d'état corporel illustrée (Eastland-Jones *et al.*, 2014). Les propriétaires de chevaux suivent également cette tendance à la sous-estimation de l'état corporel de leurs animaux.

a. Capacité à reconnaître l'obésité par les différents acteurs de la filière

Plusieurs études ont cherché à quantifier la capacité des gérants de chevaux à estimer l'état corporel de leur cheval. Elles se sont surtout intéressées aux chevaux de loisirs, les chevaux de compétition étant moins sujet au surpoids de par leurs activités et leurs gérants plus avertis. Une étude portant sur des chevaux de concours de présentation aux Etats-Unis a montré qu'il n'y avait pas de différence entre le poids corporel estimé par les propriétaires et le poids corporel réel pour des chevaux de selle et des chevaux lourds d'attelage (Hansen *et al.*, 2015). Néanmoins dans cette étude, 42 % des chevaux lourds ont été notés en surpoids contre 2 % des chevaux de selle. Les auteurs suggèrent que l'indice de masse corporelle plus élevé des chevaux lourds pourrait être lié aux normes d'état corporel de l'attelage de présentation (Hansen *et al.*, 2015).

Dans une étude Écossaise pour laquelle 45 % des chevaux ont été notés comme gras à très gras par les auteurs, les résultats globaux ont fait état d'un accord entre la notation des auteurs et des propriétaires. Cependant, concernant les chevaux notés comme gras à très gras, seul un propriétaire sur deux donnait une appréciation de la condition corporelle équivalente à celle des auteurs. Les différences de classement entre les propriétaires et les auteurs étaient le plus fréquemment par sous-estimation des propriétaires (Wyse *et al.*, 2008).

Cette difficulté de perception de la condition corporelle des chevaux ne semble pas être modifiée selon l'expérience des propriétaires. Une étude ayant interrogé uniquement une population ayant une expérience depuis au moins 10 ans dans le milieu de l'équitation, en tant que propriétaire ou cavalier, a montré les mêmes résultats. La concordance des scores de condition corporelle notée sur 5 entre les propriétaires et le vétérinaire ayant réalisé les notations pour l'étude était faible. Les propriétaires ont eu tendance à noter les chevaux avec un score soit plus bas, soit plus haut que le

vétérinaire (Busechian *et al.*, 2022). Seuls les propriétaires des chevaux gériatriques (âgé entre 21 et 30 ans), ayant un score d'état corporel moyen plus faible que les jeunes chevaux et adultes de l'étude, ont eu une concordance de leur évaluation modérée avec celle du vétérinaire. Ce résultat peut être expliqué par une meilleure vigilance de ces propriétaires à l'état de santé de leurs chevaux et donc une meilleure capacité d'observation de leur état corporel (Busechian *et al.*, 2022).

Une autre étude a interrogé des cavaliers de centres équestres autour de Victoria (Australie). Les personnes sondées dans cette étude différaient fortement des propriétaires interrogés dans les autres études, cependant on retrouve la même tendance quant à la perception du poids des chevaux. La moyenne d'âge des répondants était de 12 ans, les enfants de moins de 12 ans devaient être assistés d'un adulte pour répondre au questionnaire. Ils devaient, après avoir eu connaissance d'une échelle de notation sans image représentative, noter leur cheval comme plus fin, en bonne condition ou plus gros par rapport à la note de condition corporelle optimale. Les résultats ont montré que 40% des cavaliers ont considérablement sous-estimé l'état corporel de leur cheval et quelques-uns ont surestimé la note (Potter *et al.*, 2016).

Au vu des résultats concernant les propriétaires, il est légitime de supposer que les professionnels de la filière ont de meilleures capacités à évaluer l'état corporel des chevaux. Les résultats d'une étude récente ont néanmoins montré qu'il n'y avait pas de différence entre les professionnels et les non professionnels dans leur capacité à identifier cinq des six chevaux en surpoids parmi douze photos de chevaux tous positionnés de profil. Concernant la sixième photo, une proportion significativement plus importante de non professionnels (80,5 %) par rapport aux professionnels (71,2 %) ont correctement identifié l'animal comme étant en surpoids (Morrison *et al.*, 2017a). Ce résultat s'appuie sur 539 réponses à un questionnaire diffusé en ligne sur des forums équins entre 2013 et 2014 au Royaume-Uni. Seuls 11 % des répondants ont correctement identifié les six chevaux en surpoids (Morrison *et al.*, 2017a). L'absence de contraste entre la capacité des professionnelles et des propriétaires dans cette étude peut-être nuancé par le fait que les personnes non professionnels ayant un intérêt pour la thématique du surpoids chez le cheval ont été plus susceptibles de répondre au questionnaire et d'avoir un niveau de connaissance sur le sujet équivalent à celui des professionnels (Morrison *et al.*, 2017a). D'autres recherches pour évaluer la capacité des professionnels par rapport aux propriétaires d'équidés seraient intéressantes à mener.

Ces différentes études ont montré que les propriétaires de chevaux ont une faible capacité à évaluer avec précision l'état corporel de leurs chevaux. De plus, les propriétaires de chevaux obèses ont tendance à sous-estimer l'état corporel de leur cheval (Wyse *et al.*, 2008). Cette difficulté de perception peut être expliquée par l'influence de plusieurs facteurs sociaux mais également par la race ou la discipline équestre exercée. En effet, la perception du surpoids chez le cheval par les propriétaires semble associée à plusieurs éléments conceptuels qui peuvent influencer leur vision de la réalité.

b. Influence de facteurs sociologiques sur la perception du surpoids

Un premier élément important est l'idée que l'aspect du corps du cheval est le reflet de la qualité des soins apportés. Les propriétaires pensent et modifient les différents aspects des soins apportés selon ce qu'ils pensent être le plus approprié pour une bonne santé (Furtado *et al.*, 2021). Ces données ont été recueillies au Royaume-Uni par des interviews de 28 propriétaires volontaires et la lecture de trois forums équins. Dans les nombreux propos rapportés, la bonne santé signifie en grande partie ne pas avoir un cheval maigre, ce qui fait que les propriétaires sont très attentifs à une

perte d'état, d'autant plus qu'elle est souvent perçue comme le résultat de mauvais soins. A tel point que certains propriétaires préfèrent avoir un cheval en léger surpoids, le percevant à la fois comme un signe de bonne santé et comme le fait d'être un bon propriétaire, présenté dans l'article comme le fait d'être un propriétaire responsable. Ainsi, l'attention des propriétaires est surtout portée sur l'amaigrissement plutôt que sur le surpoids, sauf pour ceux ayant déjà été alertés du surpoids de leur cheval (Furtado *et al.*, 2021).

De plus, la présence de surpoids est associée à d'autres concepts ayant une signification bien différente. Les propriétaires de l'étude considèrent la présence de gras sur les chevaux comme un indicateur de bonne santé mais aussi comme faisant partie de sa morphologie ou comme un signe de maladie. Ces trois représentations bien différentes sont souvent partagées par un même propriétaire, à des moments différents lorsqu'ils abordent la thématique du surpoids rendant la perception de la condition corporelle de leur cheval difficile et conflictuelle (Furtado *et al.*, 2021).

Une étude récente, menée en 2023 en Irlande, a également mis en exergue l'influence de l'environnement autour du cheval et de son propriétaire, quant à la perception et la gestion de l'état corporel. Dans cette étude, où les propriétaires ont été recrutés afin d'évaluer leur capacité à estimer l'état corporel de leur cheval et utiliser l'échelle de notation d'état corporel (Henneke *et al.*, 1983), ceux-ci appartenaient à trois écuries. Dans les deux premières écuries décrites, les participants étaient pour la plupart des chevaux de compétition de moyen à haut niveau. L'état corporel des chevaux était compris entre 4 et 6/9 à l'exception de deux chevaux obèses (à 7 et 8/9 respectivement) et elles disposaient de balance ou de ruban afin de suivre l'état corporel. Les propriétaires ont été plus précis dans leur jugement de l'état corporel de leurs chevaux par rapport à ceux de l'écurie C. Au sein de l'écurie C, l'ensemble des chevaux ont été notés en surpoids ou obèses par les auteurs. L'activité de ces chevaux était une activité de loisirs ou aucune activité, aucun propriétaire n'avait déclaré utiliser de moyens spécifiques pour contrôler l'état corporel et la précision de la note d'état corporel entre les propriétaires et l'évaluateur de l'étude était de 12,5 %, soit une précision extrêmement faible. D'après ces observations avec une différence notable de comportement et de perception entre les écuries de l'étude, les auteurs ont soulevé une potentielle influence de l'environnement physique et des personnes pouvant créer un environnement obésogène autour des chevaux. D'autres études doivent évidemment être menées pour approfondir ces observations. Néanmoins, ces premiers résultats confirment que les pairs, l'ensemble des propriétaires au sein des écuries, et les normes sociétales semblent jouer un rôle dans la gestion des chevaux et notamment dans la perception et la gestion du surpoids (Golding *et al.*, 2023).

c. Influence de la race sur la perception du surpoids

Le surpoids est invisible pour certains propriétaires car il est intégré aux caractéristiques morphologiques de la race. Les propriétaires ont également des difficultés à faire la différence entre des dépôts de gras et de muscle, notamment au niveau de l'encolure. Cette idée que le surpoids fait partie de la morphologie de leurs chevaux, voire de leur identité, rend difficile pour les propriétaires la prise de conscience que leur cheval a passé un seuil de surpoids important (Furtado *et al.*, 2021). On s'aperçoit ainsi que les propriétaires peuvent être conscients du surpoids de leur cheval mais ne s'aperçoivent pas qu'il s'aggrave. Il faut le plus fréquemment un élément déclencheur tel qu'un problème de santé dû à l'obésité ou l'alerte d'un professionnel pour amorcer ce changement de perception (Furtado *et al.*, 2021).

Pour illustrer le fait que le surpoids est systématiquement associé à certaines race on peut prendre l'exemple des deux photos de chevaux de type cob, évaluées par 70 % des répondants comme en surpoids alors qu'ils ont été notés comme ayant une note d'état corporel normale par l'expert de l'étude (Morrison *et al.*, 2017a). Bien que le type cob soit un facteur de risque connu d'obésité (Giles *et al.*, 2014), il semble qu'il y ait une perception erronée entre la forme naturelle du corps de cette race et l'augmentation de l'adiposité (Figure 1) (Morrison *et al.*, 2017a).

Figure 1 : Photographies des deux chevaux de type cob utilisées dans l'étude de (Morrison *et al.*, 2017a).



Ces deux photographies de chevaux de type cob faisaient partie des 12 photographies de profil de chevaux présentés dans le questionnaire afin d'identifier la capacité des répondants à identifier les chevaux obèses. Le pourcentage inscrit au bas des photographies correspond au pourcentage de répondants ayant classifié le cheval sur l'image comme étant en surpoids, la note d'état corporel inscrite est celle attribuée par l'observateur expérimenté (Morrison *et al.*, 2017a).

d. Influence de la discipline sur la perception du surpoids

La perception de l'obésité est également influencée par la discipline. Les participants au questionnaire en ligne diffusé au Royaume-Uni, ont noté plus sévèrement les chevaux de compétition, en surestimant leur note d'état corporel. Au contraire, il a été jugé plus acceptable que les chevaux soient en surpoids pour les épreuves de présentation que pour les autres types de discipline (Morrison *et al.*, 2017a). Des propriétaires interrogés en Italie, possédant des chevaux de présentation, de reproduction ou de race avec des morphologies particulières telles que les chevaux arabes ou espagnols ont noté leurs chevaux avec une concordance moyenne avec le vétérinaire expert pour le score de condition corporelle et le score d'évaluation du chignon. Ces propriétaires ont probablement un œil plus entraîné aux caractéristiques morphologiques de leurs chevaux de par les activités de présentation et de reproduction (Busechian *et al.*, 2022). Les propriétaires de chevaux westerns sont apparus comme les plus aguerris à évaluer les caractéristiques morphologiques de leurs chevaux dans cette étude, avec un degré optimal de concordance entre leur note et celle du vétérinaire tandis que les propriétaires des autres disciplines ont une concordance nulle à faible (Busechian *et al.*, 2022).

La difficulté de perception du surpoids des propriétaires et professionnels exacerbe la problématique posée par le surpoids et retarde sa prise en charge (Morrison *et al.*, 2017a).

2. Les outils pour estimer et suivre le poids

La prise de poids est un phénomène qui se met en place sur la durée, il est donc difficile pour les propriétaires de remarquer que leur cheval prend du poids sans utiliser des évaluations plus objectives, telles que la notation de l'état corporel et la pesée des chevaux (Moore-Colyer *et al.*, 2023). Dans le contexte de la nécessité de la prise de conscience des propriétaires de l'état corporel de leurs chevaux, de nombreux outils ont été développés afin d'évaluer le poids ou la note d'état corporel. De plus, la connaissance du poids a une importance dans la gestion alimentaire car une très grande partie des apports alimentaires recommandés sont reliés au poids vif (PV) (Martin-Rosset, 2012).

a. Mesure et estimation du poids

Le poids peut être directement mesuré à l'aide d'une balance. Les grandes cliniques et centres hospitaliers équins sont équipés de balance à demeure, outil essentiel afin d'obtenir une mesure rapide et précise du poids indispensable au calcul des doses de médicaments et pour le suivi du poids des chevaux hospitalisés. Néanmoins, sur le terrain malgré la possibilité d'utiliser ces mêmes balances en version transportable, leur utilisation est encore très peu répandue pour des raisons pratiques. Ainsi, estimer le poids d'un cheval est un exercice très régulier sur le terrain autant pour les vétérinaires que pour les propriétaires. Cependant cet exercice peut s'avérer difficile, l'estimation du poids devant tenir compte du morphotype variable selon la race, du degré de développement musculaire et de la quantité supposée de graisse corporelle.

La mesure du poids à elle seule apporte peu d'informations sur l'état corporel. L'utilisation seule de la mesure du poids est plutôt recommandée lors d'un suivi de perte de poids. Dans ce cas, il est conseillé de reproduire les mesures au même moment de la journée et en s'assurant que le cheval a été mis préalablement dans les mêmes conditions d'alimentation et d'exercice que lors de la mesure précédente (Carter et Dugdale, 2013).

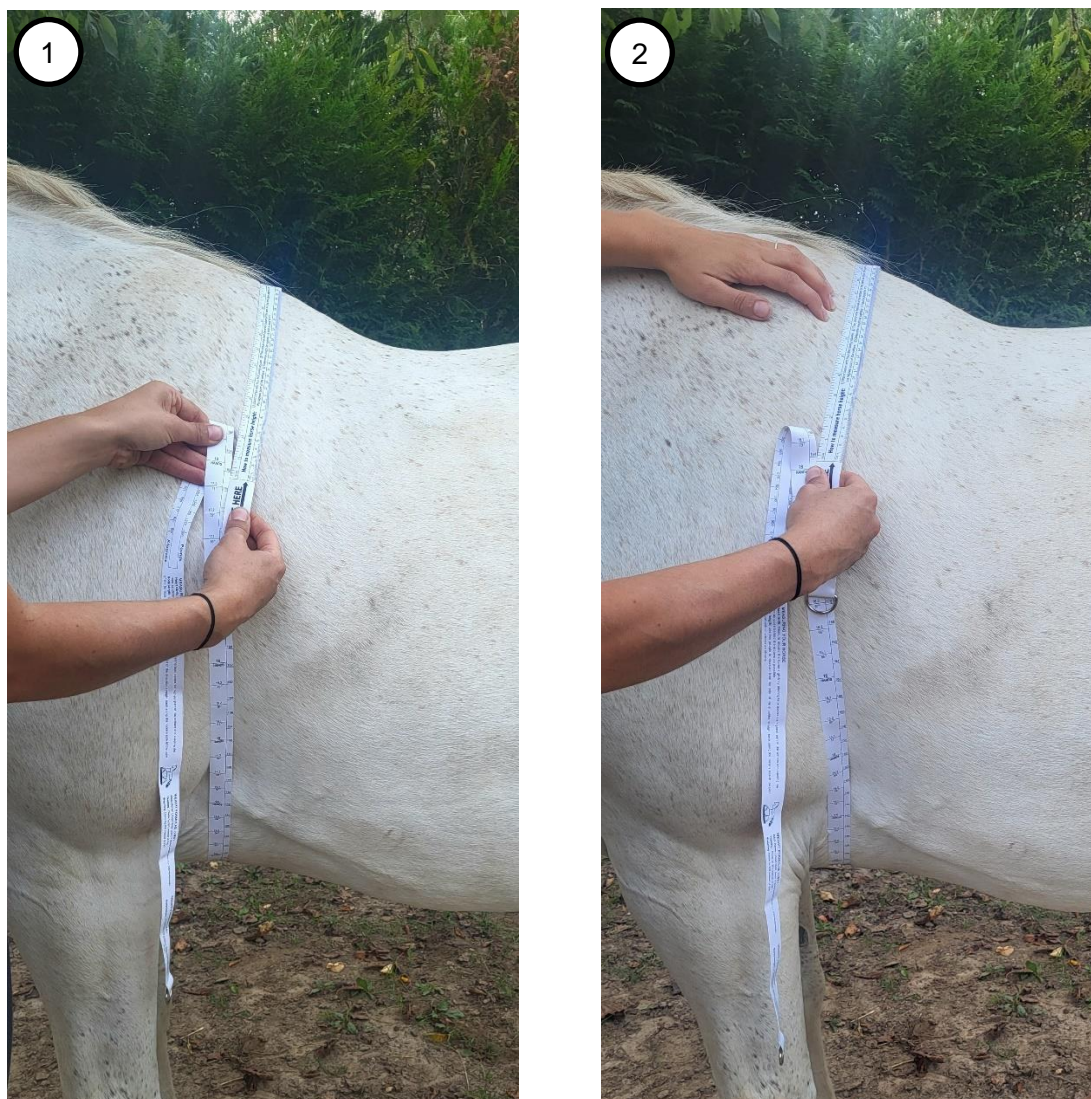
Afin de compenser les difficultés liées à une mesure directe du poids sur le terrain, des méthodes de mesure indirectes du poids ont été développées : ruban, formules baryométriques.

- Le ruban :

Cet outil a été développé afin d'estimer le poids en utilisant la circonférence thoracique au niveau du passage de sangle. Le ruban doit être placé à la base du garrot, juste en arrière de l'os de l'épaule (scapula), du coude et des antérieurs sur un cheval placé au carré et idéalement au moment de l'expiration (Figure 2). Il existe des rubans qui prennent en compte la taille au garrot afin d'augmenter la précision de la mesure. L'estimation du poids avec la méthode du ruban repose sur l'utilisation de formule baryométrique. L'avantage de cette méthode est sa facilité d'utilisation, la mesure pouvant être réalisée par une seule personne, et son faible coût. Cependant, la précision est nettement diminuée pour les chevaux aux extrêmes de l'échelle (très fins ou très gros) et cette méthode n'est pas encore adaptée aux poulains, juments gestantes et aux chevaux avec une corpulence très fine comme les chevaux de courses.

Figure 2 : Photographies illustrant l'utilisation d'un ruban de mesure du poids.

La photographie 1 montre le bon placement du ruban et la photographie 2 montre le repère en arrière de l'os de l'épaule qui peut être palpé à la main.



Cette méthode d'estimation du poids étant facilement accessible et répandue, une étude s'est intéressée aux facteurs pouvant faire varier la précision de la mesure. Pour cela, une étude rétrospective a été conduite à partir des données recueillies par huit consultants en nutrition d'entreprises d'aliments pour animaux au Royaume-Uni entre janvier 2017 et août 2019, soit 1716 cas. Tous les chevaux étaient âgés de plus de deux ans et représentaient 160 races ou croisement, 32,6 % étaient des poneys et 64,7 % des chevaux. Durant la consultation, le consultant réalisait une mesure du poids à l'aide d'une balance calibrée, la notation de l'état corporel sur une échelle de 1-9, une mesure du poids à l'aide d'un ruban ainsi qu'une appréciation subjective de la musculature axiale (encolure, dos, croupe, hanche et grasset) à l'aide de qualificatifs allant de médiocre à excellent et du poids relatif du squelette (léger, moyen ou lourd) selon leur expérience. Le placement pour utiliser le ruban suivait les recommandations suivantes : le ruban de pesée était placé derrière la pointe du coude, autour de la circonférence de la sangle du cheval en veillant à bien passer sur

le garrot et en gardant le ruban perpendiculaire au sol. Les chevaux étaient placés sur une surface plane, au carré avec un port de tête détendu. Deux types de facteurs pouvant faire varier la précision de la mesure ont été envisagés par les auteurs. D'une part, le ruban ne tient pas compte des variations morphologiques comme la musculature axiale, le développement du squelette ou la protubérance du garrot. D'autre part des facteurs externes tels qu'une erreur humaine, le moment de la journée ou le placement sur un sol avec une surface inégale par exemple peuvent également influencer la mesure. Les résultats obtenus ont montré que le ruban sous estimait généralement le poids, en particulier pour les chevaux lourds. Les écarts par rapport au poids corporel réel allaient de 1 à 2 kg à plus de 100 kg, avec une différence moyenne de 32,82 kg. Cette différence peut s'expliquer par le fait que le ruban ne prend pas en compte les proportions corporelles autre que la circonférence thoracique au niveau du passage de sangle. Ainsi, même avec des manipulateurs expérimentés, la précision du ruban n'est pas parfaite. Néanmoins, celui-ci reste un bon outil accessible pour l'estimation du poids, en particulier pour les propriétaires de loisirs (Grimwood *et al.*, 2023).

- Formules baryométriques :

Afin d'améliorer la précision de l'estimation du poids, des auteurs se sont intéressées au développement de formules baryométriques selon le type de chevaux (races lourdes, chevaux de selle, poneys). La barymétrie consiste à utiliser des mesures morphométriques (mensurations) afin d'estimer le poids à l'aide d'équations. De nombreuses études ont été menées afin de développer ces formules. Les premières études sur le sujet ont été publiées en 1964 et les dernières datent de 2012 avec l'Institut national de la recherche agronomique français (INRA) et de 2015 aux Etats-Unis. Les observations menées par l'INRA ont notamment conclu que pour les chevaux et poneys de type brévillignes (par exemple shetlands, fjord, irish-cob, connemara, chevaux de type trait) l'amélioration de la précision de l'estimation du poids dépendait surtout du périmètre thoracique tandis qu'elle dépend davantage de la hauteur au garrot pour les chevaux de type léger (arabes, pur-sang) (Martin-Rosset, 2012).

La formule la plus communément utilisée est la formule développée par (Carroll et Huntington, 1988) :

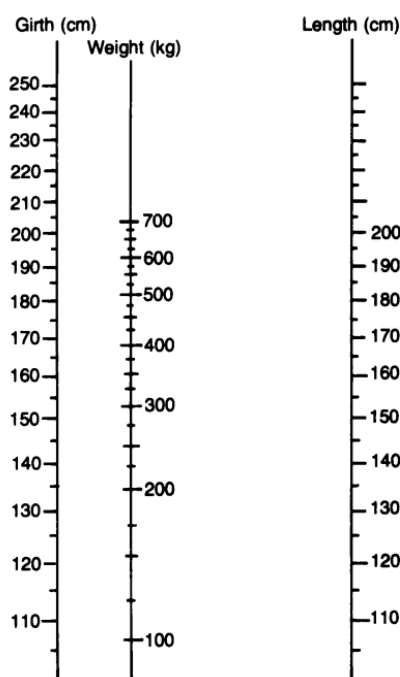
$$\rightarrow \text{Poids vif (kg)} = \frac{PT^2 \times L}{Y}$$

Avec PT le périmètre thoracique au niveau de la sangle en centimètres, L la longueur du corps mesurée de la pointe du coude jusqu'à la pointe de la fesse en centimètre et Y dont la valeur moyenne était de 11877,4 cm³/kg.

Pour cela, les auteurs ont pesé et mesuré 372 chevaux et poneys (hauteur au garrot, circonférence thoracique au niveau du cœur, longueur de la pointe du coude jusqu'à la pointe de la fesse) et attribué une note d'état corporel (NEC) sur cinq. Les races de chevaux dans l'étude étaient des pur-sang, poulinières pur-sang non gestantes, races de selle et des poneys. La NEC moyenne des chevaux de l'étude était de 3,5/5. En plus de la formule, les auteurs ont également construit des nomogrammes de prédiction du poids en fonction de la hauteur au garrot ou de la circonférence au niveau du passage de sangle, plus facile à utiliser que la formule (Figure 3). Il suffit de tracer une ligne droite entre la mesure du périmètre thoracique et la longueur du corps pour obtenir l'estimation du poids. Les conclusions sont en faveur d'une meilleure précision du nomogramme de prédiction du poids en fonction de la circonférence au niveau du passage de sangle. Le principal inconvénient

relevé par les auteurs avec ces deux méthodes est l'erreur de mesure. Des erreurs de mesures pour la hauteur au garrot ou la circonférence thoracique peuvent entraîner des erreurs plus ou moins importantes d'estimation du poids, d'autant plus chez les chevaux plus gros et plus lourds. Les auteurs attirent l'attention sur les conditions de réalisation des mesures, sur un cheval au carré sur un sol plat avec au moins deux personnes pour les réaliser. Ces méthodes ne peuvent néanmoins tenir compte des variations du poids du contenu intestinal ou de l'état d'hydratation (Carroll et Huntington, 1988).

Figure 3 : Exemple d'un nomogramme d'estimation du poids en fonction de la mesure du périmètre thoracique et de la hauteur au garrot (Carroll et Huntington, 1988).



Une étude contemporaine de l'étude précédemment citée s'est intéressée au développement d'une formule à destination des chevaux lourds. La principale limite de cette étude est l'effectif de chevaux qui était bien plus restreint, 53 chevaux âgés de plus de 2 ans pesant entre 230 et 707 kg ont été inclus dans l'étude. La formule d'après Jones *et al*, (1989) donnant la meilleure prédiction du poids vif était la suivante :

$$\rightarrow \text{Poids vif (kg)} = \frac{(\text{circonférence ombilicale (cm)})^{1,78} \times (\text{longueur du corps (cm)})^{0,97}}{3011}$$

Les modèles de formules s'étant développés de façon empirique et s'adressant à un panel très large de chevaux allant du poney au cheval de trait, il s'est avéré important d'évaluer leur précision selon le type de chevaux. En effet, selon la race des chevaux leur morphotype peut varier considérablement augmentant la possibilité d'erreur dans l'estimation du poids selon les formules. Pour cela, une étude conduite en Pologne en 2019 a comparé le poids obtenu à l'aide de 7 formules barymétriques au poids mesuré à l'aide d'une balance pour 242 chevaux et 58 poneys appartenant à cinq écuries différentes. Les chevaux et poneys ont été regroupés en cinq types distincts : poneys, deux types de chevaux de selle (plus ou moins massif), chevaux d'attelage et pur-sangs. Parmi les formules testées on retrouve les deux formules citées précédemment. La précision des formules était globalement satisfaisante pour les cinq types de chevaux, néanmoins pour certaines d'entre-

elles l'intervalle d'erreur pouvait s'élever jusqu'à plus ou moins 100 kg. Ainsi, les auteurs ont pu conclure que pour le groupe des pur-sangs la formule la plus précise était celle développée par Carroll et Huntington (1988), pour les poneys et chevaux de type selle une formule plus récente développée aux Etats-Unis en 2014 (Martinson *et al.*, 2014).

En 2014, des équipes de l'Université du Minnesota et du Kentucky ont donné un nouvel élan dans le développement de formules baryométriques pour l'estimation du poids. En effet, étant donné les zones de dépôts de gras chez les chevaux, les auteurs ont tenté de déterminer si l'ajout de la mesure du périmètre de l'encolure et du thorax améliorerait les équations existantes d'estimation du poids. Les mesures ont été réalisées par deux techniciens formés sur 629 chevaux et poneys adultes présentés en 2011 lors de deux grands concours de Western aux Etats-Unis. Les chevaux inclus étaient âgés de plus trois ans et mesuraient plus de 112 cm, les juments non gestantes étaient exclues. Si les chevaux étaient présentés aux deux concours, les mesures morphométriques, le poids corporel et la NEC (notée sur neuf) n'ont été relevés qu'une seule fois. Le périmètre de l'encolure était mesuré à mi-encolure et le périmètre thoracique était mesuré au niveau du passage de sangle. Afin de minimiser les variations dues aux différences de musculature et de conformation des postérieurs, la mesure de la longueur de la pointe du coude à la pointe de la fesse était réalisée le long du cheval en traçant une ligne visuelle perpendiculaire au niveau de la pointe de la fesse. Malheureusement, pour les chevaux de type selle le nombre d'individus était trop faible ce qui a conduit les auteurs à exclure ce groupe des équations (Martinson *et al.*, 2014). Ainsi, la formule résultante était la suivante :

$$\rightarrow \text{Poids vif (kg)} = \frac{(PT^{1,486} \times L^{0,554} \times h^{0,599} \times PE^{0,173})}{D}$$

Avec PE le périmètre de l'encolure en centimètres, L la longueur du corps de la pointe de l'épaule à la pointe de la fesse en centimètres, h la hauteur au garrot en centimètre, PE le périmètre de l'encolure mesuré à mi-encolure en centimètres et D le dénominateur égal à 3,596 pour les chevaux de type arabe, 3,606 pour le type poney et 3,441 pour les chevaux de type trait (Martinson *et al.*, 2014).

L'ajout du périmètre de l'encolure et du thorax au niveau de la sangle, en plus de la longueur de la pointe du coude à la pointe de la fesse et de la hauteur au garrot, ont permis d'obtenir une estimation plus précise du poids corporel selon les auteurs (Martinson *et al.*, 2014). Cependant, ces nouvelles mesures ont aussi complexifié la formule à utiliser ce qui pourrait s'avérer difficile à utiliser et encore plus à mémoriser pour de nombreux propriétaires de chevaux. Afin de pallier cette difficulté, les auteurs ont développé une application disponible sur téléphone. Celle-ci accompagne les propriétaires lors de la prise des mesures en rappelant les techniques de mesures et utilise les valeurs renseignées par les propriétaires pour obtenir une estimation finale du poids à l'aide de la formule.

Afin d'inciter et d'aider les propriétaires à estimer le poids de leurs chevaux, un outil d'estimation du poids vif est également à disposition des propriétaires d'équidés en France sur la page « équipédia » du site de l'Institut français du cheval et de l'équitation (IFCE) (Figure 4). Les formules baryométriques utilisées proviennent en grande partie du travail effectué par les scientifiques de l'INRA et l'IFCE. Des formules ont été développées spécifiquement pour les catégories de chevaux pour lesquelles les estimations sont les plus sujettes aux erreurs : poneys, races de trait mais aussi chevaux en croissance, pur-sang, trotteurs.

- Par exemple, la formule développée pour les poneys adultes à l'INRA de Tours est la suivante : $PV = 3,56 \times \text{hauteur au garrot} + 3,65 \times \text{périmètre thoracique} - 714,66$ avec une précision de plus ou moins 21,3 kg.
- Pour les chevaux de trait : $PV = 7,3 \times \text{périmètre thoracique} - 800$ avec une précision de plus ou moins 27 kg.

Ainsi la formule la plus appropriée est choisie en fonction du type d'équidés renseignés dans le simulateur : type sang, type poney ou type trait. Deux mesures sont demandées au propriétaire : le périmètre thoracique au niveau du passage de sangle et la hauteur au garrot. Les techniques de mesures sont expliquées et illustrées au propriétaire et le calcul final est automatique, ce qui simplifie l'utilisation des formules auprès du grand public.

Figure 4 : Illustration de l'outil d'estimation du poids vif proposé par l'IFCE (consulté le 30/06/2024).

Au-delà de la mesure du poids à l'aide de balance, il existe d'autres méthodes se basant principalement sur des mesures morphométriques à réaliser directement au chevet du cheval afin d'estimer le poids. Néanmoins, la précision de cette estimation repose sur une bonne réalisation de

ces mesures ce qui peut s'avérer difficile en pratique. Elle nécessite la présence de deux personnes idéalement et le temps de réalisation des mesures peut-être un frein à l'utilisation de cette méthode notamment dans les structures équestres avec une forte activité (Grimwood *et al.*, 2023). L'utilisation du ruban est une alternative moins difficile à mettre en place à condition de réaliser correctement la mesure en respectant le placement recommandé, néanmoins malgré ces précautions la mesure du poids obtenue est moins précise. Cependant, pour rappel, le poids en lui-même n'apporte que peu d'informations sur l'état corporel du cheval. Il apparaissait donc essentiel de développer d'autres outils pour évaluer l'état corporel des chevaux, notamment la note d'état corporel.

b. La note d'état corporel (NEC)

La note d'état corporel est la méthode la plus couramment utilisée pour évaluer l'adiposité chez les chevaux. Plusieurs échelles ont été développées avec des critères spécifiques permettant de définir des scores d'état corporel. Les critères se basent sur une évaluation visuelle ainsi qu'une palpation des dépôts de graisse sous-cutanée dans des régions corporelles définies (Carter et Dugdale, 2013). Le développement de ces échelles a répondu dans un premier temps au besoin de l'élevage bovin car le score d'état corporel était associé positivement aux performances de reproduction. Les mêmes observations ont été faites dans l'élevage équin conduisant au développement de système de note d'état corporel adapté aux chevaux.

Il existe deux échelles qui sont les plus couramment utilisées : une échelle de 0 à 5 décrite pour la première fois par Leighton-Hardman (1980) puis adaptée par Carroll et Huntington (1988) et une échelle de 1 à 9 développée par Henneke *et al.* (1983) et plus largement utilisée. On trouve également dans certaines publications la mention d'une modification de l'échelle de Henneke *et al.* (1983) par Kohnke (1992).

Le développement de l'échelle par Carroll et Huntington (1988) a été réalisé à l'aide de 372 chevaux et poneys de races variées (pur-sang, poulinières pur-sang non gestantes, races de selle, poneys). Ils ont été pesés avec une balance calibrée, de nombreuses mesures (hauteur au garrot, circonférence thoracique au niveau du cœur, longueur de la pointe du coude jusqu'à la pointe de la fesse) ont été réalisées et les auteurs leur ont attribué une NEC sur 5 selon les critères qu'ils ont adaptés à partir de l'étude de Leighton-Hardman (1980) (Tableau 2). L'attribution du score se base sur l'observation de trois régions corporelles : encolure, dos et côtes et bassin. Une note est attribuée indépendamment à chaque région, le score du bassin est ajusté de 0,5 points s'il diffère d'un point ou plus des scores du dos ou de l'encolure afin d'obtenir la NEC. La NEC optimale est de 3/5.

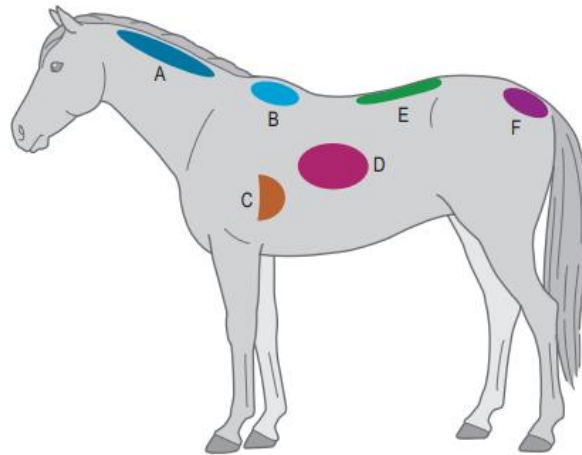
Tableau 2 : Échelle d'attribution de la note d'état corporel allant de 0 à 5 d'après (Carroll et Huntington, 1988)

	Encolure	Dos et côtes	Bassin
0 (très maigre)	Très étroite et molle particulièrement à la base, semblable à celle d'une brebis	Apophyses épineuses nettes et facilement visibles, peau tendue sur les côtes	Bassin anguleux avec la peau tendue, cavité profonde sous la queue et de chaque côté de la croupe
1 (maigre)	Étroite et molle particulièrement à la base, semblable à celle d'une brebis	Peau enfoncée de part et d'autre de la colonne vertébrale, apophyses épineuses bien définies, côtes bien visibles	Bassin et croupe bien dessinés, croupe creuse mais peau souple, profonde dépression sous la queue
2 (modéré)	Étroite mais ferme	Colonne vertébrale bien couverte, apophyses épineuses bien visibles, côtes à peine visibles	Croupe bien dessinée avec un peu de graisse, plate de part et d'autre de la colonne vertébrale, légère cavité sous la queue
3 (bon)	Ferme, pas de crête nucale exceptée chez les étalons	La colonne vertébrale ne forme plus de gouttière visible le long du dos, apophyses épineuses couvertes mais palpables, côtes à peine couverte	Bassin facilement palpable, croupe recouverte de graisse et arrondie, pas de cavité sous la queue
4 (gras)	Discrète crête nucale, encolure large et ferme	Pression ferme nécessaire pour sentir la gouttière le long de la colonne vertébrale, côtes bien couvertes	Bassin recouvert par de la graisse molle, ne peut être palpable que par une pression ferme, gouttière le long de la colonne vertébrale jusqu'à la racine de la queue
5 (très gras)	Crête nucale marquée, encolure très large et ferme, présence de plis de graisse	Dos large et plat formant une large gouttière, côtes enfouies non palpables	Bassin enfoui ne pouvant être palpé, peau distendue, gouttière profonde jusqu'à la racine de la queue

L'échelle de 1 à 9 a été construite quelques années plus tôt à l'aide de 20 juments quarter horse d'état corporel varié. Les auteurs ont tout d'abord identifié les zones du corps où la couverture grasseuse était visible et pouvait être palpée afin d'estimer la quantité de graisse stockée. Ils ont identifié six régions (Figure 5) : encolure, garrot, zone située en arrière de l'épaule, côtes, apophyses épineuses lombaires et l'attache de la queue. A partir des observations et de la palpation des juments, les auteurs ont créé un système de notation de l'état corporel s'inspirant du système de notation du bétail du Nebraska (Tableau 3). Une fois les critères de l'échelle déterminés et afin de les évaluer, les auteurs ont utilisés 32 autres juments, dont la race n'a pas été précisée, afin de leur attribuer une NEC à trois reprises autour du poulinage (90 jours avant la date prévue du poulinage, 12 heures après la mise bas et 90 jours après le poulinage). En effet, le développement de cet outil répondait en premier lieu aux besoins de l'élevage. Cette mise en situation a permis aux auteurs d'être confrontés aux principales limites de cet outil, qui seront détaillées un peu plus loin. Néanmoins, ceux-ci ont conclu que la NEC était un bon outil, facile à appliquer afin d'estimer la

teneur en graisse corporelle (Henneke *et al.*, 1983). Les silhouettes des chevaux correspondant aux différentes NEC notée sur l'échelle de 1 à 9 est présentée en Annexe 2.

Figure 5 : Localisation des six régions de dépôts adipeux sous-cutanées évaluées par l'échelle de notation de l'état corporel selon Henneke *et al.*, (1983). Illustration d'après (Carter et Dugdale, 2013).



En A l'encolure, B le garrot, C la région en arrière de l'épaule, D les côtes, E les apophyses épineuses lombaires et F la base de la queue

Tableau 3 : Échelle d'attribution de la note d'état corporel allant de 1 à 9 d'après (Henneke *et al.*, 1983).

Score	Description
1 (extrêmement maigre)	L'animal est extrêmement émacié. Les apophyses épineuses, les côtes, l'attache de la queue, les ailes de l'ilium et les tubérosités ischiatiques sont très saillantes. L'ossature du garrot, des épaules et de l'encolure est facilement visible. Aucun tissu adipeux n'est perceptible.
2 (très maigre)	L'animal est émacié. Légère couche de graisse sur la base des apophyses épineuses, les apophyses transverses des vertèbres lombaires sont arrondies. Les apophyses épineuses, les côtes, l'attache de la queue, les ailes de l'ilium et les tubérosités ischiatiques sont proéminentes. Le garrot, les épaules et les structures osseuses de l'encolure sont faiblement discernables.
3 (maigre)	Accumulation de graisse jusqu'à mi-hauteur environ de l'apophyse épineuse, l'apophyse transverse n'est plus palpable. Légère couche de graisse sur les côtes. Les apophyses épineuses et les côtes restent facilement discernables. L'attache de la queue est proéminente, mais les vertèbres individuelles ne peuvent être identifiées visuellement. Les ailes de l'ilium semblent plus arrondies, mais sont encore facilement discernables. Les tubérosités ischiatiques ne peuvent plus être distinguées. Les structures osseuses du garrot, des épaules et de l'encolure sont accentuées.
4 (mince)	Présence d'une gouttière le long du dos (les apophyses épineuses des vertèbres dépassent légèrement du tissu environnant). Le contour des côtes est faiblement perceptible. La graisse est perceptible autour de l'attache de la queue (la proéminence dépend de la conformation). Les ailes de l'ilium ne sont pas perceptibles. Le garrot, les épaules et le cou ne sont pas manifestement minces.
5 (bon)	Le dos est plat. Les côtes ne peuvent être distinguées visuellement, mais peuvent être facilement palpées. La graisse autour de l'attache de la queue commence à être spongieuse. Le garrot semble arrondi au-dessus des apophyses épineuses. Les structures osseuses des épaules et l'encolure se fondent harmonieusement dans le corps.
6 (un peu gras)	Le dos peut commencer à apparaître creux en regard de la colonne vertébrale. Le gras au-dessus des côtes est spongieux. La graisse autour de l'attache de la queue est molle. La graisse commence à se déposer sur les côtés du garrot, derrière les épaules et le long de l'encolure.
7 (gras)	Dos très creux en regard de la colonne vertébrale. Les côtes sont palpables, mais l'espace entre les côtes est nettement rempli. La graisse autour de l'attache de la queue est molle. La graisse se dépose le long du garrot, derrière les épaules et le long de l'encolure.
8 (obèse)	Creux dans le dos. Les côtes sont difficiles à sentir. La graisse autour de l'attache de la queue est très molle. La zone située le long du garrot est remplie de graisse. La zone située derrière l'épaule est remplie de graisse et ne forme plus de creux. Épaississement notable de l'encolure. La graisse se dépose à l'intérieur des cuisses.
9 (extrêmement obèse)	Creux évident dans le dos. Des taches de graisse apparaissent sur les côtes. Bombement de la graisse autour de l'attache de la queue, le long du garrot, derrière les épaules et le long de l'encolure. La graisse à l'intérieur des cuisses peut se frotter l'une contre l'autre. Le flanc est rempli de graisse et ne forme plus de creux.

Les modifications apportées à cette échelle en 1992 se sont principalement intéressées au calcul final de la NEC. Dans l'échelle imaginée par Henneke et al. (1983), les régions de dépôts de graisse ne sont pas notées de manière indépendante. La proposition de modification consistait à attribuer une note à chaque région puis de prendre la moyenne de ces scores afin de déterminer la NEC globale. Cette proposition de modification a été peu utilisée car l'importance des régions de dépôts de graisse sous-cutanée les uns par rapport aux autres est encore inconnue, pouvant rendre fausse la note moyenne obtenue (Dugdale *et al.*, 2012).

- Les limites de la notation de l'état corporel :

La NEC a été largement utilisée depuis son développement et de nombreuses études ont comparé les résultats obtenus avec les autres méthodes d'appréciation de l'état corporel tels que les mesures morphométriques, l'échographie de l'épaisseur de graisse sous-cutanée ou la masse grasse corporelle totale via la quantification de l'eau corporelle totale.

Les principales limites de la NEC peuvent être regroupées en deux catégories. D'une part, il existe des limites liées aux utilisateurs. Dans une étude menée en 2023 en Irlande qui s'est intéressée à la faisabilité de l'attribution d'une NEC appropriée par des propriétaires de chevaux, les résultats ont montré que la plupart d'entre eux ont considéré l'échelle 1-9 comme technique et difficile à utiliser. En effet, après avoir attribué une note sur neuf à leur cheval à l'aide d'une échelle numérique avec une description de chaque score, ils recevaient une feuille d'instruction plus détaillée afin d'attribuer une nouvelle note sur neuf. Malgré l'utilisation de la feuille d'instruction plus détaillée, la précision de la NEC a très peu variée et les principales remarques des propriétaires ont mis en avant leur difficulté à utiliser l'échelle. Ils ont suggéré l'ajout d'illustrations ou de photos afin d'aider à son utilisation mais également une amélioration de la différence de description entre les grades. Ces observations tendent ainsi à montrer que l'outil de NEC n'est pas accessible à tous les propriétaires (Golding *et al.*, 2023). Ces difficultés d'application avec une répétabilité aléatoire et une difficulté à différencier les grades avec des descriptions assez proches ont également été soulevées par des auteurs pourtant expérimentés (Dugdale *et al.*, 2012).

Au-delà du niveau d'expérience des utilisateurs, d'autres facteurs peuvent influencer la précision de l'évaluation comme la conformation, le pelage, la gestation, le remplissage de la masse intestinale ou le développement musculaire (Carter et Dugdale, 2013). La plupart de ces limites ont été mises en évidence dès le développement de cet outil, sans que les auteurs ne puissent y apporter d'amélioration significative. Par exemple, lorsque les auteurs ont développé l'échelle 1-9, ils ont mis en évidence des limites liées à la morphologie variable des chevaux selon la race pouvant compliquer les observations (un garrot plus proéminent ou un dos plus plat), la présence de poils l'hiver rendant l'observation et la palpation des repères plus complexe. De plus, dans le cadre de l'élevage, les juments en fin de gestation sont soumises à des modifications de leur conformation et à une modification de la distribution de la couverture graisseuse rendant difficile l'application des critères de l'échelle à ces juments (Henneke *et al.*, 1983). Enfin, cette échelle ayant été basée sur des individus appartenant uniquement à la race quarter horse, certains auteurs soulèvent le fait qu'elles puissent être moins applicables à d'autres races ayant un morphotype différent. En effet, la musculature des chevaux quarter horse est particulièrement développée notamment au niveau de l'arrière main et leur poitrail est large (Carter et Dugdale, 2013 ; Robin *et al.*, 2015).

A la lecture des différents scores de NEC, on remarque également que la différence entre la description de certaines régions entre deux stades est très fine, rendant la notation difficile et faisant douter l'opérateur de la véracité de son résultat. Or, la NEC est un outil utile qui peut être conseillé

aux propriétaires pour estimer et suivre l'état corporel de leurs chevaux. Pour cela, cet outil doit remporter leur adhésion, passant notamment par une simplicité et une rapidité d'utilisation (Salonen *et al.*, 2009).

Les deux types d'échelles ont été confrontées afin de déterminer laquelle était la plus fiable pour évaluer l'adiposité. En 2009 au Royaume-Uni, 8 vétérinaires, 15 propriétaires de chevaux de loisir, 15 étudiants vétérinaires et 10 observateurs formés ont été soumis au hasard à l'évaluation de 35 chevaux avec l'échelle sur 5 ou sur 9. Les résultats ont montré que la répétabilité du score était légèrement améliorée avec l'échelle sur 5 par rapport à celle sur 9. Les scores pour les chevaux en surpoids ou obèse était plus en accord avec les évaluateurs expérimentés avec les notes sur 5 que les notes sur 9, l'échelle sur 5 offrant moins de possibilité de réponse et donc d'erreur par rapport à l'échelle sur 9. Les participants ont trouvé l'échelle sur 9 plus précise mais moins facile et rapide à utiliser que l'échelle sur 5 qui comporte moins de zones à évaluer (Salonen *et al.*, 2009). La facilité et les préférences d'utilisation dépendent du public ciblé. Une autre étude réalisée avec l'aide d'étudiants vétérinaires polonais sur 49 chevaux Silésien a montré une bonne répétabilité du score de NEC sur 9. Les étudiants vétérinaires avaient été formés à l'utilisation de cette méthode par des vétérinaires expérimentés et ils avaient attribué les NEC en groupe de trois le premier jour ou de deux étudiants le deuxième jour avec un des deux étudiants qui n'avait pas vu les chevaux la veille (Pyrek *et al.*, 2023). Le protocole aurait pu être amélioré en comparant les notes par groupe avec des notes individuelles d'étudiants. De plus, la répétabilité ne peut être évaluée qu'en conservant les mêmes chevaux, or même si le nom des chevaux n'avait pas été communiqué les étudiants ont pu se souvenir de certains et influencer la NEC attribuée avec le score de la veille. Néanmoins, cette étude a montré une bonne répétabilité du score de NEC avec un public formé, d'autant plus que les étudiants vétérinaires sont davantage coutumiers que les propriétaires à observer les animaux et évaluer leurs conditions corporelles de manière générale.

Ainsi, l'échelle de notation d'état corporel semble être un outil pertinent et utile mais à condition d'être formé et rigoureux. De plus, la répétabilité est conditionnée par le fait que l'opérateur soit toujours le même pour un même cheval (Wolter *et al.*, 2014).

La deuxième limite majeure du système de NEC est sa sensibilité. En effet, ce système a été développé afin d'évaluer la quantité de tissu adipeux sous-cutané. Cependant, même avec un évaluateur expérimenté, il est souvent difficile de différencier la graisse sous-cutanée du muscle, d'autant plus chez un cheval ayant une masse musculaire relativement faible. Dans ce cas, il peut y avoir une nette sous-estimation de la masse grasse (Carter et Dugdale, 2013).

Dans les nombreux travaux menés pour évaluer le niveau d'adiposité des chevaux et la précision des différentes méthodes d'évaluation, la précision de la NEC a été confrontée à la quantité de masse grasse évaluée par dissection. Sept juments adultes de race welsh âgées de 6 à 20 ans, qui allaient être euthanasiées en raison d'affections chroniques réfractaires au traitement ont été recrutées. Les auteurs ont choisi d'utiliser un groupe relativement homogène d'animaux matures afin de minimiser les différences de composition corporelle liées à la race, au sexe ou à l'âge. Elles ont été pesées, leur état corporel noté sur une échelle de 1 à 5 et de 1 à 9, des mesures de leur circonférence à mi-encolure, thoracique et abdominale ont été réalisées et la profondeur de gras sous cutanée en regard de l'épaule, des côtes, de la croupe et de la base de la queue ont été réalisées. Les juments ont ensuite été euthanasiées puis disséquées en séparant les tissus en huit grandes catégories : sang, peau et pelage, système nerveux central, os du côté droit de la carcasse, os de la moitié droite de la face et des membres inférieurs, tissus mous associés au squelette du côté droit, tissus mous associés aux os de la tête et des membres inférieurs et viscères avec les

tissus mous qui leur étaient associés. La NEC des juments était comprise entre 1,25 et 7 avec un poids allant de 173 à 212 kg respectivement. Parmi les nombreuses observations réalisées par les auteurs, ils ont constaté que la proportion relative de tissus mous était la plus variable entre les individus : augmentation de la quantité de tissus mous et notamment de tissu adipeux à mesure que la NEC augmentait. Cependant, bien que la NEC semblait bien refléter les tissus mous associés au squelette, elle semblait bien moins utile pour prédire la graisse corporelle totale selon les auteurs. Ceci soulève la problématique de la sensibilité de la NEC pour la quantification du tissu adipeux total lorsque la note dépasse cinq ou six sur neuf (Dugdale *et al.*, 2011b).

Les auteurs ont également mis en évidence une répartition égale du tissu adipeux entre les sites de dépôts internes et externes de la carcasse des sept juments, indépendamment de leur état corporel. Dans ce cas, ceci pourrait conforter la sensibilité de la NEC dans l'estimation de la quantité de masse grasse totale en utilisant uniquement l'évaluation des dépôts externes. Les auteurs ont suggéré que les juments recrutées avaient conservé leur NEC stable pendant une longue période, ce qui pourrait contribuer à un équilibre des dépôts internes et externes par rapport aux chevaux soumis à une variabilité de leur poids pour lesquels certaines zones de dépôts ou de mobilisation pourraient être favorisées par rapport à d'autres (Dugdale *et al.*, 2011b). La capacité prédictive de la NEC dans l'estimation de la graisse corporelle totale semble donc être meilleure chez les animaux ayant une NEC basse ou optimale (Dugdale *et al.*, 2012).

Les mêmes conclusions ont été tirées dans une étude ayant cherché à déterminer la précision de la NEC et sa capacité à refléter les changements de la quantité de tissu adipeux par rapport aux mesures d'épaisseur de gras sous-cutanée par échographie. Les auteurs ont évalué à deux reprises (fin mai et fin août) 56 chevaux dont la race n'a pas été précisée. La NEC a été attribuée par quatre observateurs expérimentés. Après l'évaluation réalisée fin mai, six des chevaux ayant le plus de gras à l'échographie ont été soumis à un programme d'exercice avec cinq reprises montées d'une durée de 45 à 60 min pendant 90 jours et ils étaient nourris à hauteur de 90 % de leurs besoins énergétiques en fonction de leur poids et de leur charge de travail. La corrélation entre les changements observés avec la NEC et l'échographie était acceptable selon les auteurs. Cependant, la capacité de la NEC à refléter les changements d'adiposité au cours du temps était relativement faible, malgré le fait qu'elle soit attribuée par des observateurs expérimentés, avec un coefficient de détermination entre le changement de NEC et la variabilité du niveau d'adiposité de moins de 10 % (Mottet *et al.*, 2009).

De la même manière, une étude ayant comparé la précision de la NEC à l'estimation de la masse grasseuse totale par dilution au deutérium a conclu que la capacité prédictive de la NEC dans l'estimation de la graisse corporelle totale semblait être meilleure chez les animaux ayant une NEC plus basse. En effet, à partir d'un certain niveau d'adiposité, les critères entre chaque grade sont difficiles à distinguer. Par exemple, l'appréciation à la palpation de la graisse au niveau de l'attache de queue est très subjective entre les scores 6 à 8 sur l'échelle de 9 entre « sembler molle » pour le score 6, « molle » pour le score 7 ou « très molle » pour le score 8. Ces difficultés soulignées par les auteurs montrent l'importance de mieux définir les différentes catégories en les rendant les moins subjectives possibles afin de minimiser les erreurs et les doutes des observateurs (Dugdale *et al.*, 2012).

- Alternatives à la note d'état corporel pour le suivi de la condition corporelle des chevaux :

Une grande étude menée durant plusieurs mois s'est intéressée aux changements d'état corporel de deux groupes de six juments welsh adultes, observées pendant 12 semaines en été

pour un groupe et en hiver pour l'autre. Chaque groupe comportait deux juments fines, deux en état corporel optimal et deux obèses. Elles étaient nourries à volonté avec du foin. Les meilleurs marqueurs de suivis de la prise de poids des juments étaient le périmètre thoracique en arrière de l'épaule et le périmètre abdominal en regard du point le plus large du ventre. Le suivi de la NEC s'est révélé insuffisant pour documenter une prise de poids précoce (Dugdale *et al.*, 2011a). Les mêmes observations ont été réalisées dans une étude similaire suivant cette fois-ci la perte de poids d'un troupeau de cinq juments welsh adultes en surpoids à obèse pendant 12 semaines nourries à hauteur de 1 % de leur poids corporel par jour. Une fois encore, malgré une perte de poids importante (28,9 +/- 3,5 kg en moyenne) les changements correspondant dans la note d'état corporel ont été faibles ou absents aux cours des 12 semaines d'étude. Les auteurs ont conclu que la NEC ne pouvait pas être utilisée comme un indicateur fiable de perte de poids précoce (Dugdale *et al.*, 2010).

Le périmètre thoracique et abdominal, mesuré en suivant le même positionnement à chaque fois, sont apparus comme des indicateurs potentiellement utiles au suivi de la perte de poids. Les auteurs soulignent le fait que le changement initial durant la première semaine du périmètre abdominal reflète probablement la diminution du remplissage de l'intestin suite à la restriction alimentaire initiée puis qu'il semble plus probable ensuite qu'il soient associés avec une diminution des réserves de graisses internes (Dugdale *et al.*, 2010).

La NEC ne reste pas moins un outil utile et accessible pour faire un état des lieux de l'état corporel d'un individu. Afin de rendre l'utilisation de la NEC plus accessible aux propriétaires, l'IFCE a développé un outil en ligne qui permet d'accompagner les utilisateurs au moment de l'observation avec une échelle graduée des critères par zone (Figure 6). De plus, le propriétaire peut choisir son niveau d'aisance, ce qui augmente ou diminue le nombre de zones à observer. Chaque zone est notée indépendamment sur l'outil numérique puis le calcul de la note finale se fait automatiquement une fois l'ensemble des observations renseignées.

Figure 6 : Illustration de l'outil d'aide à la détermination d'une NEC proposé par l'IFCE, six zones sont à observer pour le niveau d'expertise expert (consulté le 11/07/2024).

Outils de simulation

TOUTS LES OUTILS DE SIMULATION POKDS VIF **NOTE D'ÉTAT CORPOREL**

Estimation de la note d'état corporel

Partager l'outil sur

Cet outil en ligne vous permet d'estimer l'état d'engraissement d'un équidé en évaluant sa note d'état corporel grâce à des palpations.

1 **Evaluations**

2 Résultats

Conseils de sécurité

Hors connexion

Document d'aide aux mesures au format PDF :

Niveau d'expertise

Simple Intermédiaire Expert

Côtes

Arrière de l'épaule

Garrot

Encolure-épaule

Attache de queue

Croupe

Bien arrondie, pointes des fesses et hanches noyées

4

Réinitialiser

Suivant >

c. Le score de crête nucale (CNS)

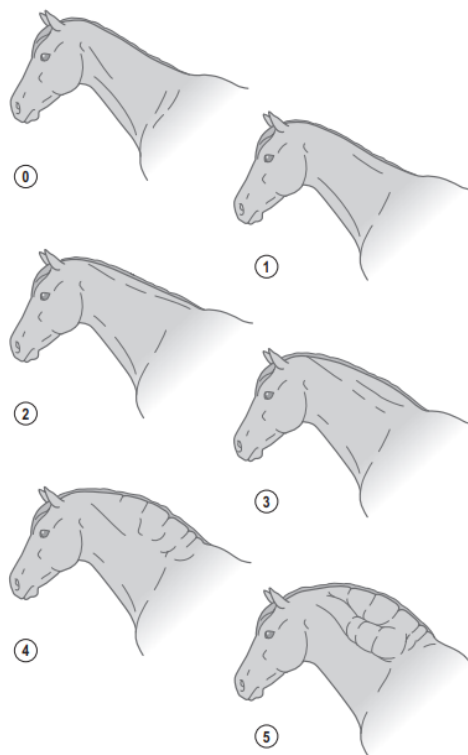
Le score de crête nucale est une échelle descriptive utilisée pour mesurer l'accumulation de graisse le long de la partie supérieure de l'encolure (Fitzgerald *et al.*, 2019). L'objectif de cet indice est d'évaluer le dépôt de graisse dans cette zone indépendamment de l'adiposité globale (Carter *et al.*, 2009a). Cette zone de dépôt adipeux a été suggérée comme étant associée à des états métaboliques altérés, notamment à de l'insulino-résistance et à un risque accru de fourbure dans le cadre du syndrome métabolique équin (SME) (Durham *et al.*, 2019). Les auteurs ayant étudiés l'association entre le CNS et la dysrégulation de l'insuline ont observé que les poneys ayant un CNS supérieur ou égal à 3/5 avaient cinq fois plus de chance de présenter en plus une dysrégulation de l'insuline par rapport aux poneys ayant un CNS inférieur ou égal à 2/5, indépendamment de leur NEC (Fitzgerald *et al.*, 2019). Les mêmes observations avaient été faites dix ans plus tôt par les auteurs à l'origine de l'échelle standardisée du CNS.

Afin de développer cette échelle allant de zéro à cinq, des auteurs américains ont utilisé 21 juments pur-sang ovariectomisées, 13 hongres pur-sang arabes ainsi que 75 juments welsh, Dartmoor ou croisées dont 41 d'entre-elles étaient gestantes et 31 ovariectomisées. En plus du développement de l'échelle descriptive, l'association entre les mesures morphométriques de l'encolure, la NEC et des paramètres sanguins a été étudiée. Les chevaux étaient tous en pâture avec un complément en foin, l'étude s'étant déroulée en hiver. Ils n'avaient également pas reçu de concentrés depuis au minimum trois semaines avant le début de l'étude. Des prises de sang quotidiennes afin de mesurer le glucose plasmatique, les triglycérides, l'insuline plasmatique et la leptine étaient réalisées. Des évaluateurs expérimentés ont attribué une NEC et réalisé des mesures morphométriques sur l'ensemble des chevaux et poneys recrutés. Les mesures de l'encolure : longueur, périmètre à mi-encolure, hauteur de la crête nucale à mi-encolure à partir de la ligne médiane, ont été réalisées sur une encolure en position de repos c'est-à-dire formant un angle d'environ 45 degrés. Les résultats ont montré que 21 % des chevaux avec un CNS inférieur à trois étaient hyperinsulinémiques contre 40 % des chevaux avec un CNS supérieur à trois. Une association significative a été observée chez les poneys, 6 % des poneys avec un CNS inférieur à trois étaient hyperinsulinémiques contre 56 % des poneys avec un CNS supérieur à trois. Cette étude était la première à décrire un système de notation standardisé de l'adiposité apparente de la crête nucale chez le cheval (Tableau 4 et Figure 7). De plus, elle a également fourni une valeur seuil au-delà de laquelle les poneys semblent plus prédisposés à une dysrégulation de l'insuline (Carter *et al.*, 2009a).

Tableau 4 : Description des différents scores de CNS, d'après (Carter *et al.*, 2009a).

Score	Description
0	Pas de crête appréciable visuellement ou palpable.
1	Pas d'apparence visuelle d'une crête, mais léger remplissage ressenti à la palpation.
2	Présence d'une crête perceptible visuellement avec un dépôt adipeux uniforme tout au long de l'encolure. Elle se tient facilement dans une main et se plie d'un côté à l'autre.
3	Présence d'une crête élargie et épaissie, avec un dépôt plus important de graisse à mi-encolure donnant un aspect bosselé. La crête remplit la main et perd de sa souplesse lorsqu'on essaye de la plier d'un côté à l'autre.
4	Présence d'une crête très élargie et épaissie. Elle ne peut plus être tenue dans une main et pliée. La crête peut présenter des plis perpendiculaires au plan sagittal.
5	Crête très massive qui tombe en permanence d'un côté de l'encolure.

Figure 7 : Illustration des différents scores de CNS, d'après (Carter et Dugdale, 2013)



Dans des études ayant été menées depuis, la répétabilité inter-observateur entre les scores de CNS attribués a été considérée comme bonne. En 2015 par exemple, dans une étude s'étant intéressée à la prévalence du CNS au sud-ouest du Royaume-Uni, les scores attribués par trois évaluateurs formés ont été comparés. L'accord entre les trois évaluateurs évalués par paire était compris entre 94,6 et 97,2 %. La répétabilité du CNS semble ainsi être bonne pour des évaluateurs formés (Giles *et al.*, 2015).

Par ailleurs, une variation saisonnière de la prévalence du CNS a été mise en évidence par l'étude précédemment citée en 2015. Le CNS étant un outil récent, l'objectif de l'étude était de décrire la prévalence au cours de l'année au sein d'une population de chevaux et poneys de loisirs. Pour cela, des chevaux et poneys de loisirs vivant au pré au minimum six heures par jour et en troupeau ont été recrutés. Les troupeaux ont été sélectionnés au hasard parmi la population d'un club d'équitation, en tout 96 chevaux et poneys ont été suivis à la fin de l'hiver (février, mars) et à la fin de l'été (août, septembre). Le CNS a été attribué par le même évaluateur expérimenté lors des deux visites. Les auteurs ont observé une variation saisonnière du score de crête nucale dans la population étudiée avec une prévalence significativement plus élevée à la fin de l'hiver (46 %) par rapport à la prévalence à la fin de l'été (33 %). Cette observation a surpris les auteurs car la saisonnalité est inversée par rapport à l'obésité généralisée, pour laquelle les études de prévalence dont certaines menées au Royaume-Uni ont montré une prévalence plus élevée à la fin de l'été par rapport à la fin de l'hiver. Afin d'expliquer cette différence, les auteurs ont envisagé soit un effet physiologique réel soit une anomalie méthodologique. L'hypothèse de l'erreur méthodologique a été envisagée car l'évaluateur du CNS n'était pas placé en aveugle et avait connaissance du premier score attribué lors de la deuxième visite à la fin de l'été, ce qui pourrait avoir biaisé les mesures estivales. Néanmoins, le fait d'avoir une prévalence moindre à la fin de l'été allait dans le sens d'une sous-estimation plutôt que d'une sur-estimation, plutôt attendue en cas de résultat influencé par la note attribuée à la fin de l'hiver (Giles *et al.*, 2015).

Cette observation permet de se questionner quant aux nombreux rôles physiologiques supposés de la crête nucale par les différents auteurs. Tout d'abord, les notes de CNS supérieures ou égales à 3/5 sont le plus souvent détectées chez les chevaux et poneys atteints de syndrome métabolique équin (SME), ce qui laisse supposer un lien assez fort avec la présence d'une insulino-résistance comme décrit précédemment (Carter *et al.*, 2009a ; Frank, 2011 ; Fitzgerald *et al.*, 2019). De plus, une augmentation de l'expression de cytokines inflammatoires dans le tissu adipeux du ligament nuchal par rapport au tissu adipeux de l'omentum, du rétropéritoine et de la base de la queue a également été rapporté (Frank, 2011). Néanmoins, les différents auteurs soulignent bien que malgré l'association décrite entre le CNS et la dysrégulation de l'insuline, les recherches n'ont pas encore permis de montrer si le CNS était un facteur causal en provoquant une inflammation systémique accentuée ou s'il était simplement le reflet d'une augmentation de la quantité de graisse abdominale (Giles *et al.*, 2015). Il est également envisagé que cette zone de dépôt adipeux se développe et s'épuise plus lentement que les autres sites de dépôt adipeux, reflétant des tendances de gestion alimentaire à plus long terme et non pas une variabilité saisonnière (Giles *et al.*, 2015). La présence d'une crête nucale développée pourrait également être un marqueur de bonne santé entre les individus au moment de la saison de reproduction à la fin de l'hiver (Giles *et al.*, 2015). D'autres études seront utiles dans le futur afin d'investiguer ces hypothèses et de comprendre davantage le rôle de la crête nucale.

Étant donné l'intérêt croissant envers le CNS, des auteurs se sont également intéressés au développement de mesures plus précises pour des évaluateurs non expérimentés. En effet, les propriétaires peuvent avoir plus de difficultés à observer et attribuer une note équivalente à celle des évaluateurs expérimentés. L'utilisation d'une échelle descriptive et illustrée reste une mesure subjective et n'est pas aussi sensible aux changements que d'autres types de mesures et notamment les mesures morphométriques (Potter *et al.*, 2024). L'augmentation du périmètre de l'encolure à mi-encolure est associée à une augmentation du score de la crête nucale. Les auteurs ayant développé l'échelle du CNS ont également travaillé sur les mesures morphométriques de l'encolure. Les deux mesures les plus précises et recommandées par les auteurs étaient la hauteur de la crête nucale mesurée à mi-encolure à partir de la ligne médiane et le rapport entre le périmètre de l'encolure à mi-encolure et la hauteur au garrot. Les valeurs seuils définies ont été les suivantes : un cheval ou un poney avait un CNS supérieur à trois si le rapport entre le périmètre de l'encolure à mi-encolure et la hauteur au garrot était supérieure ou égal à 0,63 +/- 0,01 pour les chevaux et 0,68 +/- 0,01 pour les poneys (Carter *et al.*, 2009a). Étant donné la taille de l'échantillon d'une centaine d'individus, ces estimations doivent être vérifiées par d'autres études ce qui limite pour l'instant l'usage de ces mesures morphométriques en l'absence de valeurs de références communément admises. La mesure du périmètre de l'encolure ou du rapport périmètre de l'encolure à mi-encolure et la hauteur au garrot semblent surtout adaptées pour le moment au suivi, permettant au propriétaire d'objectiver une augmentation ou une réduction de la quantité de tissu adipeux dans cette zone (Giles *et al.*, 2015).

d. Mesure de l'épaisseur de gras sous-cutané par échographie

L'idée de mesurer l'épaisseur de gras sous-cutané afin d'évaluer les réserves de graisse corporelle vient de l'élevage des animaux de rente. Elle a été étendue ces dernières années aux chevaux et poneys. En effet, l'échographie est une technique intéressante car elle peut être relativement rapide à utiliser sur un animal debout dans des conditions de terrains, elle est non invasive et plutôt bien acceptée par les chevaux, peu coûteuse pour le propriétaire et elle fournit des mesures plus objectives que des échelles descriptives soumises à interprétation (Carter et Dugdale, 2013 ; Silva *et al.*, 2016). La limite principale de cette technique réside dans l'interprétation des images obtenues, la distinction de la limite entre les tissus n'est pas toujours aisée notamment entre la peau et la graisse sous-cutanée (chevaux et poneys rustiques avec une peau épaisse, faible contraste) ce qui limite la précision des mesures (Silva *et al.*, 2016).

Le postulat utilisé afin de développer cette méthode a été documenté lors d'études ayant comparées les différentes mesures d'estimation de la composition corporelle à la dissection et à la mesure de référence de dilution au deutérium. Le principe repose sur le fait que l'épaisseur de gras sous-cutané dans une région spécifique est proportionnelle à l'adiposité générale, permettant ainsi d'obtenir le pourcentage de graisse corporelle à partir de l'épaisseur de gras sous-cutané d'une région. En réalité, l'utilisation d'un seul site a peu d'intérêt pour évaluer la graisse corporelle totale (Carter et Dugdale, 2013 ; Ferjak *et al.*, 2017). Au fil des études, l'intérêt des différentes régions a varié en fonction des résultats observés.

Les premières équations de régression pour estimer le pourcentage de graisse corporelle à partir de la mesure de l'épaisseur de gras sous-cutané au niveau de la croupe datent de 1976. Dans une première expérience les auteurs ont observé une moindre épaisseur de gras sous-cutané

au niveau des côtes et de la croupe des poneys nourris avec un régime restreint en foin par rapport aux poneys nourris à volonté. Dans une seconde expérience, ils ont suivi 12 chevaux soumis à un protocole d'exercice pendant 90 jours. Par rapport aux mesures initiales, lors du suivi à 30 jours les chevaux n'avaient pas perdu de poids. Néanmoins, ils ont constaté une diminution de l'épaisseur de gras sous-cutanée en arrière de l'épaule et de la croupe tandis que l'épaisseur en regard des côtes était restée stable. Ils ont ensuite comparé l'épaisseur de gras obtenue par échographie à la quantité de graisse extractible chimiquement après dissection de huit chevaux. A l'aide de ces données, une première relation entre l'épaisseur de gras sous-cutanée de la croupe et la quantité de graisse corporelle totale a été déterminée. Puis ils ont répété l'expérience sur des poneys avec cinq poneys au travail et six poneys témoins. Ils ont ainsi décrit une autre équation établissant la relation entre l'épaisseur de gras sous-cutanée de la croupe et la quantité de graisse corporelle totale pour les poneys (Westervelt *et al.*, 1976). Les limites de cette étude sont le faible effectif de chevaux et poneys recrutés afin d'établir ces premières équations.

D'autres études plus récentes ont montré une association entre l'évolution de la note d'état corporel et les mesures d'épaisseur de gras sous-cutanée. En 2016, des auteurs se sont intéressés à la relation entre les mesures échographiques d'épaisseur de gras sous-cutané et la note d'état corporel chez des ânes et des chevaux. Concernant les chevaux, 27 poneys d'une race rustique portugaise (Garrano) ont été recrutés auprès de différents propriétaires au nord du Portugal. Les poneys vivaient au pâturage toute l'année, seules les juments gestantes étaient exclues. Dix sessions d'évaluation ont eu lieu sur une période de deux ans, une NEC sur l'échelle de 1-9 était attribuée à chaque fois sur la base de la moyenne de la note attribuée par chacun des deux observateurs expérimentés. Afin de réduire les erreurs de mesures dues à la difficulté de distinction entre la peau et la graisse sous-cutanée, la peau a été incluse dans la mesure de l'épaisseur. Les mesures étaient réalisées après une tonte de la zone en regard de la troisième vertèbre lombaire, latéralement au plan médian du côté gauche. Les images étaient enregistrées en une vidéo puis les images d'intérêt ont été extraites et analysées par la même personne qui avait réalisé l'échographie afin de limiter les biais. La NEC variait de 3 à 8 points, avec une moyenne proche de 5. Les valeurs de l'épaisseur de la peau et du gras sous-cutanée allaient de 3,33 à 12,65 mm, avec une moyenne de 7,09 mm. Les analyses de régression effectuées ont montré une forte association entre la NEC et l'épaisseur de gras sous-cutanée mesurée en regard de la troisième vertèbre lombaire ($R^2 > 0.74$ et $p < 0.01$). Lorsque les scores de NEC augmentaient vers les points les plus élevés, un point d'augmentation se traduisait par un changement plus prononcé de l'épaisseur de la peau et du gras sous-cutanée (Silva *et al.*, 2016). La principale limite de l'étude était l'absence de poneys aux extrêmes de l'échelle de NEC.

Dans une autre étude ayant évalué les relations entre les quatre principales méthodes d'évaluation de la composition corporelle (NEC, mesures morphométriques, mesure de l'épaisseur de gras sous-cutanée et dilution au deutérium) d'un groupe de 14 chevaux de race pur-sang, l'épaisseur de gras sous-cutanée au niveau de l'attache de queue était selon les auteurs la mesure avec le meilleur facteur prédictif de la NEC. Pour autant, la corrélation positive entre l'épaisseur échographique et la NEC dans l'échantillon était meilleure que pour les autres régions (encolure, épaule, espace intercostal, croupe) mais n'était pas significative (Fowler *et al.*, 2020). Ces observations montrent que pour le moment il n'y a pas encore de consensus sur la meilleure zone d'échographie pour prédire l'état corporel ou effectuer un suivi de perte ou de gain de poids.

En effet, Dugdale et al. (2011) ont suivi des juments welsh pendant une longue durée. Dans un premier temps, l'objectif était d'observer leur consommation volontaire de fourrage journalier distribué à volonté et de suivre l'évolution de leur poids et de la quantité de graisse corporelle. Deux périodes d'observation de 12 semaines ont été conduites : une fois en été et une fois en hiver pour deux groupes de six juments différentes. Chaque groupe était constitué au départ de deux juments avec une NEC inférieure à 5, deux juments avec un bon état corporel et deux juments obèses. Chaque semaine leur NEC ainsi que leur poids et des mesures échographiques de l'épaisseur de gras sous-cutanée étaient réévalués. Six zones de mesures échographiques étaient ciblées et décrites par les auteurs comme ceci :

- axillaire : au niveau du point d'émergence de la veine thoracique latérale entre les muscles pectoraux profonds et le muscle *latissimus dorsi*,
- rétropéritonéal : caudalement au processus xyphoïde parallèlement et latéralement à la ligne médiane ventrale,
- garrot : à égale distance entre l'angle caudo-dorsal de la scapula et le point le plus élevé du garrot,
- côtes : en regard du douzième espace intercostal, 15 cm latéralement à la ligne médiane dorsale,
- croupe : à égale distance entre la pointe de la hanche et le centre de l'attache de la queue,
- attache de la queue : parallèlement à la colonne vertébrale, latéralement aux apophyses épineuses dorsales des vertèbres sacrées et coccygiennes soit au niveau de l'attache des premiers crins de la queue.

Les juments ont toutes pris du poids au cours des 12 semaines d'étude. Les auteurs ont observé que pour les juments non obèses, les mesures d'épaisseur de gras sous-cutanée qui ont le plus augmentées au cours de la prise de poids étaient celles des régions rétropéritonéale et de l'attache de queue en été et en hiver ainsi que celle de la croupe en hiver. A titre d'exemple, la moyenne des mesures de l'épaisseur de l'attache de la queue des juments non obèses est passée de 13,4 cm en début d'étude à 30,5 cm à la fin de l'étude. Concernant les juments obèses, les valeurs initiales étaient celles retrouvées chez les juments non obèses en fin d'étude, de ce fait la variation de l'épaisseur était moindre. En moyenne durant les périodes d'été et d'hiver, l'épaisseur de gras sous-cutanée est restée stable pour les régions suivantes : côtes, rétropéritonéal, garrot et croupe. Les auteurs ont constaté une augmentation de l'épaisseur de gras sous-cutanée associée à la prise de poids au niveau de l'attache de la queue uniquement. La moyenne des mesures au cours des deux périodes est passée de 24,6 cm en début d'étude à 28,2 cm à la fin des deux périodes d'étude (Dugdale *et al.*, 2011a). Ces mesures ont permis d'observer que certaines zones de dépôt adipeux présentaient une augmentation de leur épaisseur plus forte que d'autres au cours de la prise de poids. Dans cette étude, la zone en regard de l'attache de la queue semblait la plus appropriée pour suivre la prise de poids des juments obèses. Les auteurs ont suggéré d'après leurs observations, notamment à l'aide de la dilution au deutérium, que le stockage de graisse semblait favorisé en sous-cutanée en hiver et dans les compartiments viscéraux en été (Dugdale *et al.*, 2011a).

Dans une autre étude conduite par les mêmes auteurs et avec un troupeau semblable de cinq juments welsh, ils se sont cette fois-ci intéressés à l'efficacité d'un régime alimentaire restrictif et au suivi de la perte de poids à l'aide des principaux outils (NEC, échographie, mesures

morphométriques, dilution au deutérium). Les juments ont été soumises à un régime alimentaire à base de paille, d'une qualité nutritionnelle équivalente à celle d'un foin de moyenne qualité, à hauteur de 1 % de leur poids corporel pendant 12 semaines. Les zones échographiques utilisées pour le suivi étaient les côtes (en regard du douzième espace intercostal) et la croupe (muscle fessier moyen, à égal distance entre la pointe de la hanche et l'attache de la queue). Les juments ont perdu en moyenne 11,4 % de leur poids corporel au cours de l'étude. Concernant les mesures échographiques, les auteurs ont observé une diminution significative pour les cinq juments de l'épaisseur de gras sous-cutanée des côtes associée à la perte de poids tandis qu'aucun changement significatif n'a été observé au niveau de la croupe (Dugdale *et al.*, 2010). Il aurait été intéressant d'avoir un suivi de l'épaisseur de gras sous-cutanée au niveau de l'attache de queue afin de documenter son utilité lors du suivi d'une perte de poids.

Une autre étude contemporaine visant les mêmes objectifs a soumis un troupeau composé de 12 chevaux et poneys de races variées, avec six juments et six hongres, ayant une NEC supérieure ou égale à 7/9, à un régime alimentaire distribué à hauteur de 1,25 % de leur poids vif durant 16 semaines. La quantité apportée était réévaluée chaque semaine en fonction du poids perdu. Le troupeau était séparé en deux groupes en fonction des aliments reçus. Trois sites échographiques étaient mesurés chaque semaine : côtes, ventro-abdominal rétropéritonéal et croupe. Les auteurs ont observé une diminution de l'épaisseur de gras sous-cutanée en région ventro-abdominale rétropéritonéale de 19,77 % en moyenne à la fin de l'étude, alors que l'épaisseur de gras sous-cutanée en regard du douzième espace intercostal et du muscle fessier moyen a augmenté de 47 % sur les 10 premières semaines et de 42 % sur les 16 semaines respectivement. Cette étude ayant été menée en hiver, les auteurs ont conclu que ces observations confirmaient une préférence du dépôt de tissu adipeux en sous-cutanée durant la période hivernale et impliquait ainsi une mobilisation préférentielle des réserves viscérales lors d'une perte de poids initiée à cette saison (Argo *et al.*, 2012).

L'apport de ces différentes études montre qu'il n'existe pas encore de sites échographiques standardisés pour lesquels les variations sont équivalentes entre les individus lors du gain ou de perte de poids. La région de la croupe, après avoir été la région d'intérêt dans les premières études de développement de l'échographie de l'épaisseur de gras sous-cutanée, semble être une des régions avec le moins de variation au cours du temps et dont la corrélation avec la masse grasse corporelle totale est la plus éloignée (Ferjak *et al.*, 2017). Les dépôts régionaux de graisse sont variables et semblent influencés par de nombreux facteurs parmi lesquels on retrouve : la race et l'alimentation mais aussi la saison, l'exercice, les antécédents nutritionnels récents (Carter et Dugdale, 2013).

Ainsi, des études futures avec de plus grands lots de chevaux et poneys sont à envisager. Pour l'instant, l'apport de l'échographie se situe principalement dans le suivi de l'épaisseur de gras sous-cutanée dans différentes régions. Il n'existe pas encore de valeurs seuils définies pour chaque type d'équidé ou race, permettant de classer un cheval ou poney comme étant en surpoids sur la base de la mesure de l'épaisseur de gras sous-cutanée uniquement.

e. Détermination de la composition corporelle à l'aide de la méthode de dilution au deutérium

La dilution au deutérium est devenue l'une des méthodes de référence afin de déterminer la composition corporelle sans passer par une dissection. C'est une technique peu invasive qui a été développée pour la recherche. C'est à nouveau une technique utilisée pour d'autres espèces de mammifères puis extrapolée aux chevaux dans le but d'obtenir une technique d'estimation de la quantité de graisse corporelle objective, précise et peu invasive.

La dilution au deutérium est une méthode utilisée afin d'estimer la masse grasse corporelle totale. Elle repose sur la dilution de traceurs, déjà utilisé dans d'autres espèces. La relation inverse entre les contenus corporels en eau et en graisse, permet une fois la quantité d'eau corporelle totale estimée de déterminer la quantité de graisse. Le deutérium sous forme d'oxyde de deutérium est le traceur le plus utilisé (Dugdale *et al.*, 2011c). Pour cela, le traceur est administré à une dose connue, il se dilue dans l'organisme pendant une période de temps donné puis une fois à l'équilibre entre tous les compartiments un échantillon sanguin est prélevé. La différence de concentration de deutérium dans le plasma avant et après l'injection de deutérium est utilisée pour calculer la masse corporelle totale. Le résultat obtenu exprimé en kilogrammes de masse grasse corporelle totale ou en pourcentage de masse grasse par rapport au poids total tient compte à la fois des dépôts de graisse sous-cutanée et internes par rapport aux autres méthodes précédemment décrites (Fowler *et al.*, 2020). La masse grasse corporelle totale est définie selon les études comme la quantité totale de tissu adipeux blanc disséqué, ou comme la quantité de lipides extraits chimiquement comprenant selon la méthode employée les lipides totaux ou les lipides neutres uniquement (Dugdale *et al.*, 2011c).

C'est une première étude conduite en 2011 qui a validé l'utilisation de cette technique afin d'estimer la quantité d'eau et de graisse corporelle totale chez les poneys. Les auteurs ont évalué la cohérence des mesures obtenues avec cette méthode avec les mesures post mortem des lipides corporels mesurées par analyse de la composition chimique et de la masse de tissu adipeux obtenu après dissection. L'évaluation directe de la composition corporelle à l'aide de la dissection et de la quantification chimique des lipides est considérée comme la méthode de référence. Les mesures ont été obtenues chez sept juments adultes de race welsh âgées de 6 à 20 ans, qui allaient être euthanasiées en raison d'affections chroniques réfractaires au traitement. Le protocole qui a été validé par cette étude et utilisé dans les études postérieures est présenté en Annexe 3.

L'estimation de la quantité d'eau corporelle totale obtenue par la dilution au deutérium était fortement associée à celle obtenue par analyse chimique ($p < 0,0001$). De plus, l'estimation de la quantité de graisse corporelle à l'aide de la dilution au deutérium était fortement associée à la masse de lipides totaux ou de lipides neutres déterminés chimiquement et à la masse de tissu adipeux blanc disséqué (coefficient de détermination $r^2 = 0,995, 0,996$ et $0,99$ respectivement et $p < 0,0001$). Par exemple, pour une jument avec une NEC de 7/9 pesant 279 kg, l'estimation de la masse grasse corporelle totale par dilution au deutérium était de 53,65 kg contre 55,44 kg de lipides totaux ou 54,50 kg de lipides neutres par analyse chimique et 54,47 kg de tissu adipeux blanc par dissection. Ces résultats ont ainsi montré que cette méthode peut constituer une alternative fiable à la dissection et à l'analyse chimique (Dugdale *et al.*, 2011c).

Les mêmes observations ont été faites quelques années plus tard pour les chevaux de type trait. L'objectif de l'étude était de comparer les mesures obtenues par dilution au deutérium à

l'analyse réelle de la graisse des tissus par spectroscopie infrarouge après dissection chez des chevaux de type trait en utilisant le protocole précédemment décrit. Pour cela, 24 chevaux de trait ont été recrutés car ils allaient être euthanasiés pour des raisons indépendantes à l'étude, 18 d'entre eux ont été utilisés pour les analyses statistiques. Les auteurs ont exclu trois individus avec une NEC entre 1-3/9 car la valeur de masse grasse corporelle totale obtenue par dilution peut être négative chez les animaux émaciés ainsi que trois autres chevaux dont la quantité totale de graisse corporelle obtenue par dilution au deutérium était négative alors qu'ils n'avaient pas une NEC inférieure à 3/9. Ce phénomène a déjà été décrit dans d'autres études sans que l'origine n'ait été comprise pour le moment. La teneur en graisse obtenue par dissection et spectroscopie infrarouge correspondait à la somme de la teneur en graisse abdominale, pelvienne et des organes. La graisse corporelle estimée par la méthode de dilution au deutérium était très proche des mesures de la graisse par spectroscopie. Une légère sur-estimation de la masse grasse corporelle totale avec la dilution au deutérium a été constatée. Elle pouvait s'expliquer principalement par le fait que les auteurs ont exclus de la somme de graisse corporelle totale la graisse de la tête, des membres en dessous des carpes et des jarrets, de la peau, de la queue, des tissus viscéraux et des os car ils ont considéré le poids de cette masse grasse était infime par rapport à celle des tissus mous et de la graisse interne séparable (abdominale, pelvienne). Les auteurs ont conclu à une très bonne précision et à la faisabilité de cette méthode pour les chevaux de type trait (Ferjak *et al.*, 2017).

Dans une autre étude ayant évalué les relations entre les quatre principales méthodes d'évaluation de la composition corporelle (NEC, mesures morphométriques, mesure de l'épaisseur de gras sous-cutanée et dilution au deutérium) d'un groupe de 14 chevaux de race pur-sang, la mesure de la masse grasse corporelle totale à l'aide de la dilution au deutérium était associée aux variations de la NEC ($r^2 = 0,61$, $p < 0,05$), au ratio du périmètre thoracique sur le poids corporel ($p < 0,05$) et à l'épaisseur de gras sous-cutanée de l'encolure uniquement ($p < 0,05$). L'échantillon étant constitué uniquement de pur-sang, les auteurs n'ont pas pu comparer la masse de graisse corporelle totale obtenue avec les résultats d'autres publications contemporaines. En effet, la valeur la plus haute observée pour un pur-sang avec une NEC de 6/9 était de 9,23% de masse grasse corporelle totale soit bien inférieure à celle observée par Dugdale and al. (2011) de 26,34 % pour un jument welsh ayant une NEC de 7/9. Ainsi, la masse grasse corporelle semble varier entre les races malgré des NEC proches. D'autres études doivent donc être menées pour évaluer notamment par dissection les valeurs de graisse corporelle totale chez les chevaux de type pur-sang (Fowler *et al.*, 2020).

Comme toutes les techniques présentées jusqu'ici, la dilution au deutérium présente quelques facteurs d'incertitudes. En effet, il existe des facteurs pouvant influencer la distribution du traceur et conduire à une sur-estimation de la masse grasse corporelle totale (en général entre 1-6 % mais rapportée jusqu'à 22,5 % dans une étude). D'une part, des échanges isotopiques peuvent se produire lors de la diffusion du l'oxyde de deutérium, c'est pourquoi un facteur de correction de 4 % est communément appliqué lors du calcul de la taille de l'espace de dilution disponible. De plus, il peut également y avoir une différence de cinétique de distribution du traceur selon les individus et une influence de la quantité et de l'hydratation du contenu digestif. Néanmoins dans l'étude de référence menée en 2011, l'hydratation du contenu digestif était la même pour les sept juments (Dugdale *et al.*, 2011c). Afin de minimiser l'influence des facteurs de variations et des erreurs de mesures, le protocole a été adapté avec une mise à jeun durant la distribution du traceur d'une durée de quatre heures (Dugdale *et al.*, 2011c ; Ferjak *et al.*, 2017 ; Fowler *et al.*, 2020).

La détermination de la composition corporelle à l'aide de la méthode de dilution au deutérium est pour le moment utilisée uniquement dans le cadre de la recherche car elle est coûteuse et les échantillons doivent être analysés selon un protocole précis et avec des techniques de laboratoire peu disponibles en pratique courante (Fowler *et al.*, 2020).

f. Développement de nouveaux outils

Au cours de cette partie, les différentes études présentées poursuivaient toutes le même but, obtenir des mesures les plus objectives et les plus simples possibles afin de déterminer le poids ou l'état corporel d'un cheval ou d'un poney. Les principales difficultés rencontrées résident d'une part dans la possibilité d'une utilisation sur le terrain de ces méthodes, de leur coût, de leur objectivité ainsi que de leur faisabilité auprès d'un large public constitué en grande partie par les propriétaires.

Des auteurs ont tenté de développer un indice de masse corporelle (IMC), similaire à celui connu et largement utilisé chez l'homme qui permet de déterminer si le poids d'un individu se situe dans l'intervalle recommandé (équation : poids corporel (kg)/(taille (m))²). Un tel indice pourrait s'avérer très utile afin d'estimer le pourcentage de graisse corporelle car le poids corporel à lui seul ne reflète pas nécessairement l'adiposité. Cependant, l'utilisation de cette formule chez les chevaux s'est avérée peu indicative afin de mesurer l'adiposité. Le développement d'une telle formule chez le cheval est difficile à mettre en œuvre car elle nécessite d'une part de connaître le poids du cheval, qui comme vu précédemment n'est pas toujours facile à obtenir et d'autre part car la conformation des chevaux et des poneys varie beaucoup plus que celles des humains et avec elle le poids du squelette varie également. Il faut aussi tenir compte de la masse musculaire, variable selon l'entraînement des chevaux et du remplissage intestinal qui influe également sur le poids corporel (Potter *et al.*, 2024). L'objectif de l'étude menée depuis plusieurs années entre différentes universités en Australie, aux Etats-Unis et au Royaume-Uni était de développer un tel outil basé sur des mesures morphométriques.

Plusieurs étapes ont été nécessaires. Dans un premier temps, les auteurs ont développé la formule en comparant les résultats à ceux obtenus avec la méthode de référence de l'évaluation de la composition corporelle par la dilution au deutérium à l'aide d'un troupeau universitaires de chevaux et poneys (sept trotteurs, sept poneys croisés et sept pure race espagnole). Ces chevaux ont été observés dans un premier temps en bonne condition corporelle et ont été soumis à un régime riche en calorie pendant 20 semaines afin d'atteindre des NEC de 7 ou 8/9. Cette phase a été suivie d'une période de restriction alimentaire d'une durée maximale de 12 semaines afin de rétablir des NEC autour de 5/9. Afin d'améliorer au maximum la précision de la formule et de refléter l'ensemble de l'état corporel du cheval, les mesures du périmètre à mi-encolure, thoracique et abdominal ont été utilisées ainsi que la taille au garrot et la longueur du corps. Une pondération a été attribuée à chacune de ces mesures à l'aide de modèles de régression et de modèles mathématiques pour développer l'équation. La longueur du corps a été mesurée depuis la pointe de l'épaule jusqu'à la tubérosité ischiatique ipsilatérale. L'équation finale est la suivante (Potter *et al.*, 2024) :

$$\text{BCI (body condition index)} = \left(\frac{(\text{PT}^{1,18} + \text{PA}^{0,98} + \text{PME}^{1,31})}{(\text{H}^{1,23} + \text{L}^{1,01})} \right)^{5,10}$$

Avec PT le périmètre thoracique en centimètres, PA le périmètre abdominal en centimètres, PME le périmètre à mi-encolure en centimètres, H la hauteur au garrot en centimètre et L la longueur du corps en centimètres.

Cet indice a ensuite été validé en plusieurs étapes. Tout d'abord, la précision et la variabilité de l'indice a été comparée à celle de la NEC lorsqu'il est utilisé par des évaluateurs moins expérimentés, tels que cinq étudiants vétérinaires en dernière année avec un troupeau de chevaux similaire à celui utilisé lors du développement. La variabilité des résultats obtenus pour l'indice était de 10,9 % contre 13,9 % pour la variabilité des NEC, soit relativement similaires à ceux obtenus par les évaluateurs expérimentés. L'indice de masse corporel semblait donc plus cohérent et reproductible que la NEC (Potter *et al.*, 2024).

Les auteurs ont également testé la formule dans un troupeau de 16 poneys welsh puis dans une population plus large de chevaux et poneys à l'aide d'évaluateurs expérimentés. Les résultats ont montré une bonne association entre l'indice et le pourcentage de graisse corporelle. Concernant les shetlands et les poneys miniatures, les valeurs de l'indice de masse corporelle étaient plus élevées que celles des autres races de poneys. La variation des proportions relatives des périmètres mesurés par rapport à la longueur du corps diffère probablement par rapport aux autres races ce qui nécessiterait le développement d'un indice spécifique pour ces races de poneys. D'autres études incluant un plus grand nombre de chevaux maigres et obèses sont également nécessaires afin d'améliorer la corrélation entre l'indice et le pourcentage de graisse corporelle. Les auteurs soulignent également le besoin de prise en compte du développement musculaire afin d'améliorer les performances de cet indice, en particulier pour les chevaux très athlétiques. Plusieurs limites ont été soulevées par les auteurs, notamment l'absence de coefficient de variabilité entre les mesures des évaluateurs expérimentés car ils n'étaient que deux et le fait qu'au-delà d'une NEC de huit il est très compliqué de documenter l'augmentation des dépôts adipeux internes (Potter *et al.*, 2024). Ainsi, les auteurs ont tenté d'indiquer une valeur seuil au-delà de laquelle le cheval sera considéré comme obèse.

En effet, il n'existait pas d'intervalle semblable à l'homme afin de définir la masse corporelle optimale. Dans la littérature scientifique, un cheval est considéré gras si la quantité de graisse corporelle excède 20 % (Dugdale *et al.*, 2012) ou si la NEC dépasse le score de 6,5/9. En raison de la variabilité individuelle et du faible nombre de chevaux avec une quantité de graisse corporelle excédant 20 %, les auteurs n'ont pu fournir que des valeurs indicatives. La valeur seuil pour un cheval en surpoids est un résultat supérieur à 18,0 (sensibilité 84,0 % et spécificité 87,5 %) et pour un cheval obèse elle est de 21,7 (sensibilité 79,4 %, spécificité 81,25) (Potter *et al.*, 2024). Ainsi, le développement d'un indice de masse corporelle basé sur des mesures morphométriques pourrait être une alternative plus fiable et reproductible que le système de notation de l'état corporel, d'autant plus pour un public large de propriétaires. Son utilisation et sa sensibilité pour le suivi de l'état corporel dans un contexte de perte de poids ne sont pas encore connues (Potter *et al.*, 2024).

D'autres méthodes de mesures sont en développement comme une échelle d'évaluation semi-quantitative allant de 1 à 5 des dépôts de graisse interne au niveau de l'omentum, du mésentère, de l'épicarde et de la croupe à l'aide de la dissection post-mortem immédiate de 26 chevaux et 12 poneys. Cette échelle a ensuite été mise en œuvre sur 200 chevaux et poneys en comparaison avec le poids et la NEC. L'objectif premier de cette échelle est son utilisation pour la recherche afin de documenter l'association entre les zones de dépôt adipeux et le développement de maladie, comme cela a pu être observé en médecine humaine. Les premières conclusions

tendent à montrer des différences fonctionnelles entre les régions de dépôts adipeux (Morrison *et al.*, 2017b). De nouvelles investigations à l'aide de cette échelle doivent être entreprises afin de relier les zones de dépôt adipeux internes à des maladies chez le cheval. La limite majeure de cette échelle est l'ouverture de la cavité abdominale pour aller observer directement les dépôts de graisse internes.

En conclusion, il existe de nombreuses méthodes ayant été développées afin d'estimer le poids ou la condition corporelle des chevaux et poneys. Les études ayant participé à leur développement ou l'évaluation de leur intérêt ou caractéristiques ont mis en avant des avantages et des inconvénients présentés dans le tableau 5. Le choix de la méthode utilisée pour réaliser l'évaluation ou le suivi du poids ou de la condition corporelle, ainsi que la méthode conseillée aux propriétaires, dépendra de caractéristiques des différentes méthodes mais également des préférences et de la facilité d'utilisation des propriétaires qu'il est nécessaire de prendre en compte afin de favoriser leur adhésion et de faciliter le suivi au cours du temps.

Tableau 5 : Comparaison des méthodes de mesure du poids et de la condition corporelle. D'après (Carter et Dugdale, 2013).

Méthode	Objectif	Avantages	Inconvénients
Mesure du poids en utilisant une balance	Mesure du poids	- Très bonne précision de la mesure	- Balance peu disponible sur le terrain
Mesure indirecte du poids à l'aide d'un ruban		- Matériel facilement accessible, peu coûteux - Mesures réalisables par un propriétaire et sur le terrain	- Peu précis, d'autant plus pour les individus obèses
Mesure indirecte du poids à l'aide de mesures morphométriques		- Matériel facilement accessible, peu coûteux - Mesures réalisables par un propriétaire et sur le terrain - Outils en ligne développés pour aider le propriétaire à utiliser les formules adaptées - Certaines mesures utiles pour le suivi de la condition corporelle : périmètres thoracique et abdominal	- Peu précis, la précision dépend de la qualité des mesures réalisées et notamment le bon placement du ruban de mesure - Nombreuses formules développées : choix de la formule, complexité du calcul, nombre de mesures à réaliser variable
Note d'état corporel	Estimation de la condition corporelle	- Pas de matériel nécessaire - Facile à réaliser pour un évaluateur expérimenté - Prise en compte de plusieurs parties du corps - Développement d'outils en ligne pour aider les propriétaires à utiliser cet outil	- Mesure subjective, précision et répétabilité pour les évaluateurs expérimentés - Evaluation des dépôts de gras sous-cutanée uniquement - Difficulté à appliquer selon les races ou les morphotypes, influence du pelage, de la robe, de la masse musculaire, du remplissage intestinal - Trop peu précis pour refléter des changements précoces de condition corporelle

Score de crête nucale	Mesure de l'accumulation de graisse le long de la partie supérieure de l'encolure	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de matériel nécessaire - Facile à réaliser pour un évaluateur expérimenté - Peut être un indicateur d'une maladie métabolique (dysrégulation de l'insuline) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne précision et répétabilité pour les évaluateurs expérimentés - Difficulté à appliquer selon les races ou les morphotypes - Trop peu précis pour refléter des changements précoces de condition corporelle
Épaisseur de gras sous-cutanée par échographie	Estimation du pourcentage de graisse corporelle	<ul style="list-style-type: none"> - Mesures objectives - Evaluation de plusieurs régions de dépôts adipeux - Précis pour refléter des changements précoces 	<ul style="list-style-type: none"> - Extrapolation du pourcentage de graisse corporelle à partir de la graisse sous-cutanée uniquement, ne tient pas compte des dépôts internes - Nombreux facteurs pouvant influencer le dépôt de gras sous-cutané, variable entre les individus - Pas de consensus sur les régions à utiliser pour suivre les changements de conditions corporelle et estimer le pourcentage de graisse corporelle
Dilution au deutérium		<ul style="list-style-type: none"> - Mesure de l'ensemble des dépôts adipeux internes et sous-cutanée 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûteux, peu invasif mais nécessite la présence d'un vétérinaire (injection et prise de sang) - Réservé à l'usage de la recherche
Indice de masse corporelle		<ul style="list-style-type: none"> - Matériel facilement accessible, peu coûteux - Mesures réalisables par un propriétaire et sur le terrain - Bonne précision et reproductibilité même pour des évaluateurs peu expérimentés 	<ul style="list-style-type: none"> - D'autres études sont nécessaires pour valider l'utilisation de cet outil - Formule complexe à utiliser - Pas encore de valeur seuil définie par consensus

Deuxième partie : Les principales causes du surpoids

L'obésité apparaît lorsqu'il y a un déséquilibre énergétique entre les apports et les besoins, lorsque l'énergie apportée par l'alimentation excède la dépense énergétique (Giles *et al.*, 2014). En effet, si les réserves d'énergie sont excédentaires, le corps du cheval stocke une partie de l'énergie non nécessaire sous forme de graisse. Au contraire, si les réserves d'énergie sont insuffisantes, le cheval mobilise les composés contenant de l'énergie dans le corps et brûle l'énergie stockée (NRC, 2007). Ainsi lorsqu'on fait face à un cheval avec un gain de poids ou en situation d'obésité cela montre un excès d'apport énergétique par rapport à l'énergie dépensée (Geor et Harris, 2013a).

Pour illustrer ceci, de nombreux auteurs reprennent l'image d'une balance qui doit être à l'équilibre, entre les apports et les besoins. Toute la difficulté réside alors dans le fait d'estimer les besoins et les dépenses.

Cependant, l'obésité ne résulte que rarement d'une seule cause identifiée, les causes sont nombreuses et multifactorielles. Les principaux facteurs semblent être génétiques mais également environnementaux, en particulier la suralimentation associée à une activité physique minimale. D'autres facteurs métaboliques et intrinsèques peuvent aussi être impliqués (Hesta et Shepherd, 2021). Cependant, jusqu'à maintenant, très peu d'études se sont intéressées aux facteurs de risques de l'obésité équine (Geor et Harris, 2013a ; Giles *et al.*, 2014).

1. Une alimentation trop riche

La suralimentation semble être une problématique majeure en nutrition équine, suivant la tendance existante en nutrition des petits animaux domestiques. La suralimentation est parfois délibérée lors de préparation à la vente ou à un concours mais elle semble surtout résulter d'un manque de connaissance des propriétaires, comme on peut le constater dans de nombreuses publications. En 1994, une publication américaine rapportait déjà le fait que la majorité des propriétaires ne demandaient pas l'assistance d'un vétérinaire pour formuler la ration de leurs chevaux mais recueillaient des informations à partir de diverses sources et nourrissaient leurs chevaux selon un système qu'ils ont eux-mêmes mis au point (Honoré et Uhlinger, 1994). Cette tendance est toujours rapportée par les publications actuelles (Moore-Colyer *et al.*, 2023). Ainsi, plusieurs erreurs peuvent conduire à une suralimentation : la surestimation des besoins en énergie, la consommation excessive chez certains chevaux placés à volonté, la sous-estimation de la qualité énergétique des aliments distribués mais également l'imprécision des quantités distribuées (Hesta et Shepherd, 2021).

Les besoins nutritifs sont exprimés à l'aide de différents systèmes en nutrition équine. En France, les besoins énergétiques et les apports alimentaires sont exprimés en unités fourragères cheval (UFC). Cette unité se rapporte à la valeur énergétique nette d'un kilo d'orge standard à 870g de matière sèche par kg et permet d'estimer l'énergie nette apportée par l'alimentation. L'énergie nette est l'énergie disponible pour répondre aux besoins d'entretien et de production une fois les

pertes fécales, urinaires et digestives enlevées. Le système américain se base quant à lui sur l'énergie digestible, exprimée en kilocalorie (kcal) ou mégacalorie (Mcal), qui correspond à l'énergie alimentaire à laquelle sont soustrait les pertes énergétiques fécales uniquement. Ces deux systèmes sont des outils de modélisation, aucun n'est meilleur que l'autre. La valeur en énergie digestible est plus facile à mesurer que la teneur en énergie nette (Wolter *et al.*, 2014, chap. 4). Étant donné le nombre de publications anglo-saxonnes, il est plus évident d'utiliser dans ce travail la valeur en énergie digestible.

On distingue les besoins d'entretien et de production. Les besoins d'entretien résultent des dépenses de la vie du cheval dans des conditions normales d'élevage, sans variation de poids et d'état corporel et sans production (gestation, lactation, croissance, travail musculaire). Ils cumulent les déperditions énergétiques en relation avec le métabolisme de base dépendant de la race, du format, du stress mais également les pertes liées à la thermorégulation, aux déplacements variables selon le mode de vie. Cependant malgré les nombreux facteurs de variation, les besoins énergétiques d'entretien dépendent surtout du poids métabolique (poids vif élevé à la puissance 0,75) correspondant à la masse corporelle métaboliquement active, muscles, viscères et organes (Wolter *et al.*, 2014, chap. 4). C'est pourquoi les besoins énergétiques d'entretien sont exprimés sur la base du poids corporel (BW) en mégacalories : Mcal/kg BW (NRC, 2007) (Tableau 6).

Tableau 6 : Exemple de tableau d'estimation des besoins en énergie (énergie digestible) exprimée en Mcal pour un cheval adulte de 500 kg. D'après (NRC, 2007).

Statut physiologique		Besoin en énergie (Mcal)
Adulte sans exercice		16,7
Adulte exercice léger		20,0
Etalon	Non reproducteur	18,2
	Reproducteur	21,8
Jument gestante	Moins de 5 mois	16,7
	5 ^{ème} mois	17,1
	6 ^{ème} mois	17,4
	7 ^{ème} mois	17,9
	8 ^{ème} mois	18,5
	9 ^{ème} mois	19,2
	10 ^{ème} mois	20,2
Jument en lactation	1 ^{er} mois	31,7
	2 ^{ème} mois	31,7
	3 ^{ème} mois	30,6
	4 ^{ème} mois	29,4
	5 ^{ème} mois	28,3
	6 ^{ème} mois	27,2
Cheval en croissance	4 mois	13,3
	6 mois	15,5
	12 mois	18,8
	18 mois	19,2
	24 mois	18,7

L'énergie digestible pour assurer les besoins métaboliques a été estimée par de nombreuses études, cependant le plus important est de retenir que ces besoins sont variables d'un individu à un autre et dépendent de nombreux facteurs : stade physiologique, génétique, conditions environnementales, niveau d'activité et composition du régime alimentaire (NRC, 2007 ; Geor et Harris, 2013a).

a. L'excès d'apport énergétique par rapport aux besoins

Loin des conditions naturelles de vie décrites chez le cheval, la plupart des chevaux sont encore confinés en box avec peu d'activité physique rendant leurs besoins énergétiques très proches du besoin de maintenance, très rapidement satisfait par des fourrages de qualité moyenne. Ces mêmes

chevaux sont fréquemment complétés avec des concentrés, ayant une densité énergétique très élevée, des friandises, voire quelques heures de pâturage sur des pâtures riches en énergie contribuant à un excès d'énergie apporté majeur (Geor et Harris, 2013a).

Cet excès d'apport énergétique dans la ration a été décrit en 1994 par une étude menée sur 50 chevaux suivis par le service de médecine de l'Université vétérinaire de Caroline du Nord. Les chevaux inclus étaient âgés de plus de trois ans et de races légères, excluant ainsi les poneys ou chevaux de courses et les juments gestantes ou en lactation. Six composants nutritionnels de la ration étaient analysés : quantité de matières sèches, énergie digestible, protéines brutes, calcium, phosphore et le ratio calcium/phosphore. Pour chaque catégorie, la ration fournie par les propriétaires était comparée aux recommandations nutritionnelles données par le National Research Council (NRC) de 1989 et selon la note d'état corporel. Chaque propriétaire de l'étude distribuait une ration à deux chevaux maximum. Les résultats ont montré que la majorité des chevaux étaient nourris avec des rations non équilibrées dans quatre ou plus des catégories mesurées. Dans près d'un cas sur deux (44 %), les rations analysées étaient excédentaires en énergie digestible. Même si cette étude comporte un faible nombre de chevaux, elle montre néanmoins l'ampleur du phénomène de suralimentation. Les concentrés étaient suspectés dans l'étude d'être majoritairement à l'origine de cet excédent en énergie car la quasi-totalité des rations excédentaires en énergie l'étaient aussi en protéines brutes.

De plus, il est possible que cette suralimentation en énergie digestible soit plus sévère qu'indiquée par les résultats car les besoins en énergie de chaque cheval était basé sur le niveau d'activité estimé par le propriétaire. Or, il est fréquemment admis de par l'expérience des auteurs de l'étude que les propriétaires sont plus enclins à surestimer l'intensité de travail de leurs chevaux que de la sous-estimer (Honoré et Uhlinger, 1994).

Les conclusions d'études plus récentes rapportent toujours la problématique de la surestimation des besoins en énergie par les propriétaires. En 2012, une étude sur 300 chevaux de race légère uniquement, sélectionnés aléatoirement parmi une population de 1000 chevaux enregistrés auprès de l'Université Vétérinaire Virginie-Maryland a montré que la majorité des chevaux de l'étude qui étaient des chevaux de loisirs ou non travaillés recevaient quand même des concentrés en guise de friandises. Cette pratique est à l'origine d'une supplémentation en énergie, combinée à un régime alimentaire de base riche en calories et à peu d'exercice augmentant le risque de développement de l'obésité. Néanmoins l'association entre la supplémentation en concentrés et une note d'état corporel supérieure à 7/9 n'a pas été mise en évidence dans l'échantillon étudié (Thatcher *et al.*, 2012). Les mêmes observations ont été faites plus récemment au Royaume-Uni. Un sondage a été diffusé entre novembre 2019 et février 2020 auprès des universités, centres équestres et poneys clubs et via les réseaux sociaux afin de déterminer les habitudes d'alimentation des propriétaires de chevaux. Malgré le fait que 41 % des répondants étaient des cavaliers de loisirs, 83 % d'entre-eux complétaient la ration de leurs chevaux à part égale avec des concentrés ou du grain (Moore-Colyer *et al.*, 2023). Même auprès d'un public plus sensibilisé par la nutrition équine, la supplémentation en concentrés à vocation de récompense est aussi retrouvée. Ce résultat provient d'un sondage auprès de participants à des cours de nutrition équine en ligne en janvier 2013, 6538 réponses ont été obtenues. La majorité des participants était des anglais, américains, canadien et australiens. Seuls 5 % des répondants avaient déjà pris des cours de nutrition équine en ligne précédemment. Bien que plus de la moitié des personnes interrogées aient déclaré utiliser leurs chevaux pour l'équitation de loisir (54 %), près de 90 % des répondants ont déclaré nourrir leurs chevaux avec des concentrés avec pour raison principale évoquée la récompense après le travail. Cependant, il y avait également un malentendu pour certains propriétaires sur le terme

d'aliment concentrés, certains ayant classé les substituts de fibres comme des concentrés. Cela montre le manque de connaissances de certains propriétaires sur les nutriments et les différents aliments dans le régime alimentaire de leurs chevaux. Le fait de distribuer des concentrés pour récompenser montre à nouveau que les propriétaires n'ont pas conscience de l'excès en énergie apporté (Murray *et al.*, 2015).

De plus, pour les races natives de poneys et chevaux qui présentent des adaptations évolutives, notamment métaboliques afin de survivre aux hivers rigoureux où les pâturages sont de piètre qualité, la problématique de la suralimentation est exacerbée. Les systèmes de gestion modernes qui fournissent toute l'année des pâturages de haute qualité et/ou de l'herbe conservée permettent à ces races « à risque » de rester obèses pendant les mois d'hiver, ce qui conduit inexorablement à un cycle auto-entretenu d'augmentation de l'adiposité tout au long des années (Morrison *et al.*, 2017a). Ce cycle infernal est aussi appelé « effet accumulation ». Du fait des conditions domestiques, la prise de poids est favorisée au printemps et durant l'été et la perte de poids naturelle en hiver est réduite voire empêchée. Ainsi, en l'espace de quelques années l'obésité peut s'installer durablement et s'aggraver au fil du temps.

Pour le moment, aucune étude n'a formellement établi d'association entre la prévalence de l'obésité et l'excès d'apport énergétique (Geor et Harris, 2013a). En 2014, une étude menée au Royaume-Uni sur des chevaux de loisirs vivants au moins six heures par jour au pré, en troupeau de minimum deux individus depuis plus d'un mois, a cherché en outre à déterminer les facteurs de risque de l'obésité dans la population étudiée. Parmi les hypothèses des auteurs, l'alimentation complémentaire en particulier les concentrés énergétiques étaient considérés comme un facteur de risque important. Quatre-vingt-seize chevaux de loisirs, de club de charité ou de centre équestre appartenant à 26 troupeaux différents ont été inclus dans l'étude. La moyenne d'âge était de 10 ans (10,60 +/- 0,6 ans), 69 adultes et 24 jeunes. La très grande majorité des chevaux recrutés (94 %) étaient supplémentés en hiver (92 % foin, 36 % concentrés) contre 62 % en été (29 % foin et pourcentage de concentrés non indiqué). Les quantités apportées n'ont pas été mesurées mais rapportées par les propriétaires par le biais des questionnaires. Ce recueil d'information peut s'avérer très imprécis, cependant les auteurs de l'étude ont tenté de le compenser en classant les aliments dans des catégories bien distinctes et larges pour atténuer le potentiel biais de classement. L'analyse statistique univariable a montré une association entre l'alimentation complémentaire et l'obésité seulement en hiver. Cependant ils n'ont pas mis en évidence d'association avec d'autres paramètres liés à l'alimentation. Ceci suggère selon les auteurs que lorsque les chevaux vivent à l'extérieur, l'alimentation supplémentaire ne joue qu'un faible rôle dans la probabilité qu'ils deviennent obèses. En effet, du fait des quantités d'herbe potentiellement ingérées, l'apport de fourrage supplémentaire et d'aliments fournissant de l'énergie a une faible influence comparativement à l'herbe dans des circonstances où sa consommation n'est pas limitée (Giles *et al.*, 2014).

De nombreuses études se sont justement intéressées aux quantités potentiellement ingérées par les chevaux au pâturage.

b. La consommation excessive des aliments disponibles à volonté par certains individus

Afin de quantifier les quantités ingérées, on peut utiliser la quantité d'aliment brute ou la quantité de matières sèches (MS). Les matières sèches correspondent à l'aliment sans sa fraction humide, elles

sont obtenues après broyage et séchage de l'aliment. C'est une donnée importante de l'analyse alimentaire car c'est cette fraction du fourrage qui contient les nutriments et permet de comparer entre eux les fourrages. Par exemple, pour deux foin avec une même quantité de nutriments mais dont l'un a un taux de matière sèche inférieur il faudra en donner plus que celui avec un taux de matière sèche plus élevé pour apporter la même quantité de nutriments. L'herbe contient environ 20 % de MS, le foin plus de 85 % pour garantir sa bonne conservation (Harris et Shepherd, 2021). On peut exprimer la quantité de MS ingérées à l'aide de deux unités : en kg de MS ingérés ou préférentiellement en rapport avec le poids corporel. Dans le système anglo-saxon, le pourcentage de MS ingéré est exprimé par rapport au poids vif total, tandis que dans les publications françaises la quantité de matière sèche ingérée est exprimée en kg de MS par rapport à 100 kg de poids vif pour marquer l'influence majeure du format (Wolter *et al.*, 2014).

Il est usuellement admis que la consommation volontaire de foin s'établit autour de 1,5-2 kg de MS par 100 kilos de poids vif et par jour (Wolter *et al.*, 2014). L'ouvrage de référence de nutrition équine aux Etats-Unis a référencé de nombreuses études antérieures à 2007 rapportant des valeurs équivalentes pour les chevaux au pâturage : entre 1,5-2 % du PV pour des chevaux adultes, 2,5 % du PV pour des juments en lactation et 2-3 % du PV pour des jeunes poulains sevrés (NRC, 2007). Cependant, de nombreux auteurs ont depuis remis en question ces estimations. En 2011, une publication soulève cette problématique en s'interrogeant sur le fait que l'on constate fréquemment une prise de poids rapide chez les équidés au pâturage, particulièrement au printemps et en début d'été, suggérant que les estimations usuellement acceptées d'ingestion journalière d'herbe sont peut-être trop faibles.

Pour cela, l'étude de 2011 a cherché à estimer la quantité de matière sèche ingérée par quatre juments de race de poney adultes au pâturage durant six semaines, en suivant leur variation de poids corporel. Le poids des juments a été mesuré au début de l'étude, puis cinq fois par semaine à l'aide d'une balance calibrée. Le pâturage était de valeur nutritive intermédiaire. Les auteurs ont estimé les quantités minimales et maximales d'ingestion en combinant les données des besoins en énergie digestible d'entretien et de prise de poids et la teneur en énergie digestible des pâturages à l'aide des valeurs rapportées dans le NRC. Le besoin d'entretien pour ces juments a été estimé comme minimal car elles n'ont pas reçu d'exercice. Leur gain de poids quotidien moyen sur l'ensemble de l'étude a été d'environ 1 kg par jour (0,956 +/- 0,517 kg). La moyenne d'ingestion estimée a été de 3,8 +/- 1,2 % du poids corporel, soit bien plus haute que les valeurs usuellement acceptées. Cela attire l'attention sur le besoin de gérer différemment les chevaux en pâture et particulièrement ceux sujet à l'obésité, la fourbure et l'insulino-résistance (Longland *et al.*, 2011c).

c. La mauvaise appréciation de la qualité énergétique et l'imprécision des quantités des aliments distribués dans la ration

Une autre mauvaise habitude fréquemment rencontrée et pouvant mener à de la suralimentation est de distribuer l'alimentation en se basant sur le volume distribué plutôt que sur le poids de l'aliment, avec une sous-estimation de la quantité du foin et des concentrés distribués (Hesta et Shepherd, 2021). Dans l'étude menée en 2013 auprès d'un large public de propriétaires inscrits à un cours de nutrition équine en ligne (6538), 70 % des participants au sondage ont déclaré distribuer les aliments en se basant sur le volume plutôt que sur le poids (Murray *et al.*, 2015).

L'intérêt de peser les aliments pour les distribuer avec précision a été mise en évidence dans plusieurs études. Les investigateurs de l'étude menée en 1994 auprès de 50 chevaux ont pesé et

analysé les rations de céréales et de foin préparées pour la journée par les propriétaires. Ils ont constaté qu'il y avait une grande disparité entre les quantités que les propriétaires pensaient donner aux chevaux et celles qui leur étaient effectivement distribuées. Aucun de ces propriétaires n'utilisait de balance pour peser la ration quotidienne. Seulement un tiers des chevaux recevaient la quantité de foin que les propriétaires estimaient donner. Un tiers des chevaux en recevaient plus et un tiers moins. A l'époque, il est apparu que de nombreux propriétaires n'avaient pas compris l'importance du foin comme source de nutriments et son importance dans l'équilibre du régime alimentaire. De ce fait ils étaient moins concernés par le fait de distribuer des quantités précises et bien estimées (Honoré et Uhlinger, 1994). Les connaissances dans ce domaine se sont améliorées, l'étude menée auprès des inscrits au cours de nutrition en ligne en 2013 a montré qu'ils distribuaient tous plus de 80 % de fibres dans la ration (Murray *et al.*, 2015).

Concernant les concentrés, la capacité à distribuer avec précision la quantité prévue est bien meilleure. Toujours dans l'étude menée en 1994 en Caroline du Nord, plus de la moitié des chevaux recevaient la quantité de grains prévue par les propriétaires. Cela peut s'expliquer d'une part car il est plus facile d'estimer la quantité à l'aide d'une mesure et d'autre part car les concentrés ont un coût important et sont perçus comme importants dans la ration du cheval, encourageant la précision avec laquelle ils sont distribués. Néanmoins, 36 % des propriétaires distribuaient malgré tout plus d'aliments concentrés que prévu, accentuant d'autant plus l'excès d'énergie digestible apporté (Honoré et Uhlinger, 1994). L'étude menée en 2019-2020 au Royaume-Uni ayant pour but de déterminer les habitudes d'alimentation des propriétaires au travers d'un sondage a montré que la tendance n'a pas changé plus de 20 ans après. En effet, 71 % des propriétaires distribuant des concentrés utilisaient des mesures tandis que 85 % des répondants ne pesaient pas le foin avant de le distribuer. Dans cette étude, les auteurs ont conclu que le fait de peser le fourrage serait associé pour les participants à une mesure de gestion du poids du cheval. Même si le fourrage doit être dans l'idéal distribué à volonté, il apparaît néanmoins nécessaire d'avoir une idée de la quantité de nourriture distribuée et consommée (Moore-Colyer *et al.*, 2023).

On constate ainsi que malgré les années et les progrès dans la connaissance de la nutrition équine, les pratiques nutritionnelles actuelles ne semblent toujours pas conformes aux dernières recommandations alimentaires, tant pour les chevaux de loisirs que pour les chevaux de haut niveau comme l'on rapporté Roberts et Murray (2014) dans leur revue des pratiques alimentaires des propriétaires de chevaux et vétérinaires aux Etats-Unis.

2. Le manque d'exercice

Il est fréquent de constater que les chevaux de compétition sont dans la majorité des cas en bon état corporel, contrairement aux chevaux de loisirs ou inactifs. Dans l'étude de Robin *et al.* (2015) ayant établi la prévalence de l'obésité de la population équine au Royaume-Uni à 31,2 %, les chevaux de compétition ont été décrits en grande majorité comme en bonne forme physique (83,3 %) contre seulement 50 % des chevaux ne faisant pas de compétition. Le fait d'être maintenu plus en forme et de faire de l'exercice à une intensité plus élevée pourrait participer à réduire le risque d'obésité selon les auteurs (Robin *et al.*, 2015). Ainsi, plusieurs études ont cherché à mettre en évidence parmi les facteurs de risque d'obésité la présence ou non d'exercice. En effet, en plus des dépenses énergétiques pour le métabolisme de base s'ajoutent des dépenses en énergie lors de l'exercice ou pour des productions (gestation, lactation) (NRC, 2007). L'exercice demande de

l'énergie et cette demande est variable selon l'intensité et la durée de l'exercice mais également selon des facteurs extérieurs comme les conditions climatiques.

Dans l'étude menée en 2015 au Royaume-Uni par Robin *et al.* (2015), les auteurs ont cherché à mettre en évidence différents facteurs de risque d'obésité dans une population qu'ils ont tenté de rendre la plus représentative possible en sélectionnant de manière aléatoire les chevaux au sein de la clientèle de 30 cabinets vétérinaires. L'étude s'est basée sur des questionnaires envoyés aux propriétaires durant deux ans. Au total 785 chevaux ont été inclus dans l'étude, 32,2 % de poneys et 66,8 % de chevaux. L'âge moyen était de 13 ans. Dans la population étudiée, 61,6 % des chevaux étaient des chevaux de loisirs, 17,8 % des chevaux de compétition et 20,6 % n'étaient pas travaillés (jeunes pas encore au travail, à la retraite, reproducteurs ou non travaillés au moment de l'étude). On constatait dans l'étude une grande différence en quantité de travail hebdomadaire selon les catégories de chevaux. Les chevaux de compétition étaient travaillés en moyenne six heures par semaine contre trois heures par semaine pour les chevaux de loisirs, avec pour 50 % des chevaux de compétition une part du travail décrite par les propriétaires comme à haute intensité contre seulement 4,8 % des chevaux de loisirs. Les conclusions ont montré que dans la population étudiée, le risque d'obésité était plus important pour les chevaux ne faisant pas de compétition. Il existait une association significative entre le fait d'être un cheval de loisirs et la présence d'obésité OR ajusté = 2,45 (IC 95 % [1,38-4,35]). Le même constat a été fait pour les chevaux non travaillés avec un OR ajusté de 2,86 (IC 95 % [1,49-5,48]). Ainsi les chevaux de loisirs et non travaillés étaient dans l'étude plus de deux fois plus à risque d'être obèse que les chevaux de compétition (Robin *et al.*, 2015).

Cependant, il est difficile de conclure que seul l'exercice fait la différence entre ces différentes catégories de chevaux. Autour de l'exercice du cheval de compétition se cache également des modes de gestion bien différents de ceux du cheval de loisir. Dans la précédente étude il a été mis en évidence qu'une plus grande proportion de chevaux non travaillés était au pré par rapport aux chevaux de compétition (40 % vs 15,6 %), ce qui pourrait expliquer en partie l'augmentation du risque d'obésité chez les chevaux non travaillés. De plus, les chevaux de compétition sont souvent des races de sang (ou race proche du sang) contrairement aux chevaux de loisirs. L'appellation race de chevaux de sang regroupe les races de chevaux jugées comme ayant un tempérament relativement nerveux, avec des qualités athlétiques notamment de vitesse et d'endurance. En France, les principales races de chevaux de sang sont les chevaux arabes, anglo-arabes, pur-sang, autre que pur-sang (AQPS), trotteur français, selle français, etc. Dans la même étude, 61,7 % des chevaux de compétition étaient de chevaux de race de sang ou croisés. Ils étaient également plus jeunes : médiane d'âge de 10 ans contre 13 ans pour les chevaux de loisirs et 16,1 ans pour les chevaux non travaillés (Robin *et al.*, 2015). Or l'âge a également été décrit comme un facteur de risque d'obésité. Cependant une chose reste certaine, la présence d'une activité physique permet d'augmenter les dépenses énergétiques, d'autant plus si elle est intense, et semblerait également favoriser l'insulino-sensibilité.

Dans un autre article s'étant intéressé aux différents facteurs de risque de l'obésité, aucune association n'a été trouvée entre l'exercice et le risque d'obésité. Cependant la population étudiée était très différente. Elle était constituée uniquement de chevaux de loisirs vivant majoritairement au pré en troupeau d'au minimum deux individus (plus de 75 % des chevaux inclus vivaient en permanence au pré quelle que soit la saison). Le nombre de chevaux inclus était de 96. Cette étude s'appuyait également sur un questionnaire distribué aux propriétaires. Le fait que tous les chevaux soient des chevaux de loisirs avec une activité physique nulle à modérée explique sans doute cette absence d'association. Néanmoins, l'apparition d'une blessure entre l'évaluation de l'état corporel

par des experts indépendants entre la fin d'hiver et l'été a été déterminée comme un facteur de risque d'obésité dans le modèle multivariable. Pour les auteurs ce facteur de risque était difficile à interpréter car l'apparition d'une blessure pouvait être à la fois une cause et une conséquence de l'obésité. Une cause car un cheval blessé ne pourra pas faire d'exercice et sera plus à risque de développer de l'obésité en dépensant moins d'énergie. Une conséquence également car les chevaux obèses sont plus à risque de se blesser à cause de la charge pondérale exercée sur les articulations et également du fait des désordres métaboliques à l'origine de fourbure comme nous le verrons plus tard (Giles *et al.*, 2014).

La présence d'exercice est une variable difficile à étudier car elle semble souvent associée à des modes de vie différents. De plus, les études qui se sont intéressées aux facteurs de risque d'obésité reposent sur des questionnaires remplis par les propriétaires afin de connaître les données épidémiologiques mais également les modes de vie et soins apportés aux chevaux. Même si dans plusieurs études il a été rapporté que les questionnaires étaient majoritairement avec des questions fermées afin d'éviter au maximum la subjectivité des réponses, les propriétaires peuvent involontairement avoir une perception erronée de certaines données. Au même titre que l'estimation de l'état corporel de leurs chevaux, ils peuvent avoir une mauvaise appréciation de la durée et de l'intensité d'exercice demandé, à priori par surestimation comme souligné dans l'étude s'intéressant aux pratiques d'alimentation des chevaux menée en Caroline du Nord en 1994 (Honoré et Uhlinger, 1994). L'intensité semble en outre être une donnée difficile à évaluer. Elle dépend de nombreux facteurs : souplesse et élasticité du sol, poids du cavalier, technique et attitude du cavalier, qualités athlétiques du cheval et son état d'entraînement, allure et vitesse imposée, stress ... (Wolter *et al.*, 2014).

3. Le syndrome métabolique équin

Le syndrome métabolique équin (SME) est usuellement associé à l'obésité cependant des exceptions existent. Il existe peu de données épidémiologiques concernant la prévalence du SME, il semble toutefois être plus fréquent chez certaines races prédisposées telles que les races natives britanniques, les shetlands, les ânes et les chevaux miniatures. L'âge apparaît également comme un facteur de risque, les concentrations en insuline étant plus élevées chez les individus âgés. Les chevaux inactifs semblent également être plus affectés par ce syndrome (Durham *et al.*, 2019). La description d'un phénotype SME fait débat dans la communauté scientifique, la physiopathologie de ce syndrome étant encore mal comprise et difficile à étudier du fait de l'influence de facteurs physiologiques (âge, race, sexe) et environnementaux. De plus, le diagnostic du SME n'est pas toujours aisé à poser (McCue *et al.*, 2015).

a. Définition et physiopathologie

Le SME n'est pas une maladie en toute rigueur mais représente un ensemble de facteurs de risque de fourbure endocrinienne. La caractéristique centrale et constante de ce syndrome est le dérèglement du métabolisme de l'insuline (Durham *et al.*, 2019). La dysrégulation de l'insuline est définie comme toute combinaison d'hyperinsulinémie basale, d'hyperinsulinémie postprandiale et/ou de résistance tissulaire à l'insuline. Le signe clinique principal est la fourbure, cependant il est

usuellement décrit une triade de signes cliniques : adiposité, dysrégulation de l'insuline et fourbure clinique ou subclinique (Frank *et al.*, 2020).

Le développement du SME résulte d'une interaction entre des facteurs génétiques et environnementaux. Les chevaux atteints de SME sont souvent considérés comme de bons valorisateurs ou « easy keepers ». La présence de ces gènes est susceptible d'être avantageuse pour la survie à l'état sauvage pendant les périodes hivernales où l'alimentation se fait rare, en améliorant l'efficacité de l'apport alimentaire (Durham *et al.*, 2019). Ce sont des chevaux qui sont généralement reconnus pour leur capacité à prendre de l'état lorsqu'ils sont au pâturage et reçoivent une supplémentation minimale en concentrés (Lewis *et al.*, 2017). L'implication de la génétique a été suspectée assez rapidement car des régimes alimentaires riches en énergie n'entraînent pas de troubles métaboliques et de fourbure chez tous les chevaux. Les premières études ont montré l'influence d'un ou de plusieurs gènes majeurs sur la prévalence de la fourbure. Ces gènes sont exprimés de manière dominante, mais avec une pénétrance réduite attribuable à des facteurs liés au sexe, à l'âge d'apparition et à d'autres facteurs épigénétiques (Durham *et al.*, 2019). Afin de mettre en évidence ces gènes, des études d'association à l'échelle du génome ont été menées ces dernières années.

En 2017, une étude menée sur deux cohortes de chevaux arabes a permis de mettre en évidence le premier locus associé au SME. Cette étude a été réalisée à l'aide de 64 chevaux arabes ayant présenté au moins un épisode de fourbure sévère, recrutés au sein du registre du laboratoire d'endocrinologie de l'hôpital universitaire vétérinaire de l'université de Cornell aux Etats-Unis. Une partie de l'étude a consisté à comparer le génome de la population recrutée au génome de référence du cheval. Un gène candidat (FAM174A) a été identifié et séquencé. Trois marqueurs ont été utilisés dans cette région. Un allèle du gène (« FAM174A-11G ») ainsi qu'un des marqueurs ont montré une association avec l'augmentation de la concentration sanguine en insuline, l'augmentation de la concentration en triglycérides sanguins mais également l'augmentation de la note d'état corporel et de la fréquence des épisodes de fourbure. L'étude de ce gène a également confirmé son caractère dominant. Ce gène possède un rôle dans le métabolisme du cholestérol mais aucune augmentation du taux de cholestérol n'a été mise en évidence chez les chevaux porteurs de l'allèle « -11G ». D'autres études sont nécessaires pour comprendre la fonction de ce gène. La découverte de ces allèles pourrait permettre d'identifier plus précocement les chevaux à risque de développer la maladie (Lewis *et al.*, 2017).

La probabilité d'apparition du SME dépend de la pondération relative des influences génétiques et environnementales (excès d'apport calorique, exercice physique limité principalement) (McCue *et al.*, 2015). Ainsi, il existe des animaux à haut risque génétique qui développent une fourbure avec seulement des influences environnementales légères tandis que d'autres chevaux à faible risque génétique développent une fourbure en étant exposés à des environnements inappropriés. Le syndrome peut également coexister avec un dysfonctionnement de la *pars intermedia* de l'hypophyse (PPID) chez les chevaux âgés (Frank *et al.*, 2020).

b. Obésité et SME

L'obésité n'est plus considérée comme une cause unique de SME mais plutôt comme une caractéristique couramment associée qui, lorsqu'elle est présente, peut exacerber la dysrégulation de l'insuline (Durham *et al.*, 2019). L'implication de l'obésité a été envisagée en premier lieu car le

tissu adipeux est le siège de la production de nombreuses protéines dont des adipokines et des cytokines pro-inflammatoires. Les adipokines sont des protéines ayant des fonctions semblables à celles des hormones, elles exercent des effets paracrines et endocrines. Parmi les adipokines, la leptine et l'adiponectine ont été très étudiées (McCue *et al.*, 2015).

La leptine transmet au cerveau des informations indiquant la disponibilité des réserves de graisse corporelle, favorise la satiété et la réduction de la prise alimentaire lorsque le bilan énergétique est positif ou que les réserves de graisse sont abondantes (Geor et Harris, 2013a). Les chevaux obèses peuvent présenter une résistance à la leptine, se caractérisant par des concentrations en leptine dépassant celles attendues selon la quantité de graisse. De plus, les concentrations accrues de leptine sont en corrélation avec l'hyperinsulinémie chez les poneys. L'adiponectine sert de médiateur afin d'améliorer la sensibilité à l'insuline et contribue à la réduction de l'inflammation. Sa concentration est inversement proportionnelle à la masse grasse et à l'insulino-résistance (Durham *et al.*, 2019).

Les effets des cytokines pro-inflammatoires sécrétées par le tissu adipeux sont encore en discussion. Il semble y avoir des différences selon les sites de dépôt adipeux et une variabilité inter-individuelle. Aucune étude n'a pu objectiver une association entre l'inflammation et l'obésité ou la dysrégulation de l'insuline (Durham *et al.*, 2019). L'hypothèse selon laquelle l'obésité provoque un dérèglement progressif de la fonction du tissu adipeux avec une signalisation pro inflammatoire marquée, conduisant au développement d'une réponse inflammatoire systémique puis de l'insulino-résistance et d'autres anomalies métaboliques n'a pas été objectivée (McCue *et al.*, 2015).

Le lien entre obésité et SME est complexe. Ces deux situations sont fréquemment associées car le SME se retrouve davantage sur des chevaux à la génétique « easy keepers », qui sont également plus à risque de développer de l'obésité du fait de leur capacité à valoriser leurs apports alimentaires. Il est important de retenir qu'il est possible pour les équidés de présenter un SME en association avec un phénotype maigre ou d'avoir des dépôts de graisse excessifs sans qu'il y ait présence simultanée de dysrégulation de l'insuline ou de SME. Il est donc essentiel de démontrer la présence d'une perturbation du métabolisme de l'insuline chez un animal en surpoids avant de poser un diagnostic de SME (Durham *et al.*, 2019).

4. Autres causes intrinsèques

De nombreux facteurs de risque de l'obésité chez le cheval ont été étudiés et mis en évidence. Parmi ces facteurs, on trouve des facteurs intrinsèques tels que l'âge et la race.

- L'âge :

Dans les études menées pour identifier des facteurs de risque d'obésité basées sur des questionnaires distribués aux propriétaires, l'âge a été identifié à plusieurs reprises comme un facteur de risque. Dans l'étude menée en 2006 en Virginie auprès de 300 chevaux recrutés dans la clientèle du service d'itinérance de l'Université Vétérinaire Virginie-Maryland, les chevaux âgés de neuf à 12 ans avaient une note d'état corporel deux fois plus élevée que les chevaux de quatre à huit ans (OR = 2,30 (IC 95 % [1,26; 4,20]) (Thatcher *et al.*, 2012). Il est à noter que dans cette étude, afin de réduire la variabilité induite par le type d'équidé, l'âge, les statuts physiologiques particuliers ; les poneys, chevaux miniatures, chevaux de trait, les juments en lactation ou gestantes et les chevaux de moins de quatre ans ou de plus de 20 ans étaient exclus de l'étude.

Dans une autre étude menée de façon similaire au Royaume-Uni, ayant inclus 785 chevaux avec une moyenne d'âge de 13 ans, une plus grande proportion d'individus âgés entre cinq et 20 ans ont été notés comme obèses (33,8 %) par rapport à ceux de moins de cinq ans (19,7 %) ou de plus de 20 ans (24,8 %). Les analyses statistiques menées à partir de ces données ont mis en évidence une association plus faible entre l'âge et l'obésité pour les chevaux de moins de cinq ans par rapport aux chevaux âgés de cinq à 20 ans. Concernant les chevaux de plus de 20 ans, aucune association significative n'a été mise en évidence (Robin *et al.*, 2015). Une hypothèse pouvant expliquer que les jeunes chevaux soient moins à risque d'obésité pourrait être le fait qu'ils ont des dépenses énergétiques supérieures. D'une part liée à la croissance, qui est une dépense énergétique de production additionnée au besoin d'entretien (Wolter *et al.*, 2014), mais également liée à l'activité physique. Dans l'étude citée précédemment les chevaux de compétition étaient significativement plus jeunes (médiane d'âge de 10 ans) que ceux utilisés pour l'équitation de loisir (médiane d'âge de 13 ans) ou les animaux non montés (médiane d'âge de 16,1 ans) (Robin *et al.*, 2015).

- La race :

La race apparaît comme un facteur de risque majeur. Dans les différentes études citées précédemment, les races de poneys et de chevaux endémiques/natives sont les plus prédisposées. Dans l'étude menée en Virginie en 2006, les races endémiques américaines (rocky mountain horse, tennessee walking horse, quarter horse, warmblood et croisés) présentaient une note d'état corporel moyenne plus élevée que celle des chevaux de course (Thatcher *et al.*, 2012). Dans une autre étude s'étant intéressée aux facteurs de risque d'obésité des chevaux de loisirs vivants majoritairement en extérieur, menée en 2011 au Royaume-Uni et ayant réunie 96 chevaux appartenant à 26 troupeaux, il existait une association significative entre les races cob et le fait d'être obèse (OR ajusté = 13,6 (IC 95 % [2,08-88,93]) (Giles *et al.*, 2014). Cependant dans cette étude le nombre de chevaux de chaque race était faible, il n'y avait que 12 individus de type cob dont huit avec une note d'état corporel supérieure à 7/9, rendant la précision de l'OR très faible.

Dans l'étude menée au Royaume-Uni sur 785 chevaux, précédemment citée, il existait une association significative entre les races welsh (OR ajusté = 3,47 (IC 95 % [1,94-6,20]), les races natives britanniques (OR ajusté = 3,15 (IC 95 % [1,72-5,74]), les races de trait (OR ajusté = 7,32 (IC 95 % [3,14-17,07]), les cobs (OR ajusté = 5,75 (IC 95 % [2,58-12,82]), les islandais, les quarter horse et les chevaux croisés avec des races hispaniques ou avec des halflingers (OR ajusté = 2,36 (IC 95 % [1,15-4,86]) et le fait d'être obèse. De plus, une plus grande proportion de poneys que de chevaux ont été notés comme obèses, 41,4 % pour les poneys contre 26,1 % pour les chevaux. Les auteurs ont souligné le fait que la plupart des races indigènes du Royaume-Uni sont des poneys, adaptés pour prospérer dans des environnements où les pâturages sont rares et de mauvaise qualité (Robin *et al.*, 2015). Comme nous l'avons vu précédemment avec la génétique des chevaux « easy keepers », les races originaires de régions difficiles, avec un apport alimentaire restreint une partie de l'année et des conditions climatiques rudes, peuvent être génétiquement mieux adaptées pour survivre dans ces conditions. Ce génotype dit « économe », augmente leur risque d'obésité lorsque ces individus sont maintenus dans un environnement où des aliments de qualité sont disponibles de manière constante tout au long de l'année (Geor et Harris, 2013a ; Giles *et al.*, 2014 ; Robin *et al.*, 2015). Afin d'étudier ce phénomène, indépendamment de la race, les auteurs ont analysé un facteur de risque intitulé « facilité à maintenir le poids », en s'appuyant sur l'appréciation donnée par les propriétaires de la facilité de leur cheval à maintenir son poids au cours de l'année. Les résultats montraient qu'il existait une association significative entre la facilité à maintenir le poids (OR ajusté = 3,68 (IC 95 % [2,56-5,30]) et le fait d'être obèse, indépendamment de la race, dans la

population étudiée (Robin *et al.*, 2015). Cette observation repose sur une appréciation subjective de la part des propriétaires, néanmoins elle réunit un grand nombre de réponses et est corrélée aux observations pouvant être faites sur le terrain.

Une étude menée sur des chevaux islandais, élevés en race pure depuis plus de 1000 ans, a comparé la digestibilité des fourrages par rapport à des chevaux de selle. En Suède, les chevaux islandais sont considérés comme porteurs de caractéristiques spéciales et adaptées à une alimentation pauvre et très fibreuse. Deux groupes de hongres, trois islandais et trois chevaux de selle ont été soumis pendant 24 jours à un régime alimentaire à base d'ensilage. Deux expériences ont été menées avec deux groupes de chevaux différents pour chacune des deux races. Une transition alimentaire de quatre jours était réalisée avant de commencer l'expérience. Les chevaux étaient gardés dans des boxes individuels et sortis 15 minutes (min) par jour. Afin d'estimer la digestibilité, l'ensemble des crottins ont été ramassés lors de deux périodes de trois jours consécutifs entre le 15-17ème et le 22-24ème jours de l'expérience. Les reliquats d'ensilage ont également été collectés et analysés lors de la même période. Des prélèvements sanguins ainsi que des mesures de l'état corporel lors du premier et du dernier jour de chaque expérience ont été réalisés. Les résultats ont montré qu'il n'y avait pas de différence de digestibilité de l'énergie, des protéines brutes et des fibres entre les races. Une différence de digestibilité de la matière organique a été constatée pour le premier type d'ensilage, les chevaux de selle avaient un meilleur coefficient de digestibilité, cependant cela ne s'est pas confirmé lors de la deuxième expérience avec le deuxième ensilage. Néanmoins, les chevaux islandais présentaient un bilan énergétique positif, objectivé par une augmentation de la masse corporelle avec les deux types d'ensilages. Les chevaux de selle n'ont en revanche pas réussi à maintenir leur poids. D'après les auteurs, les chevaux de selle semblent avoir des besoins énergétiques plus élevés. D'une part en lien avec une activité volontaire moyenne plus élevée et d'autre part à un besoin d'entretien plus important en raison d'une composition des tissus corporels plus exigeante en énergie car ils ont plus de muscles et moins de graisse. Un taux métabolique plus élevé chez les chevaux de selle pourrait également être confirmé par la tendance à des niveaux de cortisol plus élevés chez ce type de chevaux (Ragnarsson et Jansson, 2011). Cette étude conforte les observations selon lesquelles les chevaux natifs valorisent mieux leur alimentation, par rapport aux chevaux de sport, et sont plus à risque de faire face à un excès d'énergie apporté par leur ration et de prendre ainsi de l'état.

Le facteur de risque race, étroitement lié à la génétique, influence les besoins énergétiques d'entretien et met en exergue le phénomène de chevaux bon valorisateurs. Associé à la race, on observe aussi des modes de gestion différents selon les races qui peuvent accentuer la prédisposition à l'obésité. Au sein des 96 chevaux de loisirs vivants majoritairement en extérieur, recrutés en 2011, 64 % d'entre-eux n'étaient pas travaillés durant l'hiver et 68 % durant l'été. Le pourcentage de poneys n'étant pas soumis à de l'exercice était plus important que celui des chevaux (72 % des poneys contre 61 % des chevaux), suggérant le fait que les poneys sont plus fréquemment utilisés pour de la compagnie et moins travaillés que les chevaux. Néanmoins dans cette étude comportant peu d'individus (46 chevaux et 50 poneys), le pourcentage de poneys obèses était similaire à celui des chevaux (RR = 1,06 [0,67-1,67] en hiver, RR = 1,07 [0,70-1,64] en été) (Giles *et al.*, 2014).

- Le sexe :

Le sexe n'a pour le moment pas été identifié comme un facteur de risque d'obésité chez le cheval (Robin *et al.*, 2015 ; Thatcher *et al.*, 2012).

L'identification de facteurs de risque d'obésité chez le cheval nécessite encore des recherches approfondies, très peu d'études ayant été menées sur le sujet jusqu'à présent. De plus, les causes d'obésité sont multifactorielles, avec l'implication de facteurs génétiques et environnementaux, en particulier la suralimentation combinée à une activité physique minimale (Geor et Harris, 2013a). Malgré les modèles de régression statistique, il est toujours difficile d'étudier l'influence d'un critère en occultant complètement l'influence d'autres potentiels facteurs de risque ou facteurs environnementaux sur ce premier critère.

En résumé, l'obésité apparaît lorsqu'il y a un déséquilibre entre les apports et les besoins. Les causes à l'origine de ce déséquilibre sont nombreuses et multifactorielles. Le principal facteur semble être la suralimentation. D'autres facteurs métaboliques, intrinsèques et le manque d'activité physique semblent également impliqués.

- La suralimentation est une pratique très courante qui peut survenir dans plusieurs types de situations : lors de surestimation des besoins en énergie, en cas de consommation volontaire excessive par rapports aux besoins, lors de sous-estimation de la quantité et/ou de la qualité énergétique des aliments distribués.
- La race est également un facteur de risque majeur. Un effet d'accumulation est observé pour les races natives de poneys et chevaux qui présentent des adaptations évolutives notamment métaboliques afin de survivre aux hivers rigoureux. Ces individus sont décrits comme de « bons valorisateurs ». Dans les conditions domestiques actuelles, leur prise de poids est favorisée au printemps et durant l'été et la perte de poids naturelle en hiver est réduite voire empêchée.
- Le syndrome métabolique équin est couramment associé à l'obésité sans pour autant en être une cause primaire. Il représente un ensemble de facteurs de risque de fourbure endocrinienne et sa caractéristique centrale et constante est le dérèglement du métabolisme de l'insuline. Son développement résulte d'une interaction entre des facteurs génétiques et environnementaux.
- L'âge et le manque d'exercice sont des facteurs de risque ayant été décrits mais les publications sont encore trop peu nombreuses pour affirmer leur lien de cause à effet. D'autant plus que l'âge et l'activité physique sont souvent associé à d'autres facteurs environnementaux ou de gestion qui rendent leur étude d'autant plus compliquée.

Troisième partie : Les conséquences du surpoids

Le lien entre l'obésité et de nombreuses maladies chroniques n'est plus à prouver en médecine humaine. Les personnes en situation d'obésité présentent un risque plus élevé de développer des maladies métaboliques telles que le diabète de type II, des maladies cardiovasculaires, des cancers ou des problèmes d'arthrose. Chez les animaux de compagnie, pour lesquels la prévalence de l'obésité ne cesse d'augmenter, des études se sont intéressées aux conséquences du surpoids. Celles-ci sont équivalentes à celles retrouvées chez l'Homme : arthrose, diabète particulièrement chez le chat, hypertension ... (Association for Pet Obesity Prevention, 2022). Les études s'accordent quant au fait que l'obésité réduit l'espérance de vie chez le chien. Dans le chapitre consacré à l'obésité du livre de Raymond Geor et Patricia Harris, les auteurs prennent l'exemple de deux études menées chez le chien qui rapportent pour l'une un risque accru de morbidité chez les chiens même modérément en surpoids et pour l'autre une réduction de la durée de vie moyenne entre des chiens obèses et des chiens maigres (Geor et Harris, 2013a). Chez le cheval, les publications s'intéressant aux conséquences de l'obésité se multiplient à leur tour. On constate des conséquences variées, affectant notamment le système endocrinien et métabolique et le système locomoteur. D'autres effets sont supposés comme une altération de la thermorégulation, une intolérance à l'exercice et le développement de lipomes bénins dans le tissu adipeux mésentérique avec un risque accru de coliques dues à la strangulation de l'intestin grêle (Geor et Harris, 2013a).

1. Impact sur le système myo-artro squelettique

La principale conséquence de l'obésité sur le système locomoteur est la fourbure. Cette affection est largement connue pour son aspect douloureux et invalidant. L'implication de l'obésité dans le mécanisme de la fourbure est largement suspectée. Cependant, il n'est pas encore établi si l'obésité est un facteur primaire augmentant directement le risque et la gravité de la fourbure, ou si son effet est indirect via d'autres facteurs associés à l'obésité tels que l'insulinorésistance et l'état inflammatoire chronique. De plus en plus de publications supposent que l'obésité chez le cheval provoque un état inflammatoire chronique, qui est observé chez l'Homme. Une surproduction d'adipokines inflammatoires et de cytokines chez les chevaux obèses, qui sera développée dans la partie 3.3, pourrait contribuer au développement de maladies articulaires dégénératives. Chez le poulain, l'obésité juvénile favorise également l'apparition de maladies ostéo-articulaires invalidantes. La surcharge pondérale favorise en effet la survenue d'affections ostéo-articulaires juvéniles en augmentant les contraintes sur le squelette et les articulations en développement (Wolter *et al.*, 2014).

a. La fourbure

La fourbure correspond à un désengrènement de l'imbrication des lamelles du podophylle et du kératophylle, qui constituent le système de soutien et d'attache de la troisième phalange dans le pied. Lorsque cette dissociation se produit, la troisième phalange peut rapidement descendre dans

le pied sous l'effet du poids mais également subir un mouvement de rotation du fait de l'action exercée par le tendon fléchisseur profond du doigt lors de la locomotion (Depecker, 2023). Cette affection entraîne divers degrés de douleur et de boiterie qui peuvent dans certains cas graves nécessiter une euthanasie pour des raisons humanitaires (Geor et Harris, 2013b).

Définie comme une affection pouvant avoir des causes différentes, Raymond Geor et Patricia Harris proposent une vision intéressante de la fourbure. La fourbure peut être considérée comme un syndrome plutôt que comme une entité pathologique unique car il existe de multiples causes prédisposantes et éventuellement plusieurs voies physiopathologiques (Geor et Harris, 2013b). Les auteurs ont classé en quatre grandes catégories les multiples causes de fourbure : associée à un sepsis ou à une inflammation systémique, de cause endocrinienne ou métabolique, par surcharge mécanique ou suite à l'administration de glucocorticoïdes. L'obésité semble prédisposer à l'apparition de fourbure dans deux cas de figure : par surcharge pondérale ou associée au pâturage (Geor et Harris, 2013b).

De nombreux cas de fourbure associée au pâturage ont été rapportés au cours des vingt dernières années. Ces cas seraient déclenchés par une surcharge en sucres non structuraux rapidement fermentables dans l'intestin grêle. Cependant, seule une partie des chevaux exposés à ces conditions développent une fourbure. D'après des études récentes, les chevaux résistants à l'insuline présenteraient un risque accru de fourbure associée au pâturage. Une de ces études menées entre 2006 et 2007 aux Etats-Unis s'est intéressée aux variables cliniques et biologiques pouvant permettre de prédire des épisodes de fourbure associée au pâturage. Les chevaux recrutés étaient des juments âgées de plus de trois ans de races de poneys. Selon leur historique elles étaient classées en deux groupes, ayant ou n'ayant jamais présenté d'épisode de fourbure. Les juments ont été évaluées en mars 2006 puis 2007 et suivies par leurs propriétaires qui devaient informer les auteurs si une jument déclarait un épisode de fourbure associé au pâturage durant le printemps et le début de l'été suivant la visite. Un des investigateurs se rendait alors sur place pour confirmer l'épisode de fourbure avec un examen physique et locomoteur. Au cours des deux évaluations, des concentrations élevées en insuline faisaient partie des variables qui étaient associées à un épisode de fourbure aiguë (Carter *et al.*, 2009). L'alimentation pourrait ainsi provoquer des épisodes de fourbure en ayant un effet sur la dynamique de l'insuline, en particulier chez les chevaux résistants à l'insuline. La plupart des chevaux présentant une résistance à l'insuline sont obèses, cependant tous les chevaux obèses ne sont pas insulino-résistants et inversement (Geor et Harris, 2013b).

b. Impact sur les articulations

L'augmentation de la charge supportée par les pieds lors d'obésité est aussi un facteur de risque de développement de fourbure. L'augmentation du poids exerce des contraintes mécaniques plus importantes sur les articulations. A ce titre, un article datant de 2002, faisant une synthèse de toutes les mesures de gestion de l'arthrose, rapportait que pour soulager les articulations arthrosiques il était important de maintenir le cheval à un niveau d'état corporel normal ou légèrement inférieur afin de minimiser les contraintes mécaniques (Malone, 2002).

Le lien entre l'obésité et les maladies articulaires dégénératives n'a pas encore été prouvé chez le cheval, contrairement à l'Homme pour lequel l'obésité est considérée comme l'un des principaux facteurs de risque de développement d'arthrose. Une étude s'est intéressée au lien entre la graisse corporelle, le niveau d'activité et les biomarqueurs inflammatoires articulaires systémiques et locaux. Pour cela, 54 chevaux ont été recrutés sur la base du volontariat de leur propriétaire, dans

différentes écuries privées dans le sud de l'Ontario (Canada). La majorité des chevaux étaient des pur-sang, des chevaux canadiens et des chevaux de selle de type quarter horse. La note d'état corporel ainsi que le degré de boiterie ont été évalués par deux experts indépendants à l'étude. Les auteurs ont utilisé deux biomarqueurs couramment utilisés afin de mettre en évidence l'inflammation articulaire et/ou l'arthrose chez le cheval : la prostaglandine E2 et les glycosaminoglycanes. Ces deux marqueurs ont été dosés dans le sang mais également dans le liquide synovial, prélevé de manière aseptique au niveau de l'articulation intercarpale de l'antérieur gauche des chevaux. La note d'état corporel était associée positivement avec la concentration plasmatique en prostaglandine E2 mais également avec le niveau d'activité. Le niveau d'activité et l'entraînement des individus joue sur la production de prostaglandine E2 selon de précédentes études. D'une part, l'exercice à haute intensité augmente sa production et d'autre part des individus entraînés semblent produire plus de prostaglandine E2 que des individus non entraînés. La fonction précise de cette prostaglandine n'est pas connue pour le moment mais elle semble contribuer à la récupération, de plus il n'y a pas encore de valeurs seuils définies. Ainsi, l'association entre la note d'état corporel, la concentration plasmatique de prostaglandine E2 et le niveau d'exercice questionne car on pouvait supposer que les chevaux avec une NEC plus élevée étaient moins soumis à de l'exercice. En effet, l'obésité touche majoritairement les chevaux de loisirs. Une hypothèse des auteurs était que les chevaux de loisirs qui reçoivent plus d'attention de leur propriétaire sont peut-être plus sortis mais aussi plus nourris d'où cette association. Aucune différence entre les concentrations des marqueurs dans les articulations entre les chevaux notés comme obèses et les autres n'a été mise en évidence. Cela ne permet donc pas de conclure pour le moment à une influence directe de l'obésité sur l'inflammation articulaire, d'autant plus chez le cheval en surpoids à l'exercice (Pearson *et al.*, 2018).

Dans cette étude, une association a également été observée entre la quantité de graisse mesurée par l'impédance bioélectrique multifréquence et le degré de boiterie. Cependant les auteurs n'ont pas pu déterminer l'ordre de causalité pouvant expliquer cette association. En effet, l'apparition d'une boiterie peut provoquer la mise au repos du cheval avec de ce fait une augmentation du stockage des graisses par moindre dépense énergétique si le régime alimentaire n'a pas été adapté. Mais, l'augmentation de la graisse corporelle pourrait aussi contribuer à l'apparition de la boiterie, ayant entraîné une mise au repos et une aggravation du stockage des graisses (Pearson *et al.*, 2018). Il est toujours difficile de déterminer les causalités dans des études rétrospectives dans lesquelles les individus n'ont pas tous été soumis aux mêmes facteurs et pour lesquels l'antériorité entre l'exposition et la maladie étudiée est toujours difficile à prouver. L'association entre l'obésité et l'inflammation articulaire doit faire l'objet d'autres recherches afin de mettre en évidence une éventuelle association.

2. Impact sur le système digestif

Les chevaux obèses, a fortiori les poneys, sont connus pour être à risque d'un type particulier de colique par étranglement de l'intestin grêle, le lipome pédonculé. Etant donné la nature du lipome, le fait d'être obèse a rapidement été suspecté comme étant un facteur de risque de ce type d'affection.

a. Le lipome pédonculé

Les lipomes abdominaux sont des tumeurs bénignes de croissance hyperplasique qui proviennent du tissu adipeux qui s'est déposé sur le mésentère. Leur développement se fait le plus fréquemment au niveau de l'intestin grêle. Ils peuvent se présenter sous la forme d'une tumeur solitaire ou multiple, à base large ou pédiculée (Souza *et al.*, 2020). Lors de leur croissance, leur poids étire le mésentère ce qui forme un pédicule attachant le lipome au mésentère (Gandini *et al.*, 2022). Les lipomes peuvent devenir pathologiques en formant une boucle autour d'une ou plusieurs portions intestinales, provoquant l'étranglement à la fois de la lumière intestinale et de la vascularisation (Souza *et al.*, 2020). Ceci donne lieu à des coliques très douloureuses qui ne peuvent être résolues que par traitement chirurgical.

Etant donné que le développement de ces tumeurs se fait à partir du tissu adipeux, la prédisposition de ce type d'affection aux chevaux obèses a été étudiée. Une étude rétrospective portant sur 75 cas de lipomes pédonculés, tirés des 950 cas de coliques chirurgicales référées au Royal Veterinary College de Londres ou à l'hôpital équin de l'université de Liverpool entre 1972 et 1991, a permis de donner une tendance du type de cheval affecté. Les distributions d'âge, de race et de sexe des 75 cas étudiés ont été comparées à une population de 75 cas de coliques non liée à un lipome pédonculé, extraite des dossiers d'admission de l'hôpital équin de l'université de Liverpool pour 1990 et 1991. Il existait une association significative entre le fait d'être un poney (taille inférieure à 150 cm) et le fait d'avoir été opéré pour une colique due à un lipome pédonculé (OR = 3,75, IC95% [1,77-7,93]). Il existait également une association significative entre le fait d'être un hongre et d'avoir été opéré pour une colique due à un lipome pédonculé (OR = 2,32, IC95% [1,16-4,75]). La moyenne d'âge des chevaux touchés dans l'étude était de 17,6 ans, ce qui semble montrer une prédisposition des chevaux âgés. Les auteurs soulignaient que l'estimation de la distribution des âges de l'étude était probablement biaisée car la population hospitalière de cas de coliques chirurgicales tendait en faveur d'animaux plus jeunes, probablement du fait de considérations économiques (Edwards et Proudman, 1994).

Pour investiguer le fait que la graisse mésentérique puisse prédisposer les chevaux au développement de lipomes mésentériques, une étude menée en 2014 a comparé la présence de lipomes mésentériques et de lésions hypophysaires, observés par dissection après euthanasie, entre une population de onze chevaux insulino-résistants et une population contrôle de dix-neuf chevaux sains. Les chevaux insulino-résistants recrutés faisaient partie d'un troupeau de recherche existant à l'université du Tennessee. Leur insulino-résistance a été diagnostiquée à l'aide d'un dosage de l'insuline basale ($> 20 \mu\text{U/mL}$). L'ensemble des chevaux ont été soumis à un test dynamique, une perfusion de dextrose 20% à 150 mg/kg avec bolus d'insuline IV au bout de 20min. Les concentrations de glucose et d'insuline ont été mesurées à intervalles rapprochées pendant toute la durée du test. Les résultats ont montré qu'un nombre significativement plus élevé de chevaux insulino-résistants présentaient des lipomes (100 % des chevaux insulino-résistants contre 58 % des chevaux du groupe contrôle, $p = 0,014$). De plus, les chevaux du groupe insulino-résistant avaient une surface de répartition des lipomes significativement plus importante que celle du groupe contrôle ($p = 0,0332$). L'étude n'a pas permis en revanche de mettre en évidence une association entre le score de condition corporelle et la présence ou la surface de répartition des lipomes (Newkirk *et al.*, 2014). Même s'il n'y a toujours pas à l'heure actuelle de preuve d'une association entre l'obésité et les lipomes pédonculés, plusieurs études ont observé que cette affection est plus fréquente chez les chevaux avec des problèmes métaboliques (Souza *et al.*, 2020).

b. Impact sur le microbiote intestinal

Les chevaux sont des herbivores monogastriques qui s'appuient sur leur microbiote intestinal pour décomposer les glucides végétaux complexes par fermentation et produire des acides gras volatils (AGV) qui sont utilisés comme principale source d'énergie (Hesta et Costa, 2021). Le microbiote gastro-intestinal correspond aux diverses communautés de micro-organismes qui peuplent le tube digestif des mammifères (Morrison *et al.*, 2018). Le régime alimentaire est l'un des principaux facteurs influençant le microbiote intestinal, d'autres facteurs interviennent tels que l'âge, l'environnement, le niveau d'activité physique et les variations individuelles. Le microbiote intestinal interagit constamment avec l'hôte et influence fortement son homéostasie. D'après les études menées sur d'autres espèces, il joue un rôle majeur dans la physiopathologie de nombreuses affections, telles que l'obésité, le diabète, les maladies à médiation immunitaire ou les anomalies comportementales (Hesta et Costa, 2021). La composition des principaux phyla du microbiote des chevaux est dominée par les Firmicutes, Bacteroidetes, puis les phyla moins dominants de Spirochaetes et Fibrobacteres (Hesta et Costa, 2021 ; Langner *et al.*, 2020 ; Walshe *et al.*, 2021).

Les études menées chez les souris ont conduit à suspecter fortement l'influence du microbiote dans le développement de l'obésité. Les souris obèses ont un microbiote moins diversifié que les souris d'état corporel normal, avec une augmentation relative du phylum des Firmicutes et une diminution relative du phylum des Bacteroidetes. Les études avec des souris dépourvues de leur microbiote ont montré que ces animaux avaient moins de chances de prendre du poids que les souris dont l'intestin était colonisé par leur microbiote naturel. De plus, des souris sans germe dont l'intestin ont été artificiellement colonisées par un microbiote dominé par les Firmicutes, prélevé sur des souris en surpoids, ont pris plus de poids que les souris dont l'intestin était colonisé par un microbiote de souris de type sauvage. Des observations similaires ont été faites sur des souris obèses avec un microbiote dominé par les Firmicutes qui avaient une capacité accrue de récolte d'énergie par rapport aux souris maigres avec un microbiote dominé par les Bacteroidetes. Ces résultats vont dans le sens d'une influence du microbiote sur les capacités digestives et une influence sur la prise de poids (Langner *et al.*, 2020).

- Etude de l'influence de l'obésité sur la richesse du microbiote intestinal :

Plusieurs études ont été menées ces dernières années sur les chevaux afin d'étudier l'influence de l'âge, de l'état corporel ou du régime alimentaire sur le microbiote. Comme chez l'Homme, l'hypothèse de l'influence de l'obésité sur le microbiote fécal était une réduction de sa diversité. En 2018, deux études se sont intéressées à l'association entre le microbiote fécal et le phénotype de l'hôte (âge, adiposité, dysrégulation de l'insuline). Ces deux études ont conclu à une augmentation de la diversité du microbiote fécal chez les individus obèses mais les variations de la quantité relative des phyla se sont révélées différentes. L'étude de Biddle *et al.* (2018) a été réalisée sur 78 chevaux appartenant à des troupeaux d'Université aux Etats-Unis ou à des propriétaires de 5 écuries différentes. Des prélèvements intra-rectaux de crottins ont été réalisés entre janvier et avril ainsi qu'une prise de sang pour doser les paramètres suivants : ACTH, cortisol, insuline, leptine, glucose, triglycérides. Les chevaux ont été groupés selon leur régime alimentaire (pâturage, foin ou foin et concentrés) et selon leur âge (un groupe d'individus ≤ 10 ans et un groupe d'individus > 10 ans). La note d'état corporel a été attribuée par trois experts indépendants à l'étude. Les chevaux avec une NEC de 6/9 ou plus étaient considérés comme obèses, en bon état corporel pour des notes entre 6-6,5, ce qui peut déjà être considéré comme en surpoids et fins entre 1 et 5,5. Les chevaux avec des notes différentes selon la région du corps étaient exclus pour éviter un possible

cheval avec un SME. Les auteurs ont constaté une plus grande diversité phylogénétique et une plus grande richesse de bactéries dans les microbiotes intestinaux des chevaux obèses, avec une diminution relative du phylum Bacteroidetes et une augmentation des Firmicutes par rapport aux chevaux normaux et fins. De plus, les microbiotes intestinaux des chevaux obèses se sont révélés enrichis en six taxons bactériens associés aux triglycérides, alors que le groupe des chevaux maigres n'était corrélé positivement avec aucun de ces taxons. Ceci semblait indiquer une différence de communauté selon la note d'état corporel (Biddle *et al.*, 2018).

L'étude de Morrison *et al.* (2018) s'est portée sur un échantillon de poney de même race, de même sexe et dans une région donnée afin de réduire les facteurs de variations sur le microbiote. L'échantillon était constitué de 35 juments welsh situées à 30 km autour de l'Université de Liverpool. Elles ont été suivies durant trente semaines entre mars et décembre durant deux années consécutives. Ces trente semaines ont été divisées en six périodes de cinq semaines pendant lesquelles les juments étaient toutes logées au même endroit et nourries avec le même foin à hauteur de la consommation volontaire (soit en matière sèche à hauteur de 2 % du poids corporel). Selon l'âge et la note d'état corporel, les juments ont été réparties dans 3 groupes : groupe contrôle si NEC entre 4,5 et 6/9, obèses si NEC supérieure ou égale à 7/9 et âgées si âge supérieur ou égal à 19 ans. Dans les deux autres groupes, l'âge maximal était de 15 ans. Les échantillons de fèces étaient récupérés pendant 3 jours consécutifs, à raison d'un par jour dans la matinée, durant la quatrième semaine. Les résultats ont montré que le microbiote fécal des animaux obèses était significativement plus diversifié en termes d'espèces bactériennes par rapport aux animaux âgés et aux animaux témoins (indice de Shannon ; $p = 0,02$). Contrairement à l'étude de Biddle *et al.* (2018), le phylum le plus abondant du microbiote fécal des trois groupes était le phylum Bacteroidetes. Le phylum Fibrobacter était en quantité relative plus élevée chez les individus contrôle que chez les individus obèses ou âgés. Ce phylum est associé à la digestibilité des fibres alimentaires, cependant il n'y avait pas de différence dans la concentration fécale des acides gras volatiles entre les trois groupes pouvant témoigner au quel cas d'une différence de digestibilité. Néanmoins, le pH fécal du groupe contrôle était plus bas que celui des deux autres groupes pouvant faire suspecter une meilleure production ou absorption des acides gras volatiles dans le côlon mais d'autres études sont nécessaires pour confirmer la relation entre le métabolisme bactérien et l'impact sur la production et/ou l'absorption d'acides gras volatiles (Morrison *et al.*, 2018).

Un point intéressant de cette étude portait sur les individus obèses âgés. En effet, avec la division des groupes, les auteurs s'attendaient à avoir des individus obèses dans le groupe des individus âgés. C'était effectivement le cas mais les individus âgés obèses avaient une NEC moindre que celle des individus de moins de 10 ans du groupe obèse. Cependant, cela a permis de constater que les résultats de variabilité du microbiote fécal de ces individus se rapprochaient de ceux du groupe des juments obèses et moins de ceux des juments âgées (obèses et non obèses). Les auteurs en ont conclu que pour les poneys au moins, les impacts de la teneur en graisse corporelle sur la composition du microbiote fécal étaient plus importants que ceux de l'âge (Morrison *et al.*, 2018). Cependant, l'effectif de l'étude était restreint et ne permet pas d'étendre ces conclusions à la population équine en général.

- Effet de la perte de poids sur la richesse du microbiote intestinal :

En 2021, une autre étude s'est intéressée aux conséquences d'une restriction des apports alimentaires et de l'exercice sur le microbiote intestinal. Pour cela, 14 chevaux ayant une NEC d'au minimum 6/9 ont été répartis aléatoirement entre un groupe contrôle et un groupe test. L'étude s'est déroulée durant six semaines. Le groupe contrôle a été nourri à hauteur de 2% de leur poids corporel

durant toute l'étude et ont été marchés au marcheur 5 jours par semaine durant le même temps que les chevaux du groupe test. Les chevaux du groupe test ont été restreints à un régime alimentaire à hauteur de 1,4 % de leur poids corporel et ont suivi un programme d'exercice alternant pas et trot 5 jours par semaine. L'intensité de l'exercice a été déterminée par observation et les augmentations du programme d'exercice ont été faites en fonction de l'amélioration de la condition physique et de la tolérance à l'exercice des chevaux. Ils étaient logés dans des boxes individuels, sortis 25 minutes par jour dans des paddocks en sable. Ils étaient pesés chaque semaine afin de suivre l'évolution du poids et d'adapter la quantité de foin distribuée pour respecter le pourcentage du poids corporel. Afin d'étudier la composition du microbiote, des fèces ont été prélevées durant la 1^{ère}, la 3^{ème} et la 6^{ème} semaine de l'étude selon un protocole standardisé et répété à chaque fois. Des analyses PCR ainsi que de la spectrophotométrie pour analyser le métabolome ont été réalisées (Walshe *et al.*, 2021). Le métabolome correspond aux métabolites fécaux qui reflètent le résultat net de l'ingestion, de la digestion et de l'absorption des nutriments par les bactéries intestinales et le tractus gastro-intestinal de l'hôte (Coleman *et al.*, 2019). La composition des principaux phyla trouvés dans les fèces dans cette étude est cohérente avec d'autres études, dominée par les Firmicutes, Bacteroidetes, puis les phyla moins dominants de Spirochaetes et Fibrobacteres. Contrairement aux études précédentes, malgré la perte de poids significative du groupe test, aucune différence significative au niveau du microbiote ou du métabolome n'ont été observées entre groupe traité et le groupe témoin à tous les stades de l'étude. Pour expliquer ce résultat, les auteurs soulignent le fait que la cohorte de chevaux étudiés soit un mélange de sexe, de race, de taille et de lieu d'origine. Malgré le fait qu'il y ait eu une période d'acclimatation, tous ces facteurs peuvent affecter le microbiote fécal. De plus, la taille de l'échantillon était faible et la durée d'étude courte (Walshe *et al.*, 2021).

L'étude menée par Langner *et al.*, (2020) s'est intéressée aux conséquences d'un gain de poids sur le microbiote fécal et les produits de fermentation entre des chevaux et des poneys au cours d'un programme de gain de poids de 2 ans. Cette étude s'est inscrite dans un projet plus large pour investiguer des différences métaboliques entre les chevaux et les poneys. Les chevaux recrutés appartenaient à l'université de Leipzig dans laquelle l'étude a été menée. La cohorte était constituée de 10 chevaux de sang et 10 poneys shetlands. Les chevaux ont été logés en box sur paille, sortis 5h par jour sur un paddock en sable, et nourris à hauteur de 180 % puis 200 % de leur besoin énergétique durant deux ans. Pour cela, l'énergie était apportée à 70 % par le foin et à 30 % par les concentrés. Après le premier prélèvement de crottins 5 mois après le début de l'étude, l'énergie apportée a été montée à 200 % (60 % par le foin et 40 % par les concentrés). Afin de suivre les changements dans le microbiote et la production des acides gras à chaîne courte ainsi que des lactates, des crottins ont été prélevés à 3 reprises au cours de l'étude : au bout de 5 mois, 12 mois puis 24 mois après le début de l'étude. Ils étaient collectés à l'aide d'un sac à crottins mis en place durant 3h après le repas du matin. Le poids, la NEC et le CNS ont été mesurés chaque semaine. Les paramètres subjectifs (CNS et NEC) étaient mesurés par deux observateurs expérimentés et la note attribuée correspondait à la moyenne des deux observations. Une force de cette étude est que chaque individu était son propre contrôle puisque les chevaux étaient en bon état corporel lors du premier prélèvement puis ont nettement pris du poids. Les autres études dans le même esprit ont toujours comparé les microbiotes de chevaux obèses et fins qui étaient des individus différents. Plusieurs changements et différences entre les chevaux et les poneys ont été observés dans cette étude mais sans identifier de réelles causes (Langner *et al.*, 2020).

Durant la période de gain de poids, contrairement aux précédentes études citées, la richesse du microbiote fécal a diminué chez les poneys et une augmentation relative du phylum des Firmicutes a été de nouveau observée. Le gain de poids s'est également accompagné d'une

augmentation du phylum Actinobacteria chez les chevaux et les poneys et une diminution du phylum Fibrobacteres chez les chevaux uniquement, comme montré par Morrisson *et al.* (2018). Les Fibrobacteres ont une activité fibrolytiques chez les chevaux, nécessaire à la dégradation des parois cellulaires des fibres alimentaires. Ces bactéries permettent ainsi une meilleure fermentation des fibres. Ce résultat pourrait supposer une meilleure digestibilité des fibres des chevaux par rapport aux poneys, comme cela avait pu être observé dans l'étude comparant les chevaux islandais et des chevaux de selle (Langner *et al.*, 2020 ; Ragnarsson et Jansson, 2011). Chez les poneys uniquement, une augmentation importante du phylum Proteobacteria a été observée entre le cinquième et le douzième mois. L'augmentation relative de la quantité de ces bactéries a été associée à l'influence d'une ration riche en matière grasse. Les auteurs suspectent une influence du régime alimentaire ou une capacité d'absorption des graisses pré caecales plus faible chez les poneys que chez les chevaux pour expliquer ce résultat. Une limite soulevée par les auteurs est le fait que seulement 1,8 % des espèces et 74,2 % des genres analysés ont été identifiés avec la technique d'analyse employée. Par conséquent, les conclusions sont toujours limitées, d'autant plus que les données taxonomiques combinent souvent plusieurs groupes de microorganismes ayant des fonctions similaires ce qui diminue fortement le niveau de détail des observations (Langner *et al.*, 2020).

- Les limites des études du microbiote intestinale chez le cheval :

Les progrès techniques des technologies moléculaires ont permis une meilleure étude du microbiote. Cependant, il y a encore des limites. D'une part, les techniques de lecture ADN ne permettent pas encore de classer tous les microorganismes par espèces. De plus, plusieurs espèces de microorganismes sont capables de jouer les mêmes rôles fonctionnels ce qui fait que les changements dans les populations ne sont pas toujours expliqués et les relations de causalité sont difficiles à prouver pour le moment (Hesta et Costa, 2021). D'autre part, le type d'échantillon recueilli pour effectuer les analyses est aussi une limite. Dans les différentes études, les analyses sont réalisées sur du crottin recueilli selon plusieurs méthodes : en intra-rectal, dans des sacs de collecte attachés à la queue ou après émission. Le microbiote fécal est généralement considéré comme une représentation adéquate de la population microbienne de l'intestin postérieur des équidés, mais l'évaluation de cette relation n'a pas fait l'objet d'étude approfondie. Le microbiote varie selon la portion du tube digestif étudié, les échantillons fécaux semblent plutôt représentatifs de la population microbienne du côlon dorsal droit et moins de celle du cæcum et de l'intestin grêle (Morrisson *et al.*, 2018).

A la lecture de ces différentes études, le lien entre l'obésité et le microbiote intestinal n'a pas encore été clairement mis en évidence contrairement à la souris ou à l'Homme. Les résultats semblent pour l'instant limités à l'identification des microorganismes par séquençage.

3. Impact sur le métabolisme

Le tissu adipeux a comme principale fonction le stockage de l'énergie sous forme de triglycérides dans des gouttelettes lipidiques. Ce tissu est aussi considéré comme le plus grand organe endocrine du corps et il joue un rôle majeur dans la régulation de l'immunité, du système vasculaire mais également du métabolisme (Geor et Harris, 2013a). Les mécanismes à l'origine d'anomalies métaboliques en situation d'obésité sont encore mal connus et compris. Les études menées chez

l'Homme et les animaux de laboratoire ont montré une régulation complexe de l'appétit, du poids corporel et de la masse adipeuse (Geor et Harris, 2013a). Les connaissances autour des conséquences de l'obésité en médecine humaine sont bien plus avancées que chez le cheval. Il est ainsi admis que les principales conséquences du surpoids sont les maladies cardiovasculaires et des maladies chroniques comme des maladies métaboliques (diabète de type II par exemple) ou bien des problèmes articulaires ou encore digestifs. Chez le cheval, le principal dysfonctionnement métabolique associé à l'obésité est la dysrégulation de l'insuline, pouvant aboutir à une insulino-résistance (IR), associé au SME. Le développement d'autres anomalies, telles qu'une perturbation du métabolisme hépatique, lipidique ou le développement d'une inflammation chronique à l'instar de l'Homme, sont également envisagés chez le cheval.

Les deux hypothèses avancées afin d'expliquer le développement d'anomalies métaboliques en situation d'obésité sont la lipotoxicité et l'inflammation du tissu adipeux. La lipotoxicité survient lorsque les adipocytes ont atteint leur capacité maximale de stockage, d'une part cela modifie leurs sécrétions vers un profil favorisant la résistance à l'insuline. D'autre part, les excès de tissu adipeux se déposent dans le foie et les muscles squelettiques contribuant à altérer la sensibilité à l'insuline de ces tissus. L'inflammation du tissu adipeux semble également découler de la capacité maximale des adipocytes, les scientifiques ont observé un recrutement accru de cellules immunitaires notamment les macrophages dans les études menées chez l'Homme. Ces cellules immunitaires participent à l'amplification de la production et de la sécrétion d'adipokines, cytokines pro-inflammatoires produites par le tissu adipeux (Geor et Harris, 2013a). Pour le moment, le rôle de l'inflammation dans la physiopathologie de l'obésité chez les chevaux reste incertain. Les pistes de recherche sont inspirées par les études réalisées chez l'Homme et les rongeurs.

a. Dysrégulation de l'insuline

Le terme de dysrégulation de l'insuline est défini par le consensus du collège européen de médecine interne équine (ECEIM) datant de 2019 sur le SME. Il définit la perturbation de l'équilibre entre les concentrations plasmatiques d'insuline, de glucose et de lipides (Durham *et al.*, 2019). Pour rappel, l'insuline est une hormone peptidique pancréatique sécrétée par les cellules bêta, elle a une action anabolisante. D'une part, elle a un rôle hypoglycémiant en favorisant l'entrée, l'utilisation et le stockage du glucose dans les cellules (muscles squelettiques, tissu adipeux, foie). D'autre part, elle stimule la formation des triglycérides du tissu adipeux (lipogenèse) et inhibe la lipolyse et agit également sur le transport des acides aminés, favorise la synthèse protéique et inhibe le catabolisme protéique (Crépeaux, 2020).

La dysrégulation de l'insuline peut se manifester de plusieurs façons : par une hyperinsulinémie basale à jeun, une réponse hyperinsulinémique excessive ou prolongée à une provocation orale ou intraveineuse aux hydrates de carbone pouvant être associée dans les cas avancés à une hyperglycémie excessive ou prolongée et par une résistance tissulaire à l'insuline (insulino-résistance) (Frank et Tadros, 2014 ; Durham *et al.*, 2019 ; Delarocque *et al.*, 2020). La résistance à l'insuline est définie quant à elle comme la capacité réduite d'une concentration donnée d'insuline à abaisser la glycémie (McCue *et al.*, 2015).

Chez le cheval, il existe de nombreuses méthodes afin de mettre en évidence une insulino-résistance. En recherche, les méthodes les plus utilisées sont la technique du clamp euglycémique et hyperinsulinémique et le test de tolérance au glucose par voie intraveineuse fréquemment échantillonné (FSIGT). Ces méthodes sont peu applicables en pratique courante car elles

nécessitent la collecte de nombreux échantillons sanguins sur une longue période de temps et l'administration de bolus ou de perfusion par voie intraveineuse au cours de l'expérience. Elles sont remplacées par le dosage basal d'insuline ou des tests oraux ou dynamiques par voie intraveineuse plus succincts.

- Des différences de sensibilité à l'insuline selon la race :

Avant d'aborder l'effet de l'obésité sur la régulation de l'insuline, il faut noter qu'il existe des différences significatives de la sensibilité à l'insuline entre les races (taux mesurés, réponses aux tests) ce qui complique d'autant plus l'interprétation des résultats aux tests et l'influence d'autres facteurs. Il est admis que les races de poneys, les chevaux miniatures et les ânes présentent une insensibilité relative à l'insuline de manière physiologique, qui peut être aggravée par l'obésité et un mode de vie sédentaire (Durham, 2013). En effet, ces individus présentent un cycle circannuel d'insulino-résistance, qui se traduit par une insulino-sensibilité en hiver et une insulino-résistance en été. Ce cycle leur permet de s'adapter aux conditions de vie difficiles de leur milieu d'origine. Lorsque l'herbe est disponible en quantité abondante au printemps et en été, une hyperinsulinémie post-prandiale physiologique se met en place du fait de l'ingestion d'une grande quantité d'aliment plus ou moins riche en carbohydrates. Les poneys sont pendant cette période sensible à l'insuline, ce qui favorise le stockage des graisses et se traduit par un état corporel de surpoids voire d'obésité. Au fur et à mesure de la saison, l'hyperinsulinémie chronique et l'état d'obésité conduisent au développement d'une insulino-résistance qui oriente le métabolisme vers un catabolisme des graisses. La mise en place de cette insulino-résistance se fait de façon concomitante avec l'arrivée de l'automne puis de l'hiver où les quantités d'aliments disponibles diminuent. Durant l'hiver, les poneys perdent progressivement du poids ce qui permet de restaurer l'insulino-sensibilité nécessaire à la constitution des réserves graisseuses lors de la saison suivante (Depecker, 2023). Lorsque ces individus sont soumis à des conditions de vie domestique, où la nourriture est distribuée en quantité équivalente toute l'année, il n'y a pas de perte de poids en hiver et l'insulino-résistance perdure. Cela favorise alors le développement d'un syndrome métabolique équin chez certains individus prédisposés. Il est difficile d'étudier séparément la mise en place de l'IR, l'obésité, le SME et les relations de cause à effet entre ces entités. Comme décrit précédemment, l'obésité est considérée comme une caractéristique couramment associée au SME, qui peut aggraver l'IR (Durham *et al.*, 2019). Ainsi, au-delà du SME, certains scientifiques se sont posés la question de l'influence de l'obésité sur le développement de l'IR.

Une étude s'est justement intéressée aux différences d'insulino-sensibilité selon le type de race : 8 chevaux de selle, 8 poneys de races croisées et 8 chevaux andalous ont été inclus dans l'étude. Ils ne présentaient pas d'historique de fourbure, ni de syndrome de Cushing. Ils étaient logés dans des grands paddocks secs avec accès à du foin à volonté (9,1 % NSC, MS 94 %, 1,77 Mcal/kg) dont la consommation a été estimée à 2 % du poids corporel. Une période d'acclimatation préalable de quatre semaines avant le début de l'étude a été réalisée, avec la fourniture du foin utilisé durant l'étude à faible teneur en amidon, sucres et fructanes afin de minimiser l'effet de l'alimentation sur la dynamique du glucose et de l'insuline dont nous reparlerons un peu plus tard. Afin d'évaluer la sensibilité à l'insuline de chaque équidé, un test dynamique de tolérance au glucose par voie orale (OGT) a été réalisé au début de l'étude, suivi trois semaines plus tard par le test dynamique par voie intraveineuse FSIGT. L'intervalle entre ces deux tests a été instauré par les investigateurs de l'étude afin de respecter le bien-être des individus. Les résultats de l'OGT et du FSIGT sont similaires. Ils ont montré qu'il n'y avait pas de différence dans la dynamique du glucose entre les types de race. Cependant, concernant l'insuline, les tests ont mis en évidence des différences significatives dans les pics d'insuline et la réponse insulinémique entre les types de races. Le pic d'insuline et l'aire

sous la courbe étaient plus élevés chez les poneys et les chevaux andalous que chez les chevaux de selle ($p < 0,003$ et $p < 0,004$ respectivement) lors de l'OGT et du FSIGT, témoignant d'une sécrétion d'insuline augmentée. De plus, la sensibilité à l'insuline était plus faible chez les chevaux andalous et les poneys ($p < 0,001$ et $p < 0,003$ respectivement) que chez les chevaux de selle. L'ensemble de ces résultats montre qu'il existe des différences liées à la race dans la dynamique du glucose et de l'insuline, avec une prédisposition des poneys et des chevaux andalous à l'IR (Bamford *et al.*, 2014).

- Impact de l'obésité sur la dysrégulation de l'insuline :

En plus de la prédisposition à l'IR chez certains individus, plusieurs hypothèses ont été envisagées afin de comprendre l'influence de l'obésité sur le développement de l'IR, quatre hypothèses ont émergées. Les deux hypothèses les plus fréquemment citées sont la lipotoxicité et l'inflammation du tissu adipeux et semblent liées. Ces hypothèses ont été développées à partir des études réalisées dans le cadre de la recherche sur les rongeurs de laboratoire principalement et sont extrapolées chez le cheval. Les scientifiques développent des études afin d'investiguer ces différentes hypothèses chez les chevaux, cependant leur nombre est encore très faible. Les hypothèses ci-dessous sont tirées des synthèses réalisées par les auteurs qui ont travaillé sur le lien entre l'obésité et les dérèglements métaboliques chez le cheval, à partir des études expérimentales sur les rongeurs principalement.

- **Lipotoxicité** : lorsque le tissu adipeux a atteint sa capacité de stockage, il pourrait se produire une augmentation de l'absorption des acides gras par les autres tissus (muscles squelettiques, foie et pancréas notamment). Dans ce cas, les acides gras pourraient entrer en compétition avec le glucose pour le processus d'oxydation visant à produire de l'énergie qui perturberait la voie de signalisation de l'insuline entraînant une IR des tissus. De plus, la lipotoxicité pourrait aussi être à l'origine de la modification du profil de sécrétion des adipocytes avec une expression accrue de cytokines pro-inflammatoire et un dérèglement des sécrétions endocrines (Frank, 2011 ; Geor et Harris, 2013a).
- Production de **médiateurs inflammatoires** par le tissu adipeux, causé en partie par la lipotoxicité et par l'hypoxie comme nous le verrons par la suite.
- **Modification de la sécrétion des adipokines** par le tissu adipeux : le tissu adipeux devient dysfonctionnel et a entre-autre un impact sur l'IR. Geor et Harris (2013) rapportent les résultats d'études chez des souris soumises à un régime obésogène, un profil hormonal favorisant l'adipogenèse et la sensibilité à l'insuline avec une augmentation des concentrations d'adiponectine et de leptine a été observé dans un premier temps. Ensuite, il y a eu une augmentation de la sécrétion de cytokines pro-inflammatoires (TNF, CRP, IL6) favorisant la résistance à l'insuline avec une baisse de la concentration en adiponectine. Chez les chevaux les associations entre la NEC et l'expression de cytokines pro-inflammatoires dans le tissu adipeux ou le sang en situation d'obésité est plus difficile à mettre en évidence comme nous le verrons par la suite (Frank, 2011 ; Geor et Harris, 2013a).

→ **Diminution de la clairance hépatique de l'insuline** : cela pourrait être due à une insulino-résistance au niveau du foie, causée par l'accumulation de lipides dans les hépatocytes. Le peptide C, produit du clivage de la forme pré-prohormone de l'insuline en prohormone et peptide, permet d'évaluer la clairance hépatique de l'insuline. Ces deux molécules sont sécrétées de façon équimolaire dans le milieu extracellulaire mais la demi-vie du peptide C est plus longue que celle de l'insuline (15 minutes contre 5 à 8 minutes) (Crépeaux, 2020). Ainsi, le rapport peptide C/ insuline reflète la clairance hépatique de l'insuline, éliminée à 70 % par le foie. Frank 2011 rapporte que les chevaux obèses présentent des concentrations élevées d'insuline et de peptide C, mais des rapports peptide C/insuline plus faibles, ce qui indique à la fois une augmentation de la sécrétion d'insuline et une réduction de la clairance hépatique (Frank, 2011). La réduction de l'élimination de l'insuline pourrait conduire à une hyperinsulinémie chronique et à une IR. Le développement d'une lipidose hépatique lors de gain de poids important a été montré par une étude conduite entre 2015 et 2017 ayant soumise des shetlands et chevaux de sang à un régime de gain de poids durant deux ans avec un apport d'énergie allant jusqu'à 200 % des besoins à la fin de l'étude couvert à 60 % par du fourrages et 40 % par des concentrés. Les auteurs ont constaté une augmentation des taux de lipides hépatiques de 20 % en moyenne au cours de l'étude. Les concentrations d'acides gras non estérifiés (AGNE) circulants des shetlands étaient augmenté contrairement aux chevaux, et les poneys ont semblé être plus sensibles aux accumulations de lipides hépatiques aux premiers stades de l'obésité selon les évaluations histologiques réalisées sur des biopsies hépatiques sur chacun des individus. Ces observations ont été confirmées par l'augmentation significative de l'activité sérique de l'enzyme glutamate déshydrogénase (GLDH), des aspartate aminotransférase (ASAT) et des acides biliaires chez les shetlands contrairement aux chevaux. Ainsi, dans cette étude les poneys shetlands semblent plus prédisposés à la stéatose hépatique et à une dysrégulation précoce du métabolisme hépatique dans les premiers stades de l'obésité que les chevaux de sang.

A la lecture de ces hypothèses, certaines vont dans le sens de la mise en place d'une hyperinsulinémie qui provoque dans un second temps le développement d'une IR tandis que d'autres serait à l'origine du mécanisme inverse. Les scientifiques ont cherché à comprendre le sens de cette relation de cause à effet, en premier lieu en médecine humaine. Une étude menée avec des souris génétiquement modifiées, pour lesquelles des copies du gène codant pour l'insuline humaine ont été ajoutées (0, 8 ou 32 copies), montrait que les souris avec un nombre de copies augmentées avaient un poids normal et une glycémie à jeun normale. Cependant, elles présentaient une glycémie postprandiale élevée associée à une réponse insulinaire exagérée au glucose avec une hyperinsulinémie contrairement aux souris témoins (Shanik *et al.*, 2008). Dans d'autres études où l'insuline a été administrée à des niveaux élevés chez des rats, le nombre de récepteurs de l'insuline sur les tissus cibles a diminué faisant ainsi décroître la sensibilité à l'insuline de ces tissus. Ainsi, il semble se produire incontestablement un cercle vicieux entre l'hyperinsulinémie et l'IR. Il existe en effet un processus de désensibilisation homologue, il traduit la capacité d'un ligand stimulant à désensibiliser ses cellules cibles à son action. C'est un processus très répandu (Shanik *et al.*, 2008). Une hyperinsulinémie chronique entraîne une régulation négative du récepteur de l'insuline et de la signalisation en aval provoquant une IR (Frank et Tadros, 2014).

Une autre étude avec des souris génétiquement modifiées, les empêchant de présenter une hyperinsulinémie en laissant seulement un allèle des deux gènes codants pour l'insuline (Ins1 +/-, Ins2 -/-), a montré qu'en l'absence d'hyperinsulinémie malgré un régime obésogène riche en graisses les souris ne sont pas devenues obèses contrairement aux souris contrôle avec les deux

allèles du gène *Ins1* (*Ins1* +/+, *Ins2* -/-). Cela confirme le rôle anabolisant de l'insuline, montrant que celle-ci favorise l'hypertrophie des adipocytes adultes et le stockage des nutriments (Mehran *et al.*, 2012). Ainsi, il semble d'une part que l'hyperinsulinémie chronique soit à l'origine de la mise en place d'une IR. D'autre part, l'hyperinsulinémie chronique via des apports alimentaires trop riches notamment en sucres favorise également le développement du tissu adipeux et l'apparition de l'obésité (Frank et Tadros, 2014).

Les effets de la prise de poids sur la sensibilité à l'insuline ont été montrés par plusieurs études au cours des dernières années, la première en date a été réalisée en 2009. Treize chevaux arabes ou croisés arabes de 8 à 20 ans ont été soumis pendant 30 semaines à un régime avec un apport croissant d'énergie digestible allant au départ de 104 % des besoins de maintenance à 194 % des besoins entre la 4^{ème} et la 24^{ème} semaine. Environ 60 % des besoins en énergie digestible provenaient d'un aliment concentré, 20 % d'un fourrage de luzerne hachée et 20 % d'un foin mixte de graminées et de légumineuses. Ce protocole a permis d'avoir une comparaison intra-individuelle des variables avant et après la prise de poids, cependant il n'y avait pas de groupe témoin. Le gain de poids moyen a été de 88 kg +/- 11 soit une augmentation de 20 %, l'épaisseur de la graisse sous-cutanée de la croupe a été augmentée de 160 % en moyenne, le NEC de 2 unités et 1 unité pour le CNS. Seule l'épaisseur de gras sous-cutané au niveau des côtes n'a pas évolué entre les différentes périodes. Entre le début de l'étude et la fin de la période de suralimentation, les auteurs ont constaté lors des tests FSIGT une diminution de l'insulino-sensibilité compensée par une sécrétion augmentée d'insuline, en particulier durant les 10 premières minutes après le début de la perfusion de glucose. Les chevaux ayant l'IS initial la plus élevée présentaient les diminutions les plus importantes avec la prise de poids. Cependant après la 24^{ème} semaine, les chevaux ont été nourris à hauteur de 133 % de leurs besoins en énergie digestible avec du foin uniquement. Les auteurs ont alors constaté une diminution de la concentration basale d'insuline, avec des concentrations similaires à celles observées avant la prise de poids. Ces résultats suggèrent un effet combiné de l'obésité et de la suralimentation, avec un régime riche en concentrés, sur l'insulino-sensibilité (Carter *et al.*, 2009b).

- Effet de l'alimentation sur la sensibilité à l'insuline :

Les études menées par les équipes de la faculté vétérinaire et d'agriculture de Melbourne en 2016 se sont intéressées à l'influence d'une charge glycémique alimentaire sur la sensibilité à l'insuline. Les chevaux recrutés étaient de trois types : chevaux de selle, poneys de race mixte et chevaux andalous d'un âge et d'une NEC moyenne équivalent afin de comparer les réponses métaboliques des différentes races car leur sensibilité innée à l'insuline n'est pas la même comme nous l'avons vu précédemment. Les chevaux andalous font partie des chevaux prédisposés au SME. Deux études d'une durée de 20 semaines ont été réalisées. Dans la première, 11 individus de chaque type ont été recrutés et répartis aléatoirement dans l'un des trois groupes : 4 de chaque dans les groupes d'alimentation test (alimentation riche en céréales ou alimentation riche en graisse) et trois de chaque dans le groupe contrôle. En plus du foin à volonté, consommé en moyenne à hauteur de 2,2 +/- 0,25 % du poids corporel, une ration était distribuée deux fois par jour. La ration contrôle était composée des granulés de soja trempés, de paille de luzerne et d'un complément minéral et vitaminique. Cette ration était également distribuée aux groupes test, mais enrichie en maïs en mouture (maïs micronisé) pour le régime à base de céréales et en huile et granulés de graisse en quantité égale pour le régime enrichie en graisse. Les quantités de céréales et de graisse ont progressivement été augmentées au cours de l'étude afin que la ration totale atteigne 200 % des besoins quotidiens en énergie digestible lors des deux dernières semaines. La sensibilité à l'insuline a été évaluée avec des tests FSIGT

réalisés lors de la première et de la dernière semaine de l'étude. L'adiposité des deux groupes testés a augmenté : gain de poids de 15,3 +/- 0,7 kg (le groupe contrôle a vu son poids augmenter de 8,1 +/- 1,7 kg), deux points de NEC supplémentaires en moyenne, la masse grasse mesurée par dilution au deutérium a augmenté significativement également. Les résultats ont montré une réduction de la sensibilité à l'insuline chez les chevaux et les poneys qui ont consommé une ration riche en céréales tandis que les individus qui ont consommé une ration riche en graisses n'ont pas montré de changement de leur sensibilité à l'insuline, bien qu'ils aient atteint des niveaux d'adiposité qui ne différaient pas significativement de ceux du groupe riche en céréales. De plus, du fait des types de race, les poneys et les chevaux andalous présentaient une sensibilité à l'insuline plus faible que les chevaux de selle (Bamford *et al.*, 2016a). Cette étude permet de confirmer que les aliments riches en sucres non structuraux (carbohydrates) ont une influence sur l'IS associé à la prise de poids.

A la suite de cette première étude, les auteurs ont répété le protocole en changeant seulement la ration du groupe test avec une ration riche en céréales. Leur but était de déterminer si l'augmentation de l'adiposité en soi était responsable de l'altération de la dynamique du glucose et de l'insuline observée chez les chevaux et les poneys obèses. Ils ont émis l'hypothèse que la sensibilité à l'insuline serait réduite chez les chevaux et les poneys après l'induction de l'obésité, et qu'elle serait encore plus faible chez les individus ayant consommé des repas à haute teneur en sucres. Pour cela, ils ont ajouté du dextrose en poudre à la dose de 1,5 g/kg distribué lors du repas du matin uniquement. Dans la ration du soir il y avait des apports de matières grasses afin d'assurer le même apport en énergie digestible entre les deux groupes. Le choix a été fait d'apporter le glucose en une seule fois afin de maximiser les pics de concentration postprandiale de glucose et d'insuline car selon les auteurs, des repas ultérieurs contenant du glucose auraient pu provoquer une réponse insulinaire atténuée en raison d'un éventuel « effet de second repas ». Cette fois-ci, il n'y avait que six individus de chaque type, soit deux individus par groupe mais une estimation de la puissance de l'étude a été indiquée de 80 % pour détecter une variation d'une unité de l'IS avec six individus par groupe.

Les individus appartenant aux groupes test ont de façon similaire à la première étude bien répondu au régime de prise de poids. Un gain de poids moyen de 11,55 +/- 3,25 kg a été observé, ainsi qu'un gain de deux unités de la NEC. Cependant, il n'a pas été observé de différence significative de la masse totale de gras mesurée par l'oxyde de deutérium. Contrairement à ce qui était attendu, la sensibilité à l'insuline a augmenté significativement ($p < 0,006$). L'efficacité de l'insuline à accélérer l'absorption du glucose par les cellules était significativement augmentée dans le groupe test avec la ration enrichie en dextrose par rapport au groupe test avec la ration riche en gras et au groupe contrôle lors du FSIGT. Tous les individus de ce groupe présentaient des valeurs de sensibilité à l'insuline plus élevées lors du FSIGT réalisé à la semaine 20 par rapport à celui réalisé lors de la semaine 0, malgré leur prise de poids. Il n'y a pas eu de différence de sécrétion d'insuline dans les 10 premières minutes après le début de la perfusion de glucose entre les groupes. Cette augmentation de la sensibilité à l'insuline traduit le fait que l'insuline était plus efficace pour favoriser l'absorption du glucose de la circulation sanguine vers les tissus. Le fait d'administrer du glucose à une dose importante une fois par jour a semblé améliorer la dynamique du glucose et de l'insuline. Les auteurs ont suggéré que le pic d'insuline après ce repas n'a peut-être pas été maintenu suffisamment longtemps pour entraîner une désensibilisation des récepteurs de l'insuline. D'après les résultats, l'obésité en soi ne semblait pas être essentielle dans l'induction à court terme d'une dysrégulation de l'insuline chez les chevaux et les poneys. Le temps pendant lequel les chevaux et poneys de l'étude ont été maintenus obèse a été relativement court, cependant celui-ci était le même

que pour l'étude précédente dans laquelle une diminution de l'IS avait été constaté. Une implication du type d'aliment consommé est donc fortement évoquée (Bamford *et al.*, 2016b).

Une autre étude menée en 2019 avec 10 shetlands et neuf poneys de sang a montré des résultats similaires. Cette étude s'est inscrite dans un projet plus large pour investiguer des différences métaboliques entre les chevaux et les poneys lors de prise de poids. L'alimentation distribuée était composée de foin et de concentrés. La quantité de concentrés distribuée a progressivement augmenté jusqu'à ce que la ration apporte 120 % des besoins en énergie métabolisable par le foin et 80 % par les concentrés, soit un apport de 200 % des besoins énergétiques. La sensibilité à l'insuline a été évaluée trois fois durant les deux ans à l'aide d'un test combiné insuline-glucose par voie intraveineuse. La prise de poids a été objectivée chez tous les individus avec une augmentation de la NEC et du CNS, une augmentation du poids de 29.9 +/- 19.4 % chez les chevaux de sang et 17 +/- 6,74 % chez les poneys shetlands. Tous les équidés ont présenté une augmentation de leur concentration d'insuline basale au cours des deux années de prise de poids, cependant 16 des 19 équidés n'ont pas dépassé les valeurs de référence de l'insuline sérique de 20 µU/mL. Seuls 3 individus ont présenté une dysrégulation de l'insuline, correspondant aux deux individus ayant fait une fourbure durant la deuxième année de prise de poids ainsi que le cheval ayant subi l'augmentation la plus forte de NEC et CNS (Blaue *et al.*, 2019). Cette étude semble confirmer le fait qu'une augmentation du poids corporel ne mène pas inévitablement à une dysrégulation de l'insuline, même chez des poneys shetlands ce qui a surpris les auteurs. L'étude présente un intérêt du fait de sa durée, cependant le nombre de chevaux et poneys était faible pour en tirer des conclusions assurées.

L'influence de l'état corporel sur l'IS a également été étudiée sur des chevaux au pâturage. Vingt-deux juments associées par paires basées sur leur âge, poids, NEC, historique médical et reproducteur ainsi que leur origine ont été réparties aléatoirement soit sur des pâturages cultivés à haut rendement (groupe CG), soit sur des prairies semi-naturelles (groupe NG) de fin mai à début septembre, soit 98 jours. Seules huit juments de chaque lot ont été soumises à un test de tolérance au glucose par voie intraveineuse. Le poids, la NEC et le tour de taille des juments du lot CG étaient significativement augmentés par rapport au lot NG après la période de pâturage. La NEC médiane du groupe CG était de 7 contre 5,4 dans le groupe NG. Néanmoins, le type de pâturage n'a eu qu'un effet modéré sur les résultats du test dynamique au glucose. Les juments du lot CG avaient des concentrations basales et maximales d'insuline plus élevées ce qui pouvait traduire une sécrétion d'insuline compensatoire en réponse à une diminution de la sensibilité ou de la réactivité à l'insuline des tissus périphériques. Selon les auteurs, ces résultats tendent à montrer que chez les chevaux non obèses, l'état de santé antérieur ou les antécédents nutritionnels peuvent être des facteurs plus importants affectant la fonction de l'insuline que l'alimentation au pâturage (Selim *et al.*, 2015).

- Pour conclure :

D'après ces études, la prise de poids a eu un effet variable sur l'IS. Il est difficile d'étudier l'influence unique du poids sur l'IS, car comme nous l'avons observé elle est influencée par de nombreux facteurs tels que l'âge, la génétique et le type d'alimentation distribuée. Néanmoins, il apparaît que l'obésité a un impact plus important sur la sensibilité à l'insuline chez certains individus, ce qui correspond aux observations cliniques selon lesquelles certains chevaux obèses sont résistants à l'insuline alors que d'autres ont une sensibilité à l'insuline maintenue malgré la prise de poids (Frank, 2011).

En revanche, l'efficacité de la perte de poids sur l'IS semble plus unanime. Dix-neuf chevaux islandais inclus dans une étude menée sur un an, ont tous perdu du poids quel que soit le type de pâturage dans lequel ils étaient logés. Cette perte de poids a été attribuée à la qualité de l'alimentation et à l'activité physique volontaire. Il a été décidé rétrospectivement de décrire la relation entre les variations de poids et la réponse insulino-sensibilisante pour chaque cheval afin d'étudier l'effet de la perte de poids sur la sensibilité à l'insuline. Les cinq tests de tolérance au glucose par voie orale réalisés durant l'année d'étude ont montré qu'une perte de poids de 5 % a été associée à une réduction de la réponse insulino-sensibilisante de 22 %. Toutefois, trois chevaux n'ont pas regagné d'insulino-sensibilisante malgré leur perte de poids. Une différence au niveau de l'activité physique ou une influence de l'âge ont été envisagées par les auteurs, cependant ces données n'ont pas pu être quantifiées car l'étude était rétrospective (Delarocque *et al.*, 2020). Les résultats de la perte de poids sur l'IS sont à nuancer selon les individus, cependant la perte de poids semble être efficace pour rétablir une insulino-sensibilisante.

Les conséquences de la résistance à l'insuline sont une mauvaise absorption du glucose dans les tissus, une augmentation de la synthèse du glucose dans le foie via la néoglucogenèse et une augmentation de la lipolyse entraînant des concentrations plus élevées d'acides gras libres dans la circulation. De plus, elle est également associée au dysfonctionnement du transporteur de glucose (GLUT-4) dans les muscles squelettiques et le tissu adipeux (Frank et Tadros, 2014). Même si les preuves concrètes manquent, il semblerait que ces perturbations métaboliques soient d'autant plus favorisées par l'inflammation et les dysrégulations métaboliques provoquées par l'obésité.

b. Inflammation

Chez l'homme et la souris, les chercheurs ont montré à plusieurs reprises qu'une production accrue de protéines de l'inflammation aiguë était associée à l'obésité (Girardi *et al.*, 2019). L'obésité est considérée à ce titre, comme un état inflammatoire chronique chez l'Homme. L'origine de cette inflammation a été attribuée à la fois, à la sécrétion d'adipokines, cytokines inflammatoires par le tissu adipeux et à l'accumulation de macrophages dans le tissu adipeux. En réponse aux cytokines pro-inflammatoires circulantes, les macrophages du tissu adipeux synthétisent à leur tour des adipokines, conduisant à un état inflammatoire systémique chronique (Vick *et al.*, 2007). D'après plusieurs études rapportées par les auteurs, l'inflammation du tissu adipeux pourrait être attribuable à un stress des adipocytes lorsqu'ils atteignent leur capacité maximale de stockage. Du fait de l'augmentation de leur volume, les lits capillaires sont comprimés entraînant une hypoxie et une inflammation secondaire. Par conséquent, l'accumulation de tissu adipeux pourrait contribuer à une production élevée de cytokines inflammatoires chez les individus obèses (Vick *et al.*, 2008). D'autre part, lorsque les adipocytes sont chargés de triglycérides il semblerait qu'ils perdent leur capacité à réguler les flux de lipides de l'organisme, conduisant au développement d'une lipotoxicité.

Une des premières études à avoir montré un lien entre l'obésité et les cytokines inflammatoires s'est construite pour répondre à l'hypothèse des auteurs selon laquelle les cytokines inflammatoires produites en situation d'obésité pourraient favoriser le développement de l'insulino-résistance. Plusieurs études *in vitro* rapportées par les auteurs ont suggérées que le facteur de nécrose tumorale (TNFalpha), les interleukines de type 1 et 6 (IL1 et IL6) pouvaient altérer la sensibilité à l'insuline en interférant avec l'absorption du glucose dans les tissus périphériques. L'étude a été conduite sur 60 juments, deux prises de sang dans la journée ont été réalisées deux fois par semaine afin de mesurer les concentrations plasmatiques des principales cytokines : TNFalpha, IL1 et IL6. L'expression des cytokines était également suivie en mesurant l'expression

de leurs gènes en quantifiant l'expression des ARN messagers (ARNm) sérique. L'insulino-sensibilité était appréciée en utilisant la méthode du clamp hyperinsulinémique et euglycémique. La note d'état corporel et le pourcentage de graisse mesurée par échographie du gras sous-cutané étaient corrélés aux concentrations d'IL1, TNFalpha plasmatique et à l'expression de l'ARNm du TNFalpha. Les auteurs ont observé que les facteurs inflammatoires augmentaient avec l'obésité, tandis qu'en parallèle la sensibilité à l'insuline diminuait. Plusieurs modèles de régression ont été étudiés, parmi lesquels l'obésité semblait avoir l'influence la plus importante sur le développement d'une insulino-résistance par rapport aux cytokines. Les auteurs ont également mis en évidence dans la population étudiée une diminution de la sensibilité à l'insuline avec l'âge. De plus, l'obésité semblait jouer un rôle plus important sur la sensibilité à l'insuline chez les jeunes juments (moins de vingt-ans) par rapport aux juments de plus de vingt-ans. Les juments âgées semblaient ainsi prédisposées à une réduction de leur sensibilité à l'insuline, quel que soit leur degré d'obésité (Vick *et al.*, 2007). Cette étude a fourni les premières preuves d'une association entre l'obésité et l'augmentation des cytokines inflammatoires chez le cheval. Néanmoins, le lien de causalité n'a pas pu être démontré et les résultats présentés n'ont pas été ajustés sur les facteurs de confusion ce qui ne permet pas d'inférer ces résultats à la population globale de chevaux.

Afin d'établir un lien de causalité entre l'inflammation systémique et le développement de l'insulino-résistance et de montrer la participation du tissu adipeux à la réponse inflammatoire chez le cheval, les mêmes auteurs ont mené une nouvelle étude l'année suivante. Pour cela, ils ont suivi les variations de la sensibilité à l'insuline et l'expression des cytokines inflammatoire dans le sang et le tissu adipeux après l'administration de lipopolysaccharide bactérien (LPS) à des juments appartenant au troupeau de l'université de l'État de Kentucky. Dans la première expérience, les juments recevaient une injection de LPS et de sérum physiologique dans un ordre aléatoire. Des prises de sang étaient réalisées avant le début de l'expérience puis toutes les sept heures. L'insulino-sensibilité était évaluée à six heures et 24 heures après l'injection. L'administration de LPS est une méthode couramment utilisée afin de provoquer une réponse inflammatoire aiguë transitoire. Les résultats ont montré comme attendu une augmentation de l'expression des cytokines (TNFalpha, IL1 et IL6) après l'injection de LPS. De plus, les concentrations d'insuline à 6h et 24h après l'injection de LPS étaient significativement augmentées par rapport aux concentrations d'insuline suite à l'injection de sérum physiologique ($p < 0,05$ pour six heures et $< 0,001$ pour 24h). De plus, les juments avaient une sensibilité augmentée à l'insuline 6h après l'administration du LPS comparé à celle des juments témoin, puis elle diminuait après 24h. Dans une seconde expérience similaire, des biopsies de tissu adipeux étaient réalisées au niveau du coussinet adipeux situé au niveau de l'attache de la queue deux heures et huit heures après l'injection de sérum physiologique ou de LPS. L'expression des cytokines dans le tissu adipeux avait augmenté de manière significative après l'administration de LPS par rapport au contrôle, à deux heures et à huit heures après l'injection. Ces résultats suggèrent d'une part qu'une réponse immunitaire transitoire affecte la sensibilité à l'insuline (IS diminuée à 24h) et d'autre part que le tissu adipeux participe potentiellement à la réponse inflammatoire du fait de l'augmentation de l'expression des cytokines en cas d'inflammation systémique (Vick *et al.*, 2008).

Outre l'inflammation induite par l'excès de tissu adipeux, Vick *et al.* (2007) ont aussi mis en évidence une inflammation chronique chez les chevaux âgés. Cela a déjà été démontré chez l'Homme, les personnes âgées présentent des taux circulants de cytokines deux à quatre fois plus élevées pour certaines cytokines (IL-6, TNFalpha, protéine C réactive). Une augmentation de la production de cytokines inflammatoires par les cellules mononuclées périphériques (PBMC) a également été mise en évidence, cependant les mécanismes restent inconnus pour le moment.

Ainsi, l'âge pourrait contribuer en plus de l'obésité à l'installation d'un état inflammatoire chronique chez les chevaux âgés. Afin d'investiguer cette hypothèse, une étude a été menée sur 16 chevaux âgés de 20 à 28 ans ainsi que sur 7 jeunes chevaux âgés de 4 à 5 ans. Ces chevaux ont été soumis à 12 semaines de restriction alimentaire suivies de 18 semaines d'augmentation de l'apport alimentaire afin de fournir une alimentation à volonté. Quelques chevaux âgés n'ont pas suivi ces différents régimes afin de constituer un groupe témoin. En plus d'un suivi de poids chaque semaine, une prise de sang était également effectuée pour quantifier l'expression des gènes des cytokines, mesurer la concentration sérique en TNFalpha et prélever des PBMC avec un dosage des concentrations d'IFNgamma et de TNFalpha intracellulaires. Les résultats ont montré que les chevaux âgés avec une note d'état corporel supérieure à 7/9 présentaient une augmentation significative de la production de cytokines inflammatoires dans les lymphocytes et les monocytes (7 chevaux âgés en surpoids comparés à 6 chevaux âgés minces, $p < 0,05$). Aucune différence significative n'a en revanche été observée entre les individus âgés et jeunes. En comparant les résultats obtenus entre la période de restriction alimentaire et la période à volonté, la production de cytokines intracellulaires des PBMC a diminué lors de la restriction alimentaire puis augmenté lors de la période à volonté. Aucune variation n'a été constatée pour les chevaux témoins. La concentration de TNFalpha sérique avait également diminué de manière significative au cours de la période de restriction alimentaire et n'a pas présenté d'augmentation lors de la période d'alimentation à volonté. Selon les auteurs, il est possible que la reprise à court terme de la masse grasse ne soit pas suffisante pour restaurer complètement la fonction des adipocytes et des macrophages du tissu adipeux (Adams *et al.*, 2009). Néanmoins, ces résultats tendent à montrer une augmentation des concentrations circulantes de cytokines inflammatoires chez les chevaux âgés obèses.

D'autres études ont été menées afin de comprendre l'influence de l'obésité sur l'inflammation systémique chez le cheval. Une étude de 2015 s'est intéressée au développement de la résistance à l'insuline et à l'expression de gènes dans le tissu adipeux sous-cutané chez seize juments ayant pâturé soit sur des pâturages cultivés à haut rendement (groupe CG), soit sur des prairies semi-naturelles (groupe NG) durant 98 jours de fin mai à début septembre. A la fin de la période de pâturage, les juments du groupe CG avaient un poids corporel, un périmètre thoracique et une note d'état corporel supérieur aux juments du groupe NG (NEC CG = 7 vs NG = 5,4, $p = 0,05$). Aucune différence n'a été observée entre les tests dynamiques de réponse au glucose par voie intraveineuse au début de l'étude. A la fin de celle-ci, les juments CG avaient une concentration basale d'insuline et un pic d'insuline augmenté par rapport aux juments NG lors du test dynamique ($p = 0,07$ et $p = 0,08$). Dans le tissu sous cutané prélevé dans l'encolure, il n'y a pas eu de différence d'expression des cytokines inflammatoires au cours de l'expérience. De la même façon, seules de faibles différences d'expression ont été observées au cours de l'étude pour l'expression des gènes de l'adiponectine, des récepteurs de l'adiponectine et d'enzyme du métabolisme des lipides. L'alimentation continue au pâturage et les différents types de pâturage ont semblé avoir une influence modérée sur l'insulino-résistance. Les auteurs ont suggéré que les concentrations basales et maximales d'insuline augmentées pourraient indiquer une sécrétion d'insuline compensatoire du fait d'une diminution de la sensibilité à l'insuline des tissus périphériques chez les juments CG par rapport aux juments NG. Concernant l'inflammation, malgré une augmentation de l'adiposité dans les deux groupes de juments, il n'y a pas eu d'inflammation du tissu adipeux observé via les quantifications d'ARNm effectuées sur des prélèvements du tissu adipeux sous-cutané au niveau de l'encolure et de la base de la queue (Selim *et al.*, 2015).

La présence d'une inflammation systémique a aussi été étudiée via les concentrations de cortisol dans l'organisme chez le cheval. Le cortisol est une hormone sécrétée par les glandes surrénales, sous l'influence de l'axe hypothalamo-hypophysaire. Cette hormone possède de nombreuses fonctions métaboliques et elle est également associée à un stress systémique chez l'Homme. Une étude menée aux Etats-Unis en 2016 s'est intéressée à l'effet de l'âge, du sexe, de la note d'état corporel et de la saison sur les mesures de cortisol (fraction libre sanguine) chez 57 chevaux sains, principalement des quarter horse ou des chevaux de selle américains suivis pendant neuf mois. Les auteurs ont choisi de doser à la fois le cortisol total et la fraction libre car d'après des études menées chez l'Homme, celle-ci serait plus précise pour refléter l'activité systémique du cortisol. Ils ont observé qu'il n'y avait pas d'effet du sexe, de l'âge ou de la saison dans la population étudiée. Les chevaux sains obèses présentaient des concentrations plus élevées du cortisol total mais pas de la fraction libre du cortisol. La note d'état corporel semblait influencer la concentration de cortisol dans la population étudiée. A nouveau, les mécanismes reliant l'augmentation de la note d'état corporel et l'augmentation du cortisol circulant ne sont pas définis. Plusieurs hypothèses sont envisagées. D'une part en réponse à un état inflammatoire chronique, du fait de différences génétiques, d'un stress environnemental ou d'une dysrégulation de l'axe hypothalamo-hypophysaire, l'augmentation de la concentration du cortisol pourrait favoriser l'obésité car les glucocorticoïdes stimulent la prolifération et la différenciation des adipocytes. D'autre part, l'obésité pourrait être à l'origine de la stimulation de l'axe hypothalamo-hypophysaire entraînant une augmentation de la concentration de cortisol circulant (Hart *et al.*, 2016). D'autres études doivent encore être conduites pour étudier les variations des concentrations de cortisol chez le cheval, notamment en situation d'obésité.

Les deux adipokines les plus étudiées chez le cheval sont la leptine et l'adiponectine. La leptine fournit au cerveau une information sur la disponibilité des réserves de graisse corporelle. Elle favorise la satiété et la réduction de la prise alimentaire lorsque le bilan énergétique est positif ou que les réserves de graisse sont abondantes. Cette hormone est principalement produite par les adipocytes et les concentrations circulantes sont proportionnelles à la quantité de tissu adipeux. D'après les études effectuées chez l'homme et la souris, la suralimentation chronique pourrait conduire au développement d'une résistance à la leptine, contribuant au développement et au maintien de l'obésité (Geor et Harris, 2013a).

L'adiponectine est également synthétisée par le tissu adipeux (Geor et Harris, 2013a). Elle est considérée comme une adipokine sensibilisant à l'insuline. D'après plusieurs études des concentrations plus faibles d'adiponectine ont été détectées chez les chevaux obèses et chez des chevaux présentant des signes d'inflammation systémique. L'adiponectine HMW (forme d'adiponectine de haut poids moléculaire) est la forme métaboliquement active de l'adiponectine (Frank, 2011).

Les études conduites par les équipes de la faculté vétérinaire et d'agriculture de Melbourne en 2016 s'étant intéressées à l'influence d'une charge glycémique alimentaire sur la sensibilité à l'insuline, ont également documenté les effets du gain de poids et du régime alimentaire sur les concentrations d'adiponectine et de leptine. Les auteurs ont pu observer que les concentrations d'adiponectine étaient plus faibles dans le groupe des chevaux avec une ration enrichie en glucose par rapport à la ration enrichie en graisse et au groupe contrôle ($p = 0,01$). L'hypothèse principale de la variation de l'adiponectinémie était une association avec le dérèglement de l'insuline. En effet, dans la population étudiée, une hypoadiponectinémie relative était observé chez les chevaux ayant une sensibilité à l'insuline plus faible. Concernant les concentrations de leptine, elles étaient

augmentées dans les groupes de chevaux soumis à un régime alimentaire de prise de poids par rapport aux chevaux du groupe contrôle, ce qui témoigne de son rôle de reflet de la masse grasseuse corporelle. Les concentrations de leptine ne semblaient pas liées au dérèglement de l'insulino-sensibilité car aucune différence significative n'a été observée entre le groupe de chevaux avec une ration enrichie en glucides et le groupe ayant une ration enrichie en graisse. Une des limites des études menées par cette équipe est la période pendant laquelle les chevaux ont été observés obèses. L'obésité induite ne l'a été que sur une courte période, or l'obésité chronique représente peut-être un état métabolique différent avec d'autres dérèglements qui n'ont pas été observés par les auteurs (Bamford *et al.*, 2016b).

Les concentrations de leptine et d'adiponectine, ainsi que leur association avec le dérèglement de la sensibilité à l'insuline ont encore été peu investiguées. En 2010, une étude cherchant à mettre en place un nouveau protocole afin d'estimer la sensibilité à l'insuline à l'aide d'injections intraveineuse d'insuline bovine a également suivi les concentrations de leptine selon l'état corporel des chevaux. Seize chevaux de selle avec huit hongres et huit juments ont été recrutés. Ils vivaient au pré et étaient supplémentés avec du foin en hiver. Les résultats ont montré que les chevaux hyperleptinémiques avaient une sensibilité réduite à l'insuline par rapport aux chevaux ayant des concentrations de leptine normale ou réduite. Ces observations rejoignent l'association fortement supposée entre l'obésité et le dérèglement de la sensibilité à l'insuline, la concentration de leptine reflétant la quantité de réserve adipeuse de l'organisme. Cependant pour aboutir à un état hyperleptinémique, les auteurs ont émis l'hypothèse que l'hyperleptinémie est provoquée par une stimulation sur le long terme de la production de leptine par le tissu adipeux (Caltablot *et al.*, 2010). Il est possible que l'hyperleptinémie conduise par la suite à une résistance de l'organisme à la leptine. Étant donné l'importance de la leptine sur le métabolisme et notamment sur la dépense énergétique, ce dérèglement métabolique supplémentaire pourrait participer à la prise de poids des individus affectés (Frank, 2011). La résistance à la leptine n'a pas fait l'objet de publications spécifiques chez le cheval à ce jour.

En 2023, une étude rétrospective menée sur trois cohortes de poneys avec au total 696 poneys en bonne santé et 38 avec un historique de fourbure, n'a pas renouvelé les observations précédentes ayant montré une hypoadiponectinémie chez les individus obèses. Dans les cohortes étudiées, une proportion significativement plus importante de poneys obèses avait une insulïnémie basale et une concentration en adiponectine normale par rapport aux poneys avec un poids idéal (54,6 % vs 33,1 %, $p < 0,001$). De plus, une plus grande proportion de poneys avec un poids idéal avait une adiponectinémie basse et une insulïnémie normale par rapport aux poneys obèses (38,6 % vs 16,5 %, $p < 0,001$). Cette étude différait des précédentes ayant montré une hypoadiponectinémie chez les individus obèses car elle ne comprenait que des poneys. De nombreux facteurs tels que les pratiques d'alimentation, les antécédents médicaux, l'environnement ou encore les habitudes de travail n'ont pas été prises en compte et peuvent contribuer à l'hétérogénéité des résultats. De plus, dans cette étude plus de la moitié des poneys obèses présentaient des concentrations normales d'insuline et d'adiponectine contre seulement un tiers des poneys de poids idéal. D'après ces observations, la note d'état corporel ne reflète pas à elle seule la présence de dérèglement métabolique chez les poneys (Barnabé *et al.*, 2023). D'après les résultats précédemment cités, l'obésité semble avoir des effets contrastés sur les concentrations d'adiponectine tandis qu'une hyperleptinémie pourrait se mettre en place lors d'obésité chronique. D'autres adipokines pouvant jouer un rôle de marqueur des altérations hépatiques liées à l'obésité, telle que la chimérine, sont à l'étude chez les chevaux (Schedlbauer *et al.*, 2019).

c. Conséquences sur le métabolisme hépatique

Les conséquences de l'obésité sur le métabolisme hépatique ont été peu étudiées. Une étude de 2011 a rapporté des concentrations augmentées de gamma-glutamyl transférase (GGT) et d'aspartate aminotransférase (AST) chez des chevaux obèses ayant des antécédents de fourbure. Ces changements ont été investigués par l'étude conduite sur deux ans par l'Université de Leipzig, durant laquelle une cohorte de 10 chevaux de sang et 10 poneys shetlands ont été soumis à un régime de gain de poids. Ils étaient logés en box sur paille, sortis 5h par jour sur un paddock en sable, et nourris à hauteur de 180 % puis 200 % de leur besoin énergétique durant deux ans. Au cours de l'étude, les auteurs ont dosé au début de l'étude, deux fois durant la première année puis trois fois durant la deuxième année l'activité des enzymes hépatiques, la concentration des acides biliaires sériques, la protéine sérique amyloïde A (SAA), le glucose plasmatique, l'insuline sérique, les triglycérides sériques (TG) et les concentrations sériques en AGNE. A l'issue de l'étude, les auteurs ont observé que les concentrations de GLDH, d'ASAT et d'acides biliaires ont augmenté au cours de deux années chez les poneys par rapport aux chevaux. Les concentrations des enzymes hépatiques n'ont pas été modifiées significativement chez les chevaux, excepté une diminution des phosphatases-alcalines kinases (PAL). Des biopsies hépatiques, au même rythme que les prises de sang, ont également été réalisées au cours de l'étude. Les dernières biopsies ont montré une augmentation du pourcentage de foie contenant un taux lipidique de plus de 5 % pour 4 poneys, néanmoins la majorité des chevaux et poneys ont conservé un grade de stéatose constant égal à 0. Au vu des variations observées chez les poneys, les auteurs ont suggéré que le foie des poneys dans l'étude a été plus affecté par l'obésité que celui des chevaux. Cependant, l'origine de cette sensibilité n'a pas été mise en évidence. Il n'y a pas eu de variation significative du gain de poids entre les poneys et les chevaux (Schedlbauer *et al.*, 2019). Par le biais de cette étude, l'obésité semblerait avoir un impact sur les hépatocytes avec une augmentation des enzymes reflétant la cytolysse et la cholestase. De plus, une lipídose hépatique pourrait également se mettre en place chez certains individus obèses.

En conclusion, les hypothèses associant l'obésité aux dérèglements métaboliques ont été investigués par plusieurs études. Néanmoins, malgré des résultats significatifs, il n'y a pas encore de certitudes sur les mécanismes physiopathologiques et les conséquences métaboliques. Les auteurs du consensus ECEIM de 2019 portant sur le syndrome métabolique équin ont conclu qu'une augmentation de la masse grasseuse pourrait provoquer une dysrégulation des adipokines et des médiateurs inflammatoires, ayant un impact sur le contrôle de la glycémie et l'inflammation (Durham *et al.*, 2019).

d. Impact sur la thermorégulation

Le cheval est une espèce homéotherme, qui maintient sa température corporelle dans un intervalle de température étroit (37-38,5°C) malgré les variations du métabolisme et des conditions environnementales (ensoleillement, température ambiante, humidité, vitesse du vent). La source de chaleur la plus importante chez le cheval résulte de l'activité musculaire. En effet, environ 80% de l'énergie utilisée lors de la contraction musculaire est libérée sous forme de chaleur (Guthrie et Lund, 1998). La plage de température dans laquelle le métabolisme de base est le plus faible pour maintenir l'équilibre énergétique est la zone de neutralité thermique (Guthrie et Lund, 1998). On distingue également la température critique inférieure qui correspond à la température en-dessous

de laquelle la production de chaleur par l'organisme augmente afin de compenser la perte de chaleur dans l'environnement ; et la température critique supérieure à partir de laquelle la perte de chaleur par évaporation augmente pour permettre la réduction de la température corporelle (Cymbaluk et Christison, 1990). Durant les années 1997 et 1998, Karin Morgan et d'autres chercheurs ont tenté d'objectiver les différents seuils de températures précédemment cités. Pour cela, plusieurs expériences ont été menées afin d'observer l'isolation thermique des tissus périphérique et l'effet de la robe, les capacités de dissipation de la chaleur au repos et les effets de changement de température ambiante sur la température corporelle sur cinq chevaux dans une chambre climatique à six températures différentes (-3°C, 6°C, 15°C, 20°C, 30°C et 37°C). Ces études ont montré que la perte totale de chaleur était augmentée pour des températures inférieures à 5°C. Au-delà de 20°C la perte de chaleur par évaporation augmentait, à 25°C la perte totale de chaleur augmentait et à 30°C la vasodilatation périphérique était maximale. Les résultats de l'étude ont conclu à une zone de neutralité thermique comprise entre 5°C et 25°C (Morgan, 1998). Cependant, il est difficile de définir des valeurs absolues de neutralité thermique, celles-ci pouvant varier selon la race et la région dans laquelle se trouve les individus. Ainsi des études ont montré que la zone de thermoneutralité est comprise entre 10°C et 30°C ou entre 5°C et 27°C pour les chevaux britanniques, entre 7°C et 29°C pour les chevaux américains et entre -7°C et 29°C pour les chevaux canadiens (Cymbaluk et Christison, 1990). Certains chevaux peuvent se retrouver en situation de stress thermique, lorsque les capacités de dissipation de la chaleur sont dépassées. C'est notamment le cas des chevaux athlètes produisant un effort intense par temps chaud ou par temps chaud et humide (Kang *et al.*, 2023). Le principal mécanisme de dissipation de la chaleur est la sudation, abondante chez le cheval, suivie par l'évaporation de l'eau des voies respiratoires (Guthrie et Lund, 1998). De plus, en été lorsque les conditions climatiques sont les plus chaudes, le poil des chevaux est le plus fin et lisse afin de réduire la chaleur absorbée par la réflexion des rayons du soleil. Quelques auteurs ont suggéré que l'obésité pourrait intensifier le stress thermique et rendre les chevaux touchés moins tolérants à la chaleur, la graisse sous-cutanée semblant altérer les échanges de chaleur avec l'extérieur (Cymbaluk et Christison, 1990). Néanmoins aucune étude expérimentale ne s'est intéressée à l'effet de l'obésité sur la thermorégulation chez le cheval pour le moment.

En conclusion, les conséquences de l'obésité sont encore mal connues et mal comprises chez le cheval. Il reste encore de nombreuses études à mettre en œuvre afin de mieux comprendre les relations entre l'obésité et les désordres métaboliques comme l'insulino-résistance, l'inflammation, le métabolisme hépatique et lipidique. La compréhension de ces mécanismes pourrait permettre à l'avenir de développer des outils de prédiction des troubles métaboliques associés à l'obésité chez les chevaux (Girardi 2019).

4. Impact sur la reproduction

De façon équivalente aux observations faites dans la population générale de chevaux occidentaux, l'augmentation de la prévalence de l'obésité ne semble pas faire exception chez les juments mises à la reproduction. Celles-ci sont généralement exposées à la suralimentation en fin de gestation et à la sous-alimentation en début de lactation (Wolter *et al.*, 2014). Les performances de reproduction étant un paramètre clé de l'élevage, des études se sont intéressées depuis longtemps à l'impact de la condition corporelle et de l'alimentation chez la poulinière. Il est admis, tout comme en élevage bovin, que l'alimentation de la poulinière pendant la gestation et la lactation est importante non seulement pour sa propre santé et sa fertilité, mais aussi pour le développement et la santé de son

poulain (Robles 2021). En effet, les recherches de ces dernières années ont montré que la nutrition et l'adiposité de la jument peuvent influencer la santé (affections ostéo-articulaires, croissance) et le métabolisme à long terme du poulain (métabolisme lipidique et glucidique).

a. Impact sur la santé de la jument, les performances de reproduction et le déroulement du poulinage :

- Impact sur la cyclicité et la fertilité :

Dès les années 1980, Henneke *et al.* (1984) se sont intéressés aux performances de reproduction de 927 juments dans des haras aux Etats-Unis. Les techniciens des haras étaient formés pour attribuer les notes d'état corporel selon l'échelle du même auteur. Les juments étaient évaluées à leur arrivée, suite au poulinage ou à la confirmation de gestation et lorsqu'elles quittaient les haras. Les juments avec une NEC trop basse était nourrie afin de reprendre du poids tandis que les autres étaient maintenues dans leur état corporel d'arrivée. Les résultats ont montré que la NEC avait un impact sur les performances de reproduction lorsqu'elle était inférieure à 5/9. Le taux de gestation était nettement diminué chez les juments avec une NEC inférieure à 5/9. Tandis que l'obésité n'avait pas impacté les délais de mise à la reproduction et le déroulement du poulinage (Henneke *et al.*, 1984). Ces observations ont été confirmées par une autre étude du même auteur, portant sur 32 juments quarter horse soumises à différents niveaux d'apport énergétique durant les 90 jours précédant le poulinage ainsi que les 90 premiers jours de lactation. Les groupes A et B bénéficiaient d'une prise de poids jusqu'au poulinage (4,5 kg/sem), conservé lors de la lactation pour le groupe A tandis que le poids était perdu progressivement pour le groupe B en modulant l'apport de concentrés. Les groupes C et D étaient soumis à une perte de poids de 4,5 kg/sem avant le poulinage et l'état corporel était conservé pour le groupe C tandis que les apports d'énergie étaient augmentés pour le groupe D lors de la lactation. Malgré ces variations d'apport alimentaire et d'état corporel, la durée de gestation était similaire pour les quatre groupes de juments. Néanmoins, l'intervalle entre le poulinage et la deuxième ovulation était significativement rallongé pour les juments du groupe C. Les juments du groupe D ont été exclus du fait d'avortement ou de problème de santé sans lien avec l'étude, n'ayant pas permis de collecter leurs données. Ce qui fait que l'observation précédente ne concerne que 8 juments comparées à 16 autres. Les auteurs ont également mis en évidence un taux de gestation sur trois cycles diminué pour les juments du groupe C par rapport aux juments des groupes A et B (50 % vs 100 % respectivement) (Henneke *et al.*, 1984). De façon similaire à ce qui a été mis en évidence chez les bovins, la restriction calorique durant la gestation semble avoir un effet significatif sur les intervalles de retour en œstrus et sur le taux de gestation lors de la saison de reproduction suivante chez la jument.

Les publications plus récentes continuent à s'accorder sur le fait qu'un équilibre énergétique positif et une bonne condition corporelle sont bénéfiques pour la cyclicité et la fertilité chez la jument. En revanche, les résultats concernant les effets de l'obésité sur les performances de reproduction sont contradictoires selon les études. Il n'existe pas à l'heure actuelle de preuves suffisamment solides associant l'obésité à des changements du cycle œstral ou des échecs d'ovulation (Hallman *et al.*, 2023). En revanche, l'obésité semble affecter directement l'endomètre équin. Une des premières études sur le sujet a été menée en 2018 afin de déterminer l'impact de l'obésité maternelle, en l'absence d'un régime riche en graisses, sur l'endomètre équin et à deux stades du développement embryonnaire. Pour cela, 15 juments de selle dont 6 d'entre-elles étaient obèses

ont été suivies durant plusieurs cycles de reproduction au sein de l'Université du Colorado. Les embryons ont été prélevés soit 8 jours après l'ovulation qui était induite, soit 16 jours après une ovulation naturelle. Lors des prélèvements de l'embryon au 16ème jour après l'ovulation, une biopsie utérine dans la corne controlatérale était également réalisée. Les gènes associés aux cytokines inflammatoires, au stress oxydatif et au stress du réticulocytes endoplasmiques étaient exprimés en quantité relative plus élevées dans le trophoctoderme des embryons prélevés au 8ème et 16ème jour chez les juments obèses par rapport aux juments en bon état corporel. Les mêmes observations ont été faites sur les biopsies d'endomètre des juments obèses (Sessions-Bresnahan *et al.*, 2018). Une autre étude similaire menée en 2022, rapportée par la revue réalisée par Hallman, a également mis en évidence une augmentation du stress oxydatif et une apoptose précoce des cellules de l'endomètre chez les juments obèses. Néanmoins, les conséquences cliniques de ces observations ne sont pas connues pour le moment (Hallman *et al.*, 2023).

- Impact sur le déroulement du poulinage :

Concernant l'impact d'un état d'obésité sur le déroulement du poulinage, aucune étude n'a observé de complications lors du poulinage lié au statut obèse chez les juments multipares (Kubiak *et al.*, 1988 ; Robles *et al.*, 2017, 2018). En 1988, une étude a été conduite sur 20 juments multipares de race quarter horse soumises soit à une alimentation contrôlée afin de maintenir un état corporel modéré de 5,5 à 7/9 durant toute la durée de gestation, soit à une alimentation à 150 % des BE selon recommandations du NRC à l'époque afin d'atteindre durant la gestation un état d'obésité de 9/9 et ce jusqu'au poulinage. Le régime alimentaire était mis en place entre le 40ème et le 75ème jour de gestation jusqu'au poulinage. Le déroulement du poulinage était observé et filmé depuis une plateforme située à l'extérieur de la stalle afin de ne pas déranger les juments. L'ensemble des paramètres observés (intervalle entre la rupture de la membrane allantochorionique et l'apparition du nez ou le passage de la tête, du thorax ou des hanches, intervalle entre la naissance et la rupture de l'ombilic, temps de la mère et du poulain pour se mettre debout, temps pour téter, évacuer le méconium ou délivrer le placenta) n'ont pas été affectés par l'état corporel des juments multipares et étaient similaires à ceux rapportés dans la littérature (Kubiak *et al.*, 1988). Des observations plus récentes conduites dans le cadre d'étude portées sur l'influence de la NEC et de la nutrition des juments sur le développement et les affections du poulains ont également montré un bon déroulement du poulinage quel que soit la NEC des juments (Robles *et al.*, 2017, 2018 ; Hallman *et al.*, 2023).

- Impact sur la production de lait (qualité et quantité) :

En dehors d'une étude datant de 1991, il n'y a pas eu beaucoup d'autres études revues par les pairs portant sur l'effet de l'obésité sur la production et la composition du lait chez les juments (Hallman *et al.*, 2023). L'étude de 1991 a été menée sur les 20 juments citées précédemment dans le cadre de l'étude sur le déroulement du poulinage selon la NEC. Celles-ci ont été observées à partir du poulinage afin de déterminer si l'obésité induite par l'alimentation, initiée durant la gestation, pouvait affecter négativement la quantité et la qualité du lait produit. Les deux groupes de jument, obèses ou en bon état corporel, ont été nourries à hauteur de 100 % de leur BE selon la NRC à partir du poulinage. Afin d'évaluer la quantité de lait produite, deux mesures ont été réalisées lors du 30ème et du 60ème jour de lactation. Les poulains étaient mis à jeun durant 3h, puis peser avant de téter jusqu'à satiété et à nouveau pesés afin d'estimer la quantité de lait ingéré. Cette manipulation a été réalisée quatre fois de suite durant la journée. Les rendements laitiers estimés pour les quatre périodes d'allaitement ont été additionnés et multipliés par deux pour obtenir une

estimation de la production laitière journalière. Du lait a également été prélevé en même temps que les poulains étaient sur la mamelle opposée. Les prélèvements ont été réalisés de façon à avoir les deux mamelles prélevées sur la journée. Les résultats ont montré que la composition du lait (matières grasses, protéines, solides totaux) n'a pas été affectée par la note d'état corporel des juments durant la gestation dans cette population. Il n'y a pas eu non plus de différence significative de la quantité de lait produite entre les deux groupes de juments, néanmoins une tendance à une production diminuée de lait chez les juments obèses par rapport aux juments témoins a été observée (13 kg par jour contre 14,4 kg respectivement). De plus, une différence de croissance des poulains a été observée, avec un poids et une circonférence thoracique augmentés pour les poulains des juments du groupe d'état corporel normal (118 kg à la fin de l'étude contre 105 kg, circonférence thoracique 108 cm contre 104 cm respectivement). Ces différences peuvent être attribuées selon les auteurs à la moindre production laitière observée chez les juments obèses associée ou non à des différences génétiques. Afin de diminuer l'effet de la génétique sur les résultats, toutes les juments de même race ont été inséminées avec les semences du même étalon. La principale limite de cette étude est le faible nombre de juments observées. Une hypothèse des auteurs sur l'influence de l'obésité sur la production laitière, serait un dépôt adipeux dans la glande mammaire diminuant ainsi la sécrétion laitière (Kubiak *et al.*, 1991). Aucune étude n'a pour l'instant permis de confirmer cette hypothèse. Un effet similaire a été démontré chez les bovins, le gain de poids moyen quotidien doit être limité chez les génisses pré-pubères laitières, au risque d'observer une diminution du développement du parenchyme mammaire au profit du tissu adipeux et par la suite une moindre production laitière.

En plus des conséquences de l'obésité sur les performances de reproduction, le développement et la santé du poulain peuvent être affectés par l'état d'adiposité de leur mère.

b. Impact sur le développement et la santé du poulain :

Deux types de surpoids peuvent exister chez la jument reproductrice. Une jument peut être en surpoids en raison d'une suralimentation à court terme pendant la gestation ou résulter d'une suralimentation à long terme et/ou d'une maladie métabolique. Les conséquences sur le développement du poulain diffèrent selon le type de surpoids (Robles *et al.*, 2021). Dans les études rapportées par la revue rédigée en 2021 par Robles, l'obésité induite en début de gestation diminue le poids et le périmètre thoracique des poulains. Tandis que lors d'obésité en fin de gestation, la croissance du poulain n'est pas affectée (Robles *et al.*, 2021). Cette observation avait déjà été faite dans l'une des études menées par les équipes de Henneke *et al.* (1984) et citée précédemment. Sur les quatre groupes de juments quarter horse avec un régime alimentaire différent dans le 90j pré- et post-poulinage, le poids moyen à la naissance et à 90j était similaire entre tous les poulains, tout comme leur taille au garrot ou leur périmètre thoracique (Henneke *et al.*, 1984). Concernant les juments en obésité plus chronique, les conséquences semblent surtout porter sur le métabolisme et les affections ostéo-articulaires (Robles *et al.*, 2021).

Afin d'investiguer ces problématiques, des études ont été menées en France au sein de la ferme expérimentale de l'Institut Français du Cheval et de l'Équitation (IFCE) en 2015. Elles visaient à étudier les effets de l'obésité maternelle sur la croissance, le métabolisme, l'inflammation de bas grade, la maturation testiculaire et les lésions ostéo-articulaires (en particulier l'ostéochondrose) des poulains jusqu'à l'âge de 18 ou 24 mois. Le troupeau utilisé dans ces études était constitué de 24

juments multipares croisées (anglo-arabe et selle français) inséminées artificiellement avec le même étalon. Dans la première étude, les poulinières ont été supplémentées (groupe B) ou non (groupe F) en concentrés de la mi-gestation jusqu'au terme. Les juments F, nourries uniquement de fourrage, ont été déficientes en énergie et ont perdu leur état corporel jusqu'à la mise bas. Les juments B ont quant à elles maintenues un état corporel optimal tout au long de la gestation et de la lactation. Les poulains étaient au pré en troupeau accompagnés de leur mère à partir de 3 j après leur naissance jusqu'à leur sevrage à 6 mois. Ensuite, ils étaient logés en stabulation afin de passer l'hiver et d'être castrés pour les mâles. Ils retournaient ensuite au pré en trois groupes jusqu'à leur 24 mois.

Lorsque l'on s'intéresse aux effets d'une dénutrition des juments durant la gestation, la croissance des poulains âgés de 6 à 24 mois n'a pas été affectée par le régime alimentaire de la mère ($p = 0,3$ pour le poids et $p = 0,2$ pour la hauteur au garrot à tous les âges). La seule différence observée concernait la largeur des os du canon. Les poulains du groupe B avaient des canons plus larges que les poulains du groupe F à 18 et 24 mois. Comme explicité par les auteurs, la largeur des os du canon est liée au logement et à l'exercice chez les chevaux. Les deux groupes ont été logés dans le même environnement depuis la naissance, mais leur exercice n'a pas été contrôlé. Une différence de comportement locomoteur entre les deux groupes de poulains pourrait expliquer cette observation. Des conséquences métaboliques ont été observées sur les poulains du groupe F. D'une part, l'évaluation morphologique par le système de score de la lumière des tubules et l'expression des gènes associés à la maturation testiculaire mesurées par RT-PCR (Cyp19, Cx 43, AR, STAR) ont montré que les testicules des poulains du groupe F étaient moins matures que ceux du groupe B. De plus, à l'âge de 19 mois les poulains du groupe F présentaient une sensibilité à l'insuline diminuée et une glycémie basale augmentée par rapport aux poulains du groupe B. La dénutrition maternelle s'est produite entre 200 et 321 jours de gestation, lorsque le pancréas du poulain était en cours de maturation. La résistance relative à l'insuline des poulains F pourrait être le résultat d'un défaut de maturation pancréatique induit par la dénutrition maternelle au cours du développement fœtal selon les auteurs. Dans cette étude, la proportion de yearlings présentant des lésions d'ostéochondrose ne différait pas entre les groupes ($p > 0,9$) (Robles *et al.*, 2017).

La deuxième étude a permis d'observer un groupe de jument obèses depuis l'insémination. Les 24 juments ont été divisées en 2 groupes selon leur NEC au moment de l'insémination : 10 dans le groupe normal (groupe N) ($NEC \leq 4 / 5$) et 14 obèses (groupe O) ($NEC \geq 4,25 / 5$). La variation de leur NEC durant l'année précédente était stable surtout pour les juments du groupe obèses. Jusqu'à 6 mois de gestation, les juments étaient au pré en un seul troupeau. Ensuite elles ont été logées en box avec du foin à volonté, de l'ensilage et de l'orge aplatie avec des vitamines et des minéraux jusqu'au poulinage. Les poulains ont ensuite été logés suivant le même protocole que dans l'étude précédente. À la naissance, avant la tétée, et à 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12 et 18 mois, les poulains ont été pesés et la hauteur au garrot et la largeur de la poitrine ont été mesurées. La NEC a aussi été évaluée à 330, 450, 480 et 600 jours d'âge par deux opérateurs indépendants formés. Des échantillons sanguins ont été prélevés à la naissance avant la tétée pour mesurer la leptine plasmatique, l'adiponectine, la concentration de SAA et la concentration de cortisol dans le sérum. Ces analyses ont été renouvelées à 1, 3, 6 et 12 mois.

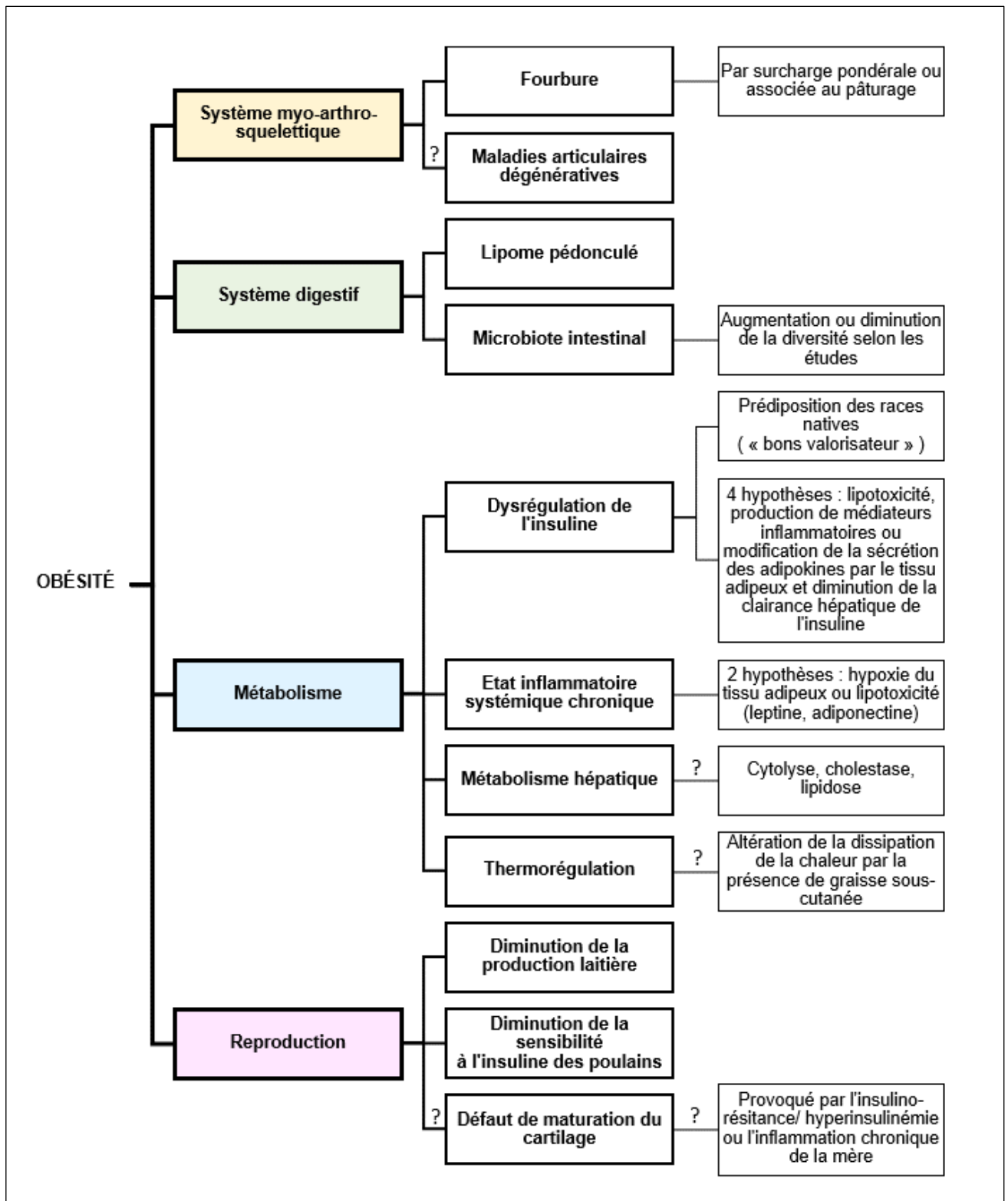
Durant la gestation, les auteurs ont observé que les juments obèses étaient plus résistantes à l'insuline en fin de gestation ($p = 0,001$). La résistance à l'insuline était mesurée par un test dynamique de tolérance au glucose par voie intraveineuse. De plus, les concentrations plasmatiques de SAA étaient plus élevées chez les juments obèses que chez les juments normales pour lesquelles les concentrations sont restées stables ($p = 0,04$) de 30 jours de gestation jusqu'au poulinage, démontrant la présence d'une inflammation de bas grade chez les juments obèses. Également, les concentrations plasmatiques de leptine étaient augmentées alors que les concentrations

plasmatiques d'adiponectine étaient diminuées chez les juments obèses pendant la gestation (Robles *et al.*, 2018).

Concernant les poulains, à nouveau il n'y a pas eu de différence de croissance significative observée entre les poulains des deux groupes. Il n'y a pas eu non plus de différences significatives des concentrations d'hormones thyroïdiennes ou de la maturation testiculaire. Néanmoins, des différences d'insulino-sensibilité, d'inflammation et la présence de lésions d'ostéochondrose ont été observées. L'insulino-sensibilité était mesurée par un test FSIGT. A 6 et 18 mois les poulains des juments obèses étaient plus résistants à l'insuline que les poulains des juments N. En revanche, à l'âge de 12 mois après avoir été nourris deux fois par jour avec des concentrés, les yearlings N ont été plus affectés métaboliquement par des repas riches en hydrates de carbone que les yearlings O car leur sensibilité à l'insuline a diminué entre 6 et 12 mois alors que la sensibilité à l'insuline des yearlings O n'a pas changé. Les concentrations plasmatiques de SAA étaient significativement plus élevées chez les poulains O que chez les poulains N ($p = 0,048$) à 6 mois. Cette différence n'a pas été observée à nouveau à 12 mois, celle-ci pouvant alors refléter une transmission de l'inflammation des juments aux poulains via le lait. Enfin, à l'âge de 12 mois, plus de yearlings du groupe O (7 sur 13) étaient atteints de lésions d'ostéochondrose par rapport aux yearlings du groupe N (1 sur 10, $p = 0,03$). En revanche, la proportion d'individus présentant des lésions ne différait pas entre les groupes à l'âge de 6 et 18 mois. Des études expérimentales rapportées par les auteurs ont établi un lien entre la résistance à l'insuline ou l'hyperinsulinémie et des défauts de maturation du cartilage. Une inflammation de bas grade peut également influencer la maturation du cartilage. Les concentrations de glucose et d'insuline dans le plasma post-prandial n'ayant pas été analysées dans cette étude, les hypothèses restent à l'état de supposition. Les auteurs ont pu conclure à partir de ces données que l'obésité gestationnelle semblait avoir des conséquences sur la santé des poulains et à terme probablement également sur leur développement métabolique et leur performance sportive. Ainsi, la principale recommandation découlant de ce travail est que les poulinières doivent être maintenues à un état corporel optimal (environ 3/5 ou 6/9 selon l'échelle) pendant la gestation (Robles *et al.*, 2018).

Les conséquences de l'obésité sont multiples et les études dans ce domaine sont encore à leur balbutiement en particulier en médecine interne. La Figure 8 reprend les principales conséquences associées à l'obésité présentées au cours de cette portion.

Figure 8 : Illustration schématique des conséquences de l'obésité présentées lors de ce travail.



Quatrième partie : La gestion du surpoids

Les recherches s'étant intéressées à la problématique de la perception du surpoids par les propriétaires ont mis en lumière, pour certaines, les difficultés rencontrées lors de la mise en place de mesures afin de gérer le surpoids de leur cheval. D'une part, une partie d'entre-eux sont dépendants de la gestion de leurs chevaux par les écuries dans lesquelles ils sont en pension et ne gèrent donc pas directement le type d'alimentation distribué, la provenance, la composition et le mode de distribution. D'autre part, la gestion du surpoids peut parfois passer par des mesures difficiles à mettre en œuvre pour les propriétaires en raison d'un impact sur le bien-être ou la relation avec leur cheval. D'autres contraintes comme un manque de temps sont également rencontrées par les propriétaires. Par exemple, l'analyse de 15 fils de discussion ouverts entre octobre 2014 et mars 2016 sur des forums équins populaires en Angleterre a montré, qu'au-delà des stratégies pour identifier le surpoids et mettre en œuvre des mesures de gestion, les préoccupations des propriétaires portaient principalement sur l'équilibre entre les méthodes de restriction du poids et le bien-être physique et émotionnel de leur cheval. De plus, la gestion du temps et l'environnement en pension ont également été mentionnés dans ces discussions comme des facteurs limitant les mesures de gestion du surpoids. De ce fait, certaines mesures visant à faire perdre du poids aux chevaux peuvent s'avérer difficiles à mettre en place par les propriétaires et il est important de comprendre ces aspects afin de mieux les aider et les conseiller (Furtado *et al.*, 2017). La complexité de cette situation peut être résumée par la citation suivante : « La plupart des cas d'obésité équine et leur prise en charge se produisent en dehors du cadre clinique, dans le monde complexe de la propriété et des soins des chevaux. La population des propriétaires de chevaux de loisir, (...) est en augmentation, et pour ces propriétaires la relation cheval-homme et la fourniture de soins au cheval sont au cœur de la propriété des chevaux » (Furtado *et al.*, 2021).

1. Les bases du rationnement chez le cheval

Les bases du rationnement s'appuient d'une part sur la connaissance de la physiologie digestive du cheval et d'autre part sur la connaissance des caractéristiques des principaux aliments. Pour rappel, l'alimentation du cheval occupe la très grande majorité de leur budget temps. Les observations menées sur les chevaux de Przewalski ont montré qu'ils consacraient au minimum la moitié de leur journée, y compris la nuit, à pâturer. La durée totale moyenne d'alimentation des chevaux en liberté a été estimée à 12,5 +/- 2,5 heures. L'estomac n'est jamais complètement vide chez un cheval nourri à volonté, les aliments étant conservés pendant 85 à 300 minutes après le repas (Harris et Dunnett, 2018). De ce fait, l'acide chlorhydrique est sécrété en continu chez le cheval, même lorsque l'estomac est vide, ce qui augmente le risque d'ulcération gastrique si le cheval ne reçoit pas de fourrage régulièrement (Harris et Shepherd, 2021). En ayant connaissance de ces caractéristiques, le principe du rationnement consiste à satisfaire les besoins nutritifs par des apports alimentaires d'une part suffisants, de bonne qualité et adaptés aux facultés digestives et d'autre part équilibrées par rapport aux exigences métaboliques (Wolter *et al.*, 2014). Grâce à des tables récapitulant les besoins en énergie moyen selon le statut physiologique ou l'intensité du travail et les apports moyens selon les aliments, il est possible d'établir une ration équilibrée théoriquement. Ces calculs théoriques doivent ensuite être adaptés en fonction de l'évolution de l'état corporel, de l'aspect des

crottins, de la santé, des performances et des aptitudes sportives de chaque cheval (Wolter *et al.*, 2014).

La première étape du rationnement ne doit pas être centrée sur les besoins énergétiques ou les caractéristiques des aliments mais sur le signalement, l'historique et l'environnement du cheval. Il est nécessaire pour établir une ration de connaître l'âge, la race, la statut physiologique ou encore l'activité sportive pour mieux connaître et répondre aux besoins. L'historique nutritionnel et notamment de la ration distribuée jusqu'à présent est un élément fondamental pour évaluer comment le cheval ou le poney valorise ces apports alimentaires mais aussi quelles ont été les habitudes alimentaires jusqu'à présent (Dunnett, 2013). Il est également important de connaître l'environnement du cheval, le type d'écurie, de logement (box, alternance box et paddock, prairie), les pratiques alimentaires et de gestion car l'environnement influence grandement les aliments disponibles (Hesta et Shepherd, 2021).

Les 4 principaux composants à équilibrer dans la ration sont l'énergie digestible, les protéines, le calcium, le phosphore, plus dans certaines zones géographiques le sélénium et pour les chevaux en croissance le zinc et le cuivre. Il peut aussi être utile d'évaluer la teneur en vitamine A et E de l'alimentation pour les chevaux en croissance ou les chevaux de haut niveau (Lewis, 1995). Par exemple pour un cheval adulte de 500 kg avec une activité physique légère les apports recommandés sont de 20,0 Mcal d'énergie digestible, 699 g de protéines brutes, 30 g de calcium, 18 g de potassium et 1 mg de sélénium (NRC, 2007). L'ensemble du tableau des besoins quotidiens en éléments nutritifs pour un cheval adulte de 500 kg est disponible en Annexe 1. Le besoin en énergie digestible et protéique augmente avec la quantité d'exercice ou des dépenses de production telles que la gestation, la lactation ou la croissance. Dans le foin, les légumineuses sont plus riches en protéines que les graminées (NRC, 2007). Concernant la complémentation minérale et vitaminique, il n'est pas possible de choisir le type de complément et la quantité distribuée en l'absence d'analyse alimentaire. C'est pourquoi afin d'équilibrer l'ensemble des apports en énergie, protéines et minéraux de la ration, l'analyse alimentaire des aliments distribués et notamment des fourrages est indispensable. Idéalement, tous les fourrages devraient être vendus avec une analyse de base et les gérants d'écurie qui produisent encore leur foin doivent être encouragés à analyser systématiquement leur production. En pratique, la majorité des propriétaires ne disposent pas d'analyses (Harris et Dunnett, 2018). Dans ce cas, il ne sera pas possible de construire la ration en tenant compte des quantités recommandées. Il faudra plutôt adapter le régime alimentaire en fonction de la capacité d'ingestion et des dépenses énergétiques envisagées.

Trois autres informations sont essentielles avant d'entamer un travail de réflexion autour de la formulation ou de l'évaluation d'une ration. En premier lieu, la qualité des aliments distribués doit être optimale et vérifiée de façon régulière. Il faut inspecter les balles visuellement (traces de moisissures, poussières), sentir le foin qui doit avoir une odeur aromatique, ouvrir les silos s'il y en a et veiller au bon stockage des aliments à l'abris de l'humidité, de la poussière et des rongeurs notamment pour éviter leur dégradation et leur contamination (Hesta et Shepherd, 2021). De plus, de l'eau de bonne qualité, fraîche et propre doit être à disposition du cheval en permanence et à volonté. Les besoins en eau sont déterminés par le poids corporel des individus et influencés principalement par la température ambiante, le type d'aliment consommé, l'exercice et le statut physiologique. Un cheval adulte nourri avec du foin consomme en moyenne 50 mL/kg de poids corporel par jour, soit 25 litres d'eau par jour pour un cheval de 500 kg (Cymbaluk, 2013). Enfin, il est vivement recommandé d'utiliser le poids et non le volume des aliments afin de mesurer les quantités distribuées étant donné les variations de densités entre les aliments. Par exemple, la densité d'un litre de granulés est de 600 g/L contre 450 g/L pour les floconnés. Ainsi, à volume égal

il y aura plus de granulés distribués que de floconnés et donc un apport énergétique plus important (Barré, 2024).

a. Estimation du besoin en énergie

Une fois l'ensemble des informations concernant le cheval, sa ration actuelle et son environnement connus, la première étape du rationnement consiste à estimer le besoin en énergie du cheval. Pour cela on peut utiliser des tables, telles que celles fournies par le NRC ou l'INRA. Comme discuté précédemment, le besoin énergétique se découpe entre le besoin d'entretien constant et le besoin de production qui comprend les statuts physiologiques particuliers comme la gestation et la lactation et le niveau d'exercice quotidien. L'intensité du travail demandé est dans la plupart des cas largement surestimée par le propriétaire, il faut en tenir compte dans l'utilisation des tableaux d'estimation du besoin en énergie comme celui présenté ci-dessous (tableau 7). D'autant plus que les catégories d'intensité d'exercice semblent très vagues et subjectives ce qui laisse une grande place à l'interprétation.

Tableau 7 : Exemple de tableau d'estimation des besoins en énergie (énergie digestible) exprimée en Mcal pour un cheval adulte de 500 kg. D'après (NRC, 2007).

Statut physiologique	Activité physique	Besoin en énergie (Mcal)
Adulte	Aucune	16,7
	Faible	20,0
	Modérée	23,3
	Intense	26,6
	Très intense	34,5

On peut aussi utiliser la capacité d'ingestion afin de donner une idée de la quantité d'aliment qui peut être distribuée à volonté pour un cheval ou un poney en bon état corporel. La capacité d'ingestion varie selon l'état corporel, le statut physiologique, la nature de l'aliment distribué et le volume digestif disponible. La capacité d'ingestion est ainsi exprimée en poids de matière sèche ingérée en fonction du poids vif (kg de MS/100 kg de PV). Elle augmente avec les dépenses énergétiques, les dépenses liées à la gestation ou la lactation, le froid ou encore le stress. Il existe également des variations individuelles quantifiées à hauteur de 20 % entre des individus de même race, âge et sexe (Martin-Rosset, 2012). Il faut ainsi garder à l'esprit que la capacité d'ingestion ainsi que les besoins en énergie et en nutriments sont propres à chaque cheval. C'est pourquoi l'alimentation équine se gère à l'échelle de l'individu, la ration théorique et les besoins énergétiques estimés doivent être confrontés à l'évolution de l'état corporel du cheval ou du poney et à son niveau de performance attendu avec la ration distribuée. En cas de perte d'état ou au contraire de gain de poids, il faut adapter la ration en augmentant ou en diminuant les apports énergétiques.

En moyenne, la capacité d'ingestion d'un cheval adulte est d'environ 2 kg de MS par 100 kg de poids corporel par jour soit 10 kg de foin pour un cheval de 500 kg. La capacité d'ingestion des poneys est plus variable, elle est comprise selon les études entre 2 kg de MS et 5,1 kg de MS pour 100 kg de poids vif (NRC, 2007) ! En plus des facteurs précédemment cités, l'appétence de l'aliment comme de l'herbe ou un historique récent de restriction alimentaire peuvent également influencer la

capacité d'ingestion ce qui en fait un outil plus difficile à utiliser que le besoin énergétique pour calculer la quantité d'aliment à distribuer.

b. Fourrages

Les fourrages constituent la base de la ration du cheval. Afin de respecter les besoins physiologiques et le comportement d'ingestion propre à l'espèce, le fourrage doit être le constituant principal voire unique de la ration. Le fourrage apporte non seulement l'énergie et les nutriments nécessaires mais il contribue également à la santé digestive en stimulant le péristaltisme par effet de lest, en retenant l'eau dans les compartiments digestifs et en contribuant à l'équilibre du microbiote (Dunnnett, 2013). Pour de nombreux chevaux et poneys, l'apport d'énergie par le foin uniquement est tout à fait suffisant pour répondre à leurs besoins (Harris et Dunnnett, 2018). Par exemple, pour un cheval adulte de 500 kg avec une activité physique faible en apportant un foin de graminées de saison froide mature, récolté après épiaison (2,04 Mcal par kilogramme), distribué à hauteur de la consommation volontaire moyenne soit 10 kg de foin, les besoins en énergie digestible de 20,0 Mcal sont entièrement comblés par l'apport de ces 10 kg de foin (20,4 Mcal apportés par 10 kg).

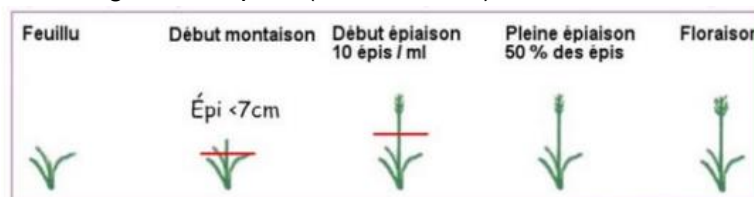
Les pâturages et les prairies généralement utilisées pour produire du foin contiennent un mélange de graminées, de légumineuses et d'autres plantes fourragères. Selon la disponibilité en nutriments du milieu et la gestion de l'exploitation, la composition des prairies peut fortement varier en termes d'espèces et de proportions relatives. Les graminées sont usuellement divisées en deux catégories : les graminées de saison froide retrouvées en zone tempérée et les graminées de saison chaude adaptées aux climats subtropicaux et tropicaux. Les graminées de saison froide sont généralement plus riches en énergie digestible, glucides non structuraux et en protéines que les graminées de saison chaude à un stade de maturité comparable. Les principaux glucides de stockage des graminées de saison froide sont le saccharose et les fructanes, avec des concentrations qui peuvent être très élevées dans des conditions environnementales favorables. La quantité de fructane peut s'avérer problématique dans le cas de chevaux ou poneys insulino-résistants comme nous le verrons un peu plus tard. Les graminées de saison chaude peuvent être plus intéressantes dans l'alimentation de ce type de chevaux car les principaux glucides de stockage sont le saccharose et l'amidon, dont la quantité de stockage est limitée (Richards *et al.*, 2021). Que l'herbe soit utilisée verte pour du pâturage ou sous forme de foin, le principal facteur de variation de la teneur en énergie digestible et en nutriments sera le stade de croissance. Au fur et à mesure de la croissance de la plante, la proportion de tige par rapport aux feuilles augmente et avec elle la proportion de parois cellulaires qui sont constituées de fibres peu digestibles (lignine, cellulose) et de glucides structuraux peu énergétiques (Longland, 2013).

La problématique principale avec l'utilisation des fourrages est la variabilité de leur composition chimique en fonction de l'état de maturité lors de la récolte, du climat, de la saison, du type de sol et de la fertilisation (NRC, 2007). Par exemple, sur neuf foins produits dans différentes régions d'Angleterre, seuls quatre satisfaisaient les besoins en protéines d'entretien pour un cheval nourri exclusivement au foin (Longland *et al.*, 2011a). C'est pourquoi l'analyse de foin est vivement recommandée. Pour cela, il faut prélever des échantillons de foin soit à l'aide d'une mèche à foin soit en prenant des poignées. Dans tous les cas, il faut prendre plusieurs échantillons sur plusieurs bottes de foin, dans des régions et à des profondeurs différentes des bottes afin de rendre l'analyse la plus représentative possible (Dunnnett, 2013). Dans l'idéal, il faut échantillonner 10 % des balles d'un lot de façon la plus aléatoire possible (Harris et Dunnnett, 2018). Néanmoins, de nombreux obstacles font que l'analyse de foin est pour le moment loin d'être un standard dans la gestion de

l'alimentation chez les équidés. D'une part, le coût peut être prohibitif. En outre, de plus en plus de gérants d'écurie ou de propriétaires passent par des grossistes en alimentation ce qui fait que la provenance du foin et le lot est variable à chaque livraison ce qui nécessite de répéter l'analyse alimentaire plusieurs fois dans l'année. Dans ce cas de figure, les bottes pouvant provenir de lots différents, l'échantillonnage peut ne pas refléter la composition moyenne de l'ensemble des bottes. De plus, les particuliers commandent souvent en petite quantité les lots de foin, ce qui fait que le temps de recevoir les résultats de l'analyse alimentaire, un autre lot de foin a été entamé (Hesta et Shepherd, 2021 ; Richards *et al.*, 2021). Dans ces conditions, l'analyse de foin est difficile à mettre en œuvre.

De ce fait, même si l'analyse alimentaire reste la référence, d'autres méthodes pour évaluer grossièrement la qualité du foin existent. Pour rappel, le foin est usuellement récolté au début de l'épiaison afin de maximiser son apport énergétique. L'épiaison correspond au moment où les premiers épis de graine sortent de la gaine. On considère le stade de début d'épiaison lorsque sur un mètre de prairie, 5 à 10 % des épis sont sortis de leur gaine. Si 50 % des épis sont sortis sur un mètre, le stade sera la pleine épiaison. Si le foin est récolté plus tardivement, au moment de la floraison (étamines sorties), son apport énergétique sera diminué. Il faut donc observer le foin, afin de déterminer s'il a été récolté avant l'épiaison (épis dans les gaines), au moment de l'épiaison (épis sortis des gaines) ou lors de la floraison (Wolter *et al.*, 2014 ; Ponter, 2022) (Figure 9).

Figure 9 : Les stades de développement des graminées fourragères. Le trait rouge représente la hauteur de la gaine. D'après (Ponter, 2022).



Il est également possible d'utiliser le rapport tige/feuille pour estimer la qualité nutritionnelle d'un foin. Au fur et à mesure que les plantes mûrissent, le nombre de tiges augmente par rapport au nombre de feuilles ce qui fait que la fraction de fibres augmente, tandis que l'énergie digestible et les protéines diminuent. Ainsi, si les tiges sont plus nombreuses que les feuilles cela indique que le foin a été récolté plus tardivement et qu'il est plus riche en fibre et moins riche en énergie digestible qu'un foin plus jeune (Hesta et Shepherd, 2021).

Concernant la taille des repas distribués, afin de respecter le comportement alimentaire du cheval et de minimiser au maximum la durée des périodes sans possibilité de se nourrir, il est conseillé de ne pas dépasser une période de 4-5h sans apports alimentaires. De plus, les repas plus copieux ont un taux de vidange stomacal plus élevé que de plus petits repas. Les aliments transitent plus vite, ils sont moins bien digérés et les nutriments ont moins de temps pour être absorbés. C'est pourquoi il faut privilégier la distribution de plusieurs petits repas au cours de la journée (Harris et Shepherd, 2021).

Les fourrages sont des aliments riches en fibres obtenus en coupant et en conservant la plante entière. Les fibres sont des éléments d'origine végétale, peu digeste ou à fermentation lente. D'un point de vue chimique, les fibres sont définies comme un mélange de cellulose, d'hémicelluloses, de certaines pectines et de lignine, ainsi que de protéines et de lipides indigestes. Les fibres peuvent être apportées soit par du pâturage à volonté, soit par des fourrages conservés

(foin, enrubannage, ensilage). Le foin est le fourrage conservé le plus utilisé. On distingue plusieurs catégories de fibres dans une analyse alimentaire (tableau 8) :

Tableau 8 : Les différents types de fibres définies par analyse chimique. D'après (NRC, 2007).

TDF (total dietary fiber) = fibres alimentaires totales	Correspond à la cellulose, l'hémicellulose, les oligosaccharides (polymères non- α -glucose), la lignine, les pectines, les mucilages, les gommes, les cires, la cutine et la subérine, entre autres.
NDF (neutral detergent fiber) = fibres détergentes neutres	Utile pour mesurer les constituants de la paroi cellulaire dans les fourrages : cellulose, hémicellulose et lignine en tant que composants principaux.
ADF (acid detergent fiber) = fibres détergentes acides	Correspond à la somme de la cellulose, de la lignine, de l'ADIN (acid detergent insoluble nitrogen), des cendres insolubles dans l'acide (AIA) et de la silice.
Lignine	C'est un composé phénolique qui limite la digestion des polysaccharides. Il y a des composés phénoliques dans la paroi cellulaire, les principaux sont la lignine et des acides phénoliques chimiquement liés à la lignine ou aux polysaccharides de la paroi cellulaire.
Fibre brute	Fait toujours partie des analyses courantes même si la méthode Weende utilisée est approximative entre glucides structurels et non structurels.

On peut diviser de façon plus simple les fibres en deux grandes catégories : solubles ou insolubles. Les fibres solubles (surtout retrouvées dans les pulpes de betterave, grains et issues) sont très fermentescibles, elles ont des propriétés viscosogènes qui influencent positivement la satiété, diminuent la vitesse de digestion et jouent un rôle sur le métabolisme de la glycémie et de l'insuline notamment. Elles peuvent être estimées en soustrayant les NDF des TDF. Les fibres insolubles principalement constituées de cellulose vraie (foin récolté tardivement, paille) jouent quant à elles un rôle de lest, indispensable afin de stimuler le péristaltisme et d'éviter la dysbiose intestinale. Elles participent également à la satiété par leur volume, à la fermentation et ralentissent la vitesse de transit. En revanche, elles ont un effet négatif sur la digestibilité (Wolter *et al.*, 2014). La fermentation caecocolique des fibres produit des AGV : acide acétique principalement, propionique et butyrique qui couvrent entre 1/4 et 1/3 des besoins énergétiques. Les besoins optimaux de fibres dans la ration du cheval sont de 17 % de cellulose brute, 20 % de fibres détergentes neutres (NDF) et 12 à 13% de fibres détergentes acides (Wolter *et al.*, 2014) (tableau 9).

Tableau 9 : Taux de fibres dans la ration totale du cheval recommandé (exprimés en %). D'après (Wolter *et al.*, 2014).

Type de fibres	Minimum	Optimal	Maximum
Cellulose brute de Weende	15	17	≥ 25 - 30
NDF (fibres détergentes neutres)	18	20	≥ 30 - 35
ADF (fibres détergentes acides)	10 – 11	12 – 13	≥ 20 - 25

Ainsi, la consommation de fourrage est importante non seulement pour son aspect nutritionnel mais aussi pour son rôle dans la santé gastro-intestinale et le comportement d'ingestion propre à l'espèce (Wolter *et al.*, 2014 ; Harris et Dunnett, 2018 ; Harris et Shepherd, 2021).

c. Pâturage

Plus de 90 % des chevaux britanniques accèdent à un pré pendant au moins une partie de la journée (Furtado *et al.*, 2022). Le fait d'accorder au moins un accès partiel à un pré est vu comme un idéal par de nombreux propriétaires de chevaux et poneys, notamment de loisirs, car cela leur permet d'exprimer le comportement naturel en broutant et se déplaçant pendant plusieurs heures et de vivre en groupe (Cameron *et al.*, 2021). Selon la disponibilité des pâturages de la région, les préférences des propriétaires, des gérants d'écurie ou des éleveurs, les chevaux peuvent ainsi être nourri toute l'année, une partie de l'année seulement ou une partie de la journée avec de l'herbe fraîche. De la même manière que le foin qui peut être récolté à partir de ces pâtures, la composition des espèces composant une prairie et la teneur en nutriments peut varier considérablement d'une période à une autre. Le stade de maturité de l'herbe reste une donnée très importante, la teneur en sucres solubles et en énergie digestible diminuant à mesure que la plante grandit (Longland, 2013). La problématique principale quant au rationnement d'un cheval au pâturage est de connaître à la fois ce qu'il consomme durant une journée et d'autre part la valeur énergétique et la teneur en nutriments de ce qui est consommé. Les analyses de fourrages étant déjà rarement réalisées, il en est de même pour les analyses de pâturage. Les propriétaires sont davantage amenés à s'intéresser aux apports des pâturages et à leur gestion dans le cas où leur cheval ou poney est en surpoids ou s'il présente des affections associées à l'obésité.

Dans le cas d'un cheval ou d'un poney en bon état corporel, les publications récentes recommandent d'équilibrer les apports de foin et d'herbe de la façon suivante si le cheval ou le poney reçoit à la fois de l'herbe et du foin durant la journée (Harris et Shepherd, 2021) :

- Si accès à un pré pendant quatre à huit heures : distribution de 75 % à 50 % respectivement de la quantité de foin totale (soit 2 % de matière sèche pour 100 kg de poids vif). Par exemple pour un cheval de 500 kg passant 4 heures au pré, distribution de 7,5 kg de foin sur les 10 kg qui lui sont normalement alloués le reste de la journée
- Si accès à un pré pendant huit à douze heures : distribution de 50 % à 25 % respectivement de la quantité de foin totale.

d. Concentrés

Les concentrés sont des aliments à base de céréales (avoine, orge, son de blé, graines de lin) et de plantes riches en énergie (tourteau de soja, tourteau de colza, luzerne déshydratée, flocons ou pulpe de betterave). On différencie les fourrages des concentrés par le pourcentage de cellulose brute, les concentrés sont des aliments avec moins de 18 % de cellulose brute (Ponter, 2019). Les concentrés ont été utilisés historiquement car les chevaux étaient occupés la majorité de la journée pour le travail dans les champs ou en ville pour le transport et leur temps d'ingestion était trop court pour satisfaire leur besoin énergétique uniquement à l'aide des fourrages. De plus, il était difficile d'obtenir et de transporter des grands volumes de fourrages. C'est ainsi que les chevaux ont commencé à recevoir de l'avoine, de l'orge ou des légumineuses pour satisfaire leur besoin énergétique en un temps très court (Harris *et al.*, 2017). Cependant aujourd'hui, la plupart des chevaux et poneys ont une activité de loisirs et peuvent occuper la plupart de leur temps à l'alimentation. Dans ce cadre, ils n'ont plus besoin de recevoir de céréales ou de concentrés pour satisfaire leur besoin énergétique. Néanmoins, de nombreux propriétaires et gérants d'écurie continuent par habitude, par commodité pour acheter et distribuer moins de foin ou en guise de récompense à distribuer ce type d'aliment à leurs chevaux (Lewis, 1995) ce qui peut conduire dans de nombreuses situations à une suralimentation comme décrite précédemment (II.1).

Les glucides distribués dans la ration proviennent en majorité du contenu cellulaire et des parois végétales du foin et des céréales distribuées. Les principales catégories de glucides, appelées hydrates de carbone, par analyse chimique sont les suivantes :

Tableau 9 : Les différents types de glucides définis par analyse chimique. D'après (NRC, 2007).

NFC (non fiber carbohydrates) = glucides non fibreux	= glucides n'appartenant pas aux parois cellulaires. Ils sont divisés en quatre catégories : acides organiques, sucres (mono et oligosaccharides), amidon et fibre détergente neutre soluble (NDF). Obtenu par le calcul suivant : $100 - (\text{protéines} + \text{NDF} + \text{cendres})$.
WSC (carbohydrates)	= hydrates de carbone solubles dans l'eau ou dans le contenu gastro-intestinal. On trouve les monosaccharides (par exemple, glucose, fructose, galactose), les disaccharides (par exemple, saccharose, melibiose), les oligosaccharides (par exemple, raffinose, stachyose) et certains polysaccharides. Le glucose et le fructose constituent généralement la quasi-totalité des sucres réducteurs libres et, avec le saccharose et le maltose, la totalité des sucres totaux libres présents dans les espèces de graminées et de légumineuses.
Amidon	= glucide très digestible, utilisé par les plantes comme glucide de réserve. Les grains ont une haute teneur en amidon (Ponter, 2019).

Les chevaux et poneys ont des capacités limitées à digérer l'amidon dans l'intestin grêle, notamment du fait du temps de transit assez rapide dans cette région du tube digestif (Harris et Dunnett, 2018). En cas de suralimentation en amidon, celui-ci atteint le côlon où il est fermenté, pouvant provoquer des troubles intestinaux comme de la dysbiose avec une production massive de gaz et des coliques ou de la diarrhée (NRC, 2007). Il est ainsi recommandé de limiter les apports d'amidon par repas à des niveaux inférieurs à 0,2-0,4 % du poids corporel (NRC, 2007) ou moins de 1 g par kg de poids corporel et moins de 2 g par kg par jour (Dunnett, 2013). En cas de besoin

énergétique accru, on peut réduire l'apport d'amidon ou le suppléer en ajoutant des matières grasses dans la ration comme des huiles végétales. Les huiles végétales apportent en moyenne 9,19 Mcal/kg (NRC, 2007). Les huiles doivent être introduites progressivement dans la ration, sur un support qui permet leur absorption comme de l'aliment fibré et la quantité distribuée peut aller jusqu'à 300 mL par jour (Barré, 2024).

En reprenant l'exemple d'un cheval adulte de 500 kg ayant une activité physique légère, avec un besoin énergétique en énergie digestible de 20 Mcal : si le propriétaire souhaite absolument distribuer des concentrés en deux repas par jour, il faudra réduire la quantité de foin distribuée selon l'apport énergétique des concentrés choisis. Par exemple avec un aliment concentré fibré qui apporte 2,15 Mcal/kg, le propriétaire peut en distribuer 1 kg par repas ce qui apportera 4,3 Mcal par jour. Dans ce cas, il reste à apporter avec le foin 15,7 Mcal. En utilisant un foin de qualité moyenne récolté après épiaison (2,04 Mcal par kilogramme), le propriétaire pourra distribuer au cours de la journée 7,7 kg de foin. Il est à noter que la consommation de fourrages ne doit pas représenter moins de 1,5 % du poids corporel, sauf dans situations bien définies et maîtrisées comme la perte de poids, afin de maintenir la santé digestive et mentale (Dunnett, 2013). Ainsi pour le cheval adulte de 500 kg avec une activité physique légère, le propriétaire ne pourra pas distribuer moins de 7,5 kg de foin par jour. Il ne pourra donc pas distribuer plus de 2 kg de l'aliment concentré fibré choisi. Il devra sinon choisir un autre aliment concentré moins dense en énergie ou ne pas en distribuer, car comme montré précédemment le besoin énergétique de ce cheval est satisfait par la distribution de foin à hauteur de sa consommation volontaire.

e. Complément minéral et vitaminique

La question de la complémentation minérale et vitaminique est régulièrement posée par les propriétaires. Certains foins peuvent également être trop pauvres en protéines. Dans le cadre d'une ration formulée à l'aide d'analyse alimentaire, il est aisé d'équilibrer les besoins en minéraux, vitamines et protéines en fonction des aliments apportés. En cas de carence ou de déséquilibre, un aliment complémentaire minéral et vitaminique spécialement formulé ou un autre aliment peut être ajouté à la ration. Par exemple, si le rapport phosphocalcique est déséquilibré avec un excès de calcium par rapport au phosphore, du son de blé riche en phosphore peut être ajouté à la ration.

Les propriétaires mettent souvent à disposition des chevaux et poneys des blocs de minéraux. Or s'il a été prouvé que les chevaux sont capables d'adapter leur consommation de sel à leurs besoins, la réciproque n'a pas encore été démontrée pour les autres minéraux. De plus, il n'est pas possible de suivre et de quantifier la consommation en quantité suffisante pour satisfaire les besoins lorsque les chevaux ont à disposition des blocs de minéraux (Wolter *et al.*, 2014). Des compléments alimentaires à distribuer comme des granulés, uniquement à base de minéraux et vitamines ou également accompagnés d'aliments à faible teneur énergétique comme des granulés d'herbe, de la paille hachée sont également disponibles sur le marché. Ils sont appréciés des propriétaires car leur distribution reproduit celle des concentrés, qui constituent fréquemment une forme de récompense et créent du lien entre les propriétaires et leurs chevaux. Par rapport au bloc de minéraux, la quantité distribuée et consommée est facile à contrôler. En revanche, le choix de la quantité à donner doit se faire en fonction de la composition des autres aliments composant la ration (Shepherd *et al.*, 2021).

En l'absence d'analyse alimentaire, il n'est pas possible d'équilibrer une ration et le choix d'apporter à l'aveugle une concentration minérale et vitaminique peut avoir des conséquences

néfastes. En effet, selon la composition du foin, un complément minéral et vitaminique peut parfaitement être adapté pour le foin d'une région et au contraire ne pas bien compléter celui d'une autre région donnée (Shepherd *et al.*, 2021). Pour un cheval ou un poney de loisirs nourri avec un foin de bonne qualité, la question de la complémentation ne semble pas nécessaire. En revanche, pour un cheval de haut niveau, une jument en lactation ou en gestation un apport peut être nécessaire mais uniquement sur la base d'analyses (Barré, 2024).

En conclusion, l'ensemble de ces recommandations sont soumises à l'approbation du propriétaire ou du gérant d'écurie lors de la formulation de la ration. En effet, il faut prendre en compte les contraintes de temps, d'organisation et de personnel qui peuvent rendre l'application des recommandations comme la distribution en plusieurs repas, la fourniture de certains types d'aliments ou l'analyse de foin difficiles à mettre en œuvre. Il est indispensable de comprendre ces problématiques et tenter d'y apporter des solutions. Autrement, le propriétaire ou le gérant d'écurie ne pourra pas se conformer aux recommandations formulées. De plus, il faut s'assurer de la bonne compréhension des recommandations alimentaires et prendre le temps d'expliquer leur importance pour favoriser leur adhésion. Un résumé écrit de la ration conseillée et des principales recommandations à laisser au propriétaire ou au gérant d'écurie est vivement conseillé, au risque qu'une partie de ces informations soient oubliées ou mal-interprétées (Hesta et Shepherd, 2021)

2. Etablir une ration adaptée au cheval obèse

Lorsqu'un cheval ou un poney a été identifié dans un état corporel qui nécessite une perte de poids ou qu'il présente des complications de fourbure associée à de l'obésité notamment dans le cadre d'un SME, il est nécessaire d'envisager avec les propriétaires une adaptation du régime alimentaire visant à rétablir une NEC la plus proche possible de la NEC optimale. Comme vu précédemment, la plupart des cas d'obésité sont associés à un déséquilibre entre les apports d'énergie trop importants et les dépenses métaboliques (génétique, port de couverture), liées à l'exercice, trop faibles.

Quelques étapes préalables à la mise en place d'un programme de gestion du poids sont nécessaires. Tout d'abord, il convient de connaître les antécédents médicaux, d'avoir un examen clinique complet récent du cheval et de réaliser des mesures de son poids, de sa NEC et des mesures morphométriques avec un vétérinaire pour pouvoir mieux suivre l'efficacité du régime alimentaire mis en place. De plus, il faut s'assurer que le propriétaire ou la personne en charge du cheval soit consciente de l'état corporel de son cheval et des risques pour sa santé. Lorsque les propriétaires ont été confrontés à un épisode de fourbure, ils sont souvent plus réceptifs. Cette étape est indispensable pour permettre l'adhésion et le suivi dans le temps du régime alimentaire proposé. Afin de proposer un régime alimentaire plus adapté, il convient également de connaître celui qui était proposé jusqu'à présent ainsi que les habitudes d'exercice physique auquel est soumis le cheval ou le poney (Geor et Harris, 2013a).

Les changements alimentaires proposés devront être mis en place progressivement et il faudra surtout proscrire les périodes prolongées sans accès à de la nourriture afin d'éviter le développement de stéréotypies, d'ulcérations gastriques ou d'hyperlipémie. Pour rappel, l'hyperlipémie peut survenir en cas de lipolyse sévère et rapide. Les poneys et les ânes gras y sont le plus prédisposés. Les signes cliniques sont une anorexie, de l'abattement, un ralentissement du transit, des coliques voire de l'ictère. Si un traitement rapide n'est pas initié, le pronostic vital est

engagé (Depecker, 2023). Le programme devra être mis à jour régulièrement en fonction de la perte de poids, des variations d'environnement du cheval (par exemple accès au pré une partie de l'année seulement), des variations de la quantité d'exercice physique proposée et des disponibilités du propriétaire. Les mesures conseillées au propriétaire afin de suivre l'avancée de la perte de poids sont la mesure du périmètre thoracique et du périmètre abdominal (Geor et Harris, 2013a).

L'objectif de la mise en place d'une ration adaptée au cheval obèse est de proposer un régime alimentaire avec une restriction énergétique tout en répondant aux besoins en nutriments essentiels et au besoin de satiété (Shepherd *et al.*, 2021).

a. Préambule : effet de l'alimentation sur l'insulino-sensibilité

L'influence de l'alimentation, par le biais de l'hyperinsulinémie post-prandiale, sur le déclenchement d'une fourbure est admis. De ce fait, des études se sont intéressées à la réponse insulinémique et glycémique selon les aliments distribués afin d'adapter au mieux les conseils alimentaires pour les chevaux à risque de fourbure. Ces conseils peuvent aussi être judicieux pour les chevaux insulino-résistants, soumis eux aussi à une hyperinsulinémie chronique. Chez des chevaux sains afin de limiter la réponse insulinémique post-prandiale, la quantité d'amidon fournie par les aliments complémentaires doit être inférieure ou égale à 1,1 g d'amidon/kg de poids corporel ou limité à 0,3 kg/100 kg de poids corporel par repas. De telles recommandations n'ont pas été établies pour les individus avec une dysrégulation de l'insuline (Macon, 2020).

Afin de comprendre les composants jouant un rôle dans les réponses insulinémiques et glycémiques, des études ont comparé les effets de différents aliments sur des poneys ou chevaux avec des protocoles variés. En 2018, 12 poneys de race native Britannique non précisée, 11 juments et 1 hongre d'une NEC moyenne de 7,2/9 [4,2-8,5] ont été soumis à 4 tests alimentaires dans un ordre aléatoire. Il y avait 6 poneys avec une dysrégulation de l'insuline (groupe ID) et les 6 autres avaient une réponse au test dynamique de tolérance au glucose par voie orale dans les normes (groupe NID). Un essai croisé randomisé à quatre voies a été mené, dans lequel des animaux à jeun depuis 00h ont été nourris avec un repas de 0,25 % de leur poids corporel avec du foin sec, du foin trempé provenant d'une même botte, de l'ensilage ou soumis à un test de tolérance au glucose par voie orale entre 6h et 7h. Les concentrations de glucose et d'insuline sérique ont été mesurées avant et 2 heures après l'OGT, et régulièrement pendant 5 heures après les repas de fourrage. Les investigateurs ont observé que la réponse insulinémique et glycémique différait entre les chevaux ID et NID. Les effets insulinémiques de tous les fourrages étaient plus importants chez les poneys ID. Le foin trempé a produit les réponses insulinémiques et glycémiques les plus faibles à l'alimentation, tandis que l'ensilage préfané a produit les réponses les plus élevées chez les poneys ID et NID. Les différences dans les réponses insulinémiques aux différents fourrages étaient plus importantes que les différences dans les réponses glycémiques. Cela a déjà été observé par d'autres études, qui suggèrent que la réponse insulinémique est le reflet de la teneur en NSC de l'aliment et qu'elle est plus représentative de l'état métabolique. Les différences significatives de composition entre le foin sec et le foin trempé dans l'étude étaient la teneur en matière sèche (87,5 +/- 0,02 % vs 24,7 +/- 1,8 %), le pourcentage d'amidon (2,3 +/- 3,2 vs 0,4 +/- 0,5), la teneur en WSC (13,8 +/- 0,6 vs 10,6 +/- 2) et en sucres non structuraux (16, 0 +/- 2,6 vs 10,9 +/- 2,5) (Carslake *et al.*, 2018).

Pour rappel, l'élément principal du régime alimentaire du cheval est l'herbe. Dans les végétaux, on trouve des glucides, aussi appelés hydrates de carbone que l'on peut subdiviser en deux catégories. Les parois cellulaires des végétaux contiennent des hydrates de carbone structuraux (SC), qui forment la partie fibreuse du régime alimentaire. Dans les cellules végétales, on trouve au contraire les hydrates de carbone non structuraux (NSC). En effet, lors de la photosynthèse, il y a production de sucres simples à partir de l'énergie lumineuse, de l'eau et du dioxyde de carbone. Ils peuvent être utilisés immédiatement par la plante pour fournir l'énergie nécessaire au métabolisme, à la synthèse des protéines et la croissance. Ils peuvent aussi être transformés en sucres plus élaborés : oligosaccharides ou polysaccharides structurels de la paroi cellulaire des plantes (par exemple, cellulose, hémicellulose et pectine). Lorsque la production de sucre dépasse les besoins immédiats du métabolisme, les sucres excédentaires sont polymérisés pour former des glucides de stockage ou de réserve. Ces glucides de stockage se présentent principalement sous la forme d'amidon ou de fructane, et ces composants, ainsi que les sucres simples et les oligosaccharides, constituent la fraction NSC de l'alimentation. Ainsi on distingue au sein des sucres non structuraux (NSC), les sucres solubles (WSC) d'une part et l'amidon d'autre part. La majorité de ces sucres peuvent être fermentés rapidement, entraînant la production d'acides lactiques (Harris et Geor, 2009).

Les sucres contenus dans les fourrages sont intégrés au contenu cellulaire. Ainsi, ils sont moins disponibles lors de l'absorption dans l'intestin grêle au contraire des sucres contenus dans les graines des céréales qui sont dénudées voire écrasées. Lors de la consommation de fourrages on observe une stabilité de la concentration de glucose dans le plasma sanguin, avec un apport de glucose par absorption dans l'intestin grêle et par néoglucogenèse hépatique grâce à la production d'acide propionique par les bactéries lors de la fermentation dans le côlon (Brøkner *et al.*, 2016). Cette différence a été illustrée par des études s'étant intéressées aux concentrations post-prandiales de glucose et d'insuline chez des chevaux nourris avec des aliments ayant une composition glucidique variée. En 2016, les réponses de quatre chevaux trotteurs scandinaves âgés entre 5 et 16 ans et d'une NEC moyenne de 6/9, ont été testées avec quatre aliments. Pour cela, le protocole consistait en une séquence d'adaptation de vingt et un jours suivi de 4 jours de prélèvement sanguin, chaque cheval n'étant prélevé que sur une seule des quatre journées. Les chevaux étaient mis à jeun 8h avant la distribution du repas, qui était consommé pendant trente minutes à 6h puis des prises de sang étaient effectuées très régulièrement à des temps définis jusqu'à 9,5h après la distribution du repas. Les quatre aliments testés étaient un foin de fléole des prés (groupe H), des flocons d'avoine entiers mélangés à de la pulpe de betterave sucrière mélassée trempée (groupe OB), de l'orge complet mélangés à de la pulpe de betterave sucrière mélassée trempée (groupe BB) ou du floconné (groupe M). Les repas ont été formulés de manière à fournir la même quantité de matière sèche et à contenir au maximum 0,54 kg de sucre et d'amidon, ce qui équivaut à 1 g d'amidon et de sucre par kg de poids vif par repas et par cheval. Les auteurs ont observé un pic de la concentration plasmatique de glucose deux à trois heures après la consommation des aliments. La vitesse à laquelle le pic de glucose a été atteint était plus rapide pour les repas à base de céréales par rapport au repas à base de foin mais la différence n'était pas significative. En revanche, la vitesse à laquelle le pic de la concentration d'insuline plasmatique a été atteint a varié significativement selon le type d'aliment distribué (105 minutes OB, 98 minutes BB, 188 minutes M contre 350 minutes pour le foin, $p < 0,01$). Ainsi, le pic d'insuline a été atteint entre 1,5 et 3 heures après l'ingestion des repas à base de céréales, ce qui était significativement plus rapide que pour le repas à base de foin (Brøkner *et al.*, 2016). Grâce à cette étude, on constate qu'il y a un pic d'insuline qui n'est pas significativement plus élevé en termes de valeur mais qui intervient de façon plus précoce lorsque les chevaux étaient nourris avec des aliments riches en glucides. Cependant, l'échantillon de l'étude était très restreint

ce qui n'a pas permis de mettre en évidence de corrélation significative entre les différentes fractions d'hydrates de carbone et les réponses glycémiques et insulinémiques des chevaux testés.

Dans une autre étude, menée uniquement sur des chevaux, l'effet de petites quantités d'aliments avec des teneurs variables en NSC et protéines brutes a été testé. Pour se faire, deux études ont été conduites avec 18 chevaux de races variées (course, chevaux de selle, races natives type Appaloosa, Paint), diagnostiqué avec une dysrégulation de l'insuline ou sain à l'aide d'un test de tolérance au glucose par voie orale. Au cours des deux études, 6 aliments ont été proposés : aliment équilibré avec une haute teneur en protéines, aliment équilibré avec une faible teneur en protéines, mixe des deux aliments précédents pour obtenir une teneur moyenne en protéines, maïs concassé avec de la mélasse, maïs floconné avec de la mélasse, gruaud d'avoine et aliment industriel avec un faible pourcentage de NSC (6,1 +/- 0,1 %). Les aliments ont été testés sur une période de deux semaines et les chevaux étaient prélevés deux fois par semaine. Une période de 24h de pause était observée entre chaque changement d'aliment. Les prélèvements sanguins étaient réalisés une heure avant la consommation puis à intervalles réguliers jusqu'à 240 min après la consommation du repas. L'ordre dans lequel les aliments ont été testés a été randomisé pour chaque cheval. L'amplitude de la réponse insulinémique était significativement plus élevée chez les chevaux ID que NID (1,7 à 3,4 fois plus élevé), quel que soit l'aliment testé. Concernant les chevaux ID, la réponse insulinémique post-prandiale était significativement plus faible pour l'aliment avec une faible teneur en NSC que pour le maïs concassé avec de la mélasse, le maïs floconné avec de la mélasse ou le gruaud d'avoine. En revanche, il n'y avait pas de différence avec l'aliment équilibré avec une haute teneur en protéines. Ces observations confirment que le principal facteur nutritionnel qui détermine la réponse à l'insuline est la composition en sucres non structuraux. En évaluant l'effet des protéines sur la réponse, les auteurs ont observé que pour les chevaux NID la quantité de protéines dans l'aliment ne faisait pas varier l'amplitude de la réponse insulinémique. Pour les chevaux ID, la seule différence observée entre les aliments à faible, moyenne ou haute teneur en protéines et le maïs concassé était une amplitude de réponse insulinémique augmentée pour le maïs concassé par rapport à l'aliment à faible teneur en protéines (NSC 0,759 g/kg vs 0,146 g/kg) (Macon *et al.*, 2022). Les limites de cette étude sont le faible nombre de chevaux entre 8 et 10 ID et NID dans chaque étude au maximum. De plus, il n'y avait pas de poneys dans l'échantillon observé. Or, ils sont davantage prédisposés aux troubles métaboliques tels que l'insulino-résistance. Néanmoins, les observations réalisées lors de cette étude tendent à confirmer à nouveau l'implication de la teneur en sucres non structuraux de l'aliment dans la réponse insulinémique, d'autant plus pour les chevaux avec une dysrégulation de l'insuline.

Des auteurs ont envisagé la mise en place d'un index glycémique pour les aliments chez le cheval, à l'image de l'alimentation humaine. Cet index pourrait permettre de mieux prédire les effets métaboliques des aliments distribués et ainsi d'adapter au mieux l'alimentation distribuée. Néanmoins, la mise en place d'un tel index est difficile car la composition du foin distribué varie selon l'origine géographique, le type de prairie naturelle ou plantée, le stade de coupe ... De plus, les réponses insulinémiques et glycémiques varient selon les individus, comme cela est rapporté dans les nombreuses études ayant observées la cinétique selon le type d'alimentation ou l'état corporel (Bamford *et al.*, 2014 ; Harris et Geor, 2009 ; Macon *et al.*, 2022). Néanmoins, il apparaît que l'amidon, les sucres et les acides aminés augmentent les concentrations d'insuline et exacerbent l'hyperinsulinémie préexistante chez les chevaux prédisposés aux dérèglements métaboliques (Frank et Tadros, 2014). Actuellement, il est recommandé de ne pas dépasser des quantités d'amidon au-delà de 0,2-0,4 % du poids corporel (NRC, 2007) ou moins de 1 g par kg de poids corporel et moins de 2 g par kg par jour (Dunnett, 2013).

b. Suppression de la distribution d'aliments à forte densité énergétique

Dans un premier temps, en fonction de l'alimentation qui était proposée, il peut être mis en place la suppression de la distribution d'aliment à forte densité énergétique tels que les concentrés ou les récompenses (carottes, pommes, bonbons très sucrés). Pour un cheval ou un poney en état d'obésité avancé, cette mesure sera indispensable afin de réduire rapidement l'apport calorique. La ration alimentaire sera alors constituée uniquement de fourrage qui peuvent être apportés dans un premier temps à volonté soit environ 2 % de matière sèche pour 100 kg de poids vif (Geor et Harris, 2013a ; Shepherd *et al.*, 2021). Par exemple, cela représentera une quantité de 9 kg de foin par jour pour un poney avec un poids idéal de 450 kg. Dans certains cas, cette mesure peut suffire pour contrôler l'état corporel. Néanmoins, dans le cas où la NEC n'est pas améliorée ou que le cheval ou poney continue à prendre du poids, il peut être nécessaire de restreindre davantage la quantité de fourrage consommée.

c. Restriction de la quantité de fourrages consommés

Idéalement afin de réduire l'apport énergétique de la ration, une analyse de fourrage sera nécessaire. Dans ce cas, le choix du foin devra se porter vers un foin à maturité tardive avec un faible rapport feuilles/tiges qui sera plus riche en NDF et ADF qu'un foin plus jeune. Un foin avec un taux de NDF inférieur à 65 % et un taux d'ADF inférieur à 45 % peut être considéré comme acceptable pour le régime alimentaire d'un cheval adulte en bonne santé. De plus, les foins récoltés plus tardivement en saison chaude (été) sont moins riches en énergie digestible et en glucides non structuraux et sucres solubles, souvent néfaste notamment pour les chevaux et poneys insulino-résistant (Shepherd *et al.*, 2021). En fonction de l'énergie digestible du fourrage choisie, la quantité à distribuer sera adaptée afin d'apporter progressivement la quantité d'énergie digestible correspondant au poids idéal du cheval ou du poney. Si malgré cette restriction la perte de poids n'est pas suffisante au bout de quelques mois, il faudra diminuer davantage l'apport énergétique à hauteur de 80-90 % des besoins voire moins si nécessaire, notamment dans le cas d'un poney rustique qualifié de « bon-valorisateur ». De nombreux auteurs conseillent de compléter la ration de foin mature d'un complément minéral et vitaminique, car le foin mature peut-être plus pauvre en certaines vitamines, minéraux et acides-aminés (Geor et Harris, 2013a). En l'absence d'analyse alimentaire, il sera difficile d'équilibrer la ration en termes de vitamines et minéraux mais également de raisonner sur la base de l'énergie digestible apportée par les aliments.

Une autre donnée utilisable afin de restreindre la quantité de fourrage est la quantité de matière sèche distribuée par jour. Dans le cadre d'une restriction des apports alimentaires recommandée par le consensus ECEIM pour la gestion de l'obésité d'un individu SME, la quantité de matière sèche journalière à distribuer est de 1,25 à 1,5 % de matière sèche pour 100 kg de poids corporel de foin, correspondant à un apport en énergie digestible à hauteur de 64 à 94 % des besoins d'entretien selon le foin (Durham *et al.*, 2019). Des études se sont intéressées à l'efficacité d'un tel régime alimentaire sur la perte de poids.

En 2007, des auteurs ont testé l'efficacité d'un régime alimentaire répondant à 70 % des besoins énergétiques d'entretien de neuf poneys shetlands obèses, d'une moyenne d'âge de 6 ans et recrutés avec une NEC allant de 8 à 9/9. Les poneys ont été logés dans des boxes individuels avec des tapis en caoutchouc et comprenant un accès à l'extérieur sur un sol également recouvert de tapis en caoutchouc. L'alimentation choisie était un mélange commercial haché de luzerne, de foin et de paille, distribué deux fois par jour. Les poneys ont eu 3 semaines d'adaptation pendant

laquelle l'aliment était distribué à hauteur de 120% de leur besoin énergétique puis ils ont été soumis à un régime alimentaire visant à leur faire perdre du poids pendant 18 semaines. L'objectif était une perte de 1 % du poids corporel par semaine. Pour cela, la quantité d'apport alimentaire a été limitée à 70 % de leur besoin énergétique d'entretien sur la base de leur poids corporel idéal estimé. Chaque semaine, la quantité d'alimentation était ajustée en fonction de la perte de poids. A la fin de la période de restriction alimentaire, le poids des poneys avait diminué de 18,2 % et la NEC était optimale pour les neufs poneys (4 ou 5/9). Cependant, afin de maintenir cette perte de poids au cours des 18 semaines, la quantité quotidienne d'aliments a été réduite à 50 % (entre les semaines 6 et 13) et 35 % (entre les semaines 14 et 18) du besoin d'entretien estimé sur la base du poids corporel idéal (Van Weyenberg *et al.*, 2008). Ce qui revenait à distribuer 0,3 % puis 0,48 % pour 100 kg de poids corporel d'aliment par jour. Or, il est admis que la distribution des fibres alimentaires ne doit jamais être inférieure à 1% du poids par jour pour maintenir la santé digestive et mentale des chevaux et poneys (NRC, 2007 ; Geor et Harris, 2013a ; Shepherd *et al.*, 2021). Le régime alimentaire mis en place dans cette étude a donc été efficace pour faire maigrir des poneys shetlands obèses jusqu'à un état corporel normal, néanmoins il ne peut être mis en place que sous surveillance d'une équipe de vétérinaire. Aucun des poneys n'a présenté d'augmentation des concentrations de triglycérides, dosés seulement à 3 reprises (au début de l'étude, lors de la dixième semaine de régime alimentaire puis à la fin de la période). Les auteurs ont suggéré que le degré d'insulino-résistance n'était peut-être pas suffisamment élevé pour avoir provoqué un dérèglement du métabolisme lipidique chez ces poneys (Van Weyenberg *et al.*, 2008). Néanmoins, les contrôles sanguins pour observer une éventuelle hypertriglycéridémie était trop peu nombreux et la période de temps depuis laquelle ces poneys, plutôt jeunes, étaient obèses n'a pas été donnée. L'obésité évoluant sur du long-terme à plus de chance de provoquer un dérèglement du métabolisme qu'une obésité à court-terme.

En 2010, une autre étude s'est intéressée à la perte de poids d'un troupeau de cinq juments welsh adultes obèses durant 12 semaines. Les juments ont été soumises à un régime alimentaire à base de paille, d'une qualité nutritionnelle équivalente à celle d'un foin de moyenne qualité, à hauteur de 1 % de leur poids corporel. Les auteurs ont observé une perte de poids importante avec une moyenne de moins 28,9 +/- 3,5 kg soit une perte de 11,4 % de leur poids corporel en totalité à la fin de l'étude. Ces juments avaient été suivies auparavant lorsqu'elles avaient un accès illimité au fourrage. Elles consommaient à cette période 2,7 % +/- 0,2 % en moyenne de matière sèche pour 100 kg de poids corporel, soit une consommation légèrement supérieure à la consommation volontaire communément admise de 2 % de matière sèche pour 100 kg de poids corporel. Durant la première semaine, la perte de poids observée a été six fois supérieure à celle observée durant les semaines suivantes. Les auteurs ont suggéré que cette perte de poids massive était probablement due à la diminution du remplissage du tube digestif (Dugdale *et al.*, 2010).

Des observations similaires ont été faites en soumettant 12 chevaux et poneys de race variés, appartenant à la clientèle de l'hôpital équin de l'Université de Liverpool et pour lesquels les propriétaires avaient besoin d'aide pour gérer une perte de poids, à un régime alimentaire distribué à hauteur de 1,25 % de matière sèche pour 100 kg de poids vif. La NEC de l'ensemble des chevaux de l'échantillon était supérieure à 7/9. La première étude a duré 16 semaines pendant laquelle les chevaux étaient logés en box individuel sur copeaux, sortis 30 min par jour en groupe en portant un panier de pâturage. Ils ont été divisés en deux groupes : le groupe 1 recevait 1,25 % de matière sèche pour 100 kg de poids corporel par jour dont 0,8 % était apporté par un mélange de paille non hachée et 0,45 % par du foin d'herbe. Le groupe 2 recevait uniquement le même foin que le groupe 1 à hauteur de 1,15 % de matière sèche pour 100 kg de poids corporel par jour. Le foin était distribué en double filet et la paille était disposée dans des mangeoires anti-gaspillage. L'alimentation était

distribuée en deux repas par jour. Les changements de poids, de NEC et de mesures morphométriques étaient suivis une fois par semaine. La composition corporelle à l'aide de la méthode de dilution au deutérium ainsi qu'un test de tolérance au glucose par voie intraveineuse ont été réalisées au début et à la fin de la période d'étude. Tous les chevaux et poneys ont perdu du poids, en proportion variable. Cette variabilité a été attribuée par les auteurs aux caractéristiques intrinsèques des individus et notamment à leur génétique. La perte de poids était comprise selon les individus entre 2,41 % et 8,28 % de leur poids corporel. Dans l'ensemble, la restriction alimentaire de chevaux et de poneys obèses à 1,25 % de la masse corporelle en tant qu'apport quotidien en MS pendant 16 semaines a entraîné des pertes de masse corporelle. En revanche, aucune différence significative de perte de poids a été observée entre les deux régimes alimentaires proposés. Une amélioration de la sensibilité à l'insuline avec une diminution significative de l'aire sous la courbe a été observée pour 75 % de l'échantillon soit 9 individus sur 12. Les auteurs ont considéré que la restriction à 1,25 % de matière sèche pour 100 kg de poids corporel était suffisante pour permettre une perte de poids chez la majorité des chevaux et poneys tout en garantissant une sécurité par rapport au risque de sous-alimentation, étant donné la variabilité de la qualité des foin qui n'est pas toujours documentée par une analyse de foin. De plus, même si l'apport de paille n'a pas permis d'augmenter la perte de poids dans cet échantillon, les auteurs suggèrent que l'apport de paille de par son volume et son moindre apport en énergie digestible est un bon complément (Argo *et al.*, 2012).

Durant les 12 premières semaines de l'étude, quatre chevaux de type cob ont présenté une résistance à la perte de poids malgré le régime mis en place avec une perte de 0,44 % de leur poids corporel total seulement. Deux d'entre eux appartenaient au groupe 1 et les deux autres au groupe 2. A partir de la treizième semaine d'étude, ces quatre individus ont été soumis à une restriction plus forte de la quantité de matière sèche ingérée par jour (1 % pour 100 kg de poids corporel) afin d'obtenir une perte de poids plus importante. La réduction de matière sèche ingérée a été associée à une perte de poids trois fois supérieure à celle observée durant les 12 premières semaines d'études. Cependant, cette restriction plus sévère de la quantité de matière sèche ingérée peut provoquer le développement de stéréotypies, non rapportées par les auteurs dans cette étude. Néanmoins, ceux-ci conseillent d'allier de l'exercice physique au régime à hauteur de 1,25 % de MS PV afin d'éviter de diminuer la quantité de fourrage distribué à 1 % de matière sèche pour 100 kg de poids vif (Argo *et al.*, 2012).

- L'ajout de paille dans la ration : une alternative à la réduction de la quantité de matière sèche distribuée ?

Comme vu précédemment, la perte de poids chez certains chevaux et poneys peut-être plus difficile à obtenir avec une quantité de matière sèche distribuée de 1,25 ou 1,5 % pour 100 kg de poids vif. Dans ce cas, une réduction supplémentaire de cette quantité est parfois nécessaire. Néanmoins, la réduction de la quantité de matière sèche distribuée expose les chevaux et les poneys à un temps très long sans activité alimentaire durant la journée. Or, l'alimentation occupe plus de la moitié du budget temps lorsqu'elle est disponible à volonté. Des auteurs se sont intéressés à l'ajout de paille dans la ration des chevaux obèses. En effet, la paille est un aliment très riche en fibres, qui a une très faible densité énergétique par rapport à son volume avec un apport en énergie digestible plus faible que le foin et qui peut favoriser la satiété étant donné sa capacité d'encombrement dans le tube digestif. Par exemple, un foin de prairie mixte mature apporte une

énergie digestible d'environ 2 Mcal/kg tandis que la paille d'orge avoisine plutôt 1,8 Mcal/kg (NRC, 2007).

En 2020, des auteurs ont testé l'hypothèse qu'un apport mixte de paille et de foin pourrait permettre d'obtenir une meilleure perte de poids que l'apport de foin seul lors de la période hivernale. Pour cette étude, 40 chevaux et poneys ont été recrutés, avec une majorité de races de chevaux ou poneys rustiques (type cob, poneys welsh, poneys New Forest) et quelques pur-sang et races de selle. Ils appartenaient à deux troupes différents, vivaient au pré sans couverture et n'avaient pas été soumis à de l'activité physique (montée ou non) au cours de l'étude. La période d'étude s'étendait de décembre 2018 à mars 2019. Un régime à base de paille d'orge non hachée et de foin mélangé dans les proportions suivantes : 41 % / 59 % a été distribué à l'un des deux troupes (avec le foin au fond et la paille par-dessus) tandis que l'autre troupe recevait le même foin uniquement. L'alimentation était distribuée une fois par jour. La quantité distribuée était de 7 kg de paille et 10 kg de foin pour 5 poneys dans le lot test tandis que 17 kg de foin pour 5 poneys était distribué dans le lot témoin. Il y avait un râtelier pour cinq poneys mais l'ensemble du troupe pouvait accéder à chaque râtelier. Durant la période les chevaux et poneys ont été régulièrement pesés à l'aide d'une balance calibrée. Tous les individus du troupe ayant reçu le mélange de paille et de foin ont perdu du poids (25/25). La perte de poids s'élevait en moyenne à 6,4 % de leur poids initial en 4 mois soit 0,4 % de leur poids corporel par semaine tandis que seuls 20 % des individus du troupe nourris uniquement au foin (3/15) ont perdu du poids. Les variations de poids entre les deux groupes étaient statistiquement significatives ($p < 0,001$). La composition de la paille d'orge différait peu au niveau de l'énergie digestible estimée dans cette étude (1,77 Mcal/kg pour la paille contre 1,82 Mcal/kg pour le foin). En revanche, la teneur en sucres solubles était bien plus élevée pour le foin que pour la paille (5 % contre 1,3 % respectivement). Les auteurs ont suggéré que la faible teneur en sucres solubles de la paille a largement contribué à la perte de poids significative. De plus, la digestibilité de la paille est inférieure à celle du foin d'autant plus qu'elle est moins riche en protéines, nécessaire aux bactéries cellulolytiques, ce qui pourrait contribuer à diminuer d'autant plus sa digestibilité. Enfin, le volume occupé par la paille a pu participer à une meilleure satiété avec une diminution de la prise alimentaire, les auteurs ayant observé à certains moments des refus de paille dans les râteliers (Dosi *et al.*, 2020). Ainsi, l'apport de paille pour remplacer une partie du foin distribué semble améliorer la perte de poids chez des poneys et chevaux au pâturage durant l'hiver.

L'efficacité de la paille afin d'améliorer la perte de poids est variable. Dans une étude précédemment citée, la perte de poids entre les six chevaux et poneys recevant un mélange de paille et de foin distribué à hauteur de 1,25 % de matière sèche pour 100 kg de poids corporel et les six chevaux et poneys qui recevaient uniquement du foin à hauteur de 1,15 % de matière sèche pour 100 kg de poids corporel n'était pas significative (Argo *et al.*, 2012). Malgré cela, les auteurs ont quand même suggéré que l'apport de paille dans la ration pouvait être un complément intéressant notamment pour maintenir un certain volume de fourrage distribué tout en restreignant l'énergie digestible distribuée (Argo *et al.*, 2012).

Quelques précautions doivent être prises afin de remplacer une partie du foin distribué par de la paille. Tout d'abord, celle-ci doit être de bonne qualité notamment hygiénique en étant exempte de moisissure et de poussière. La quantité de paille utilisée pour remplacer le foin ne doit pas dépasser 30 % à 50 % du foin selon les auteurs (Geor et Harris, 2013a). Son introduction au régime alimentaire doit être progressive sur une période d'au moins 10 à 14 jours afin de réduire le risque d'impaction. Il faut bien informer les propriétaires de ce risque et leur rappeler les principaux signes cliniques de colique à prendre en charge rapidement. Il faut également noter que la consommation

d'eau peut augmenter avec la consommation de paille, l'eau doit ainsi toujours être disponible à volonté (Richards *et al.*, 2021 ; Shepherd *et al.*, 2021).

- Le foin trempé :

Le foin trempé est de plus en plus considéré comme un fourrage de choix dans le cadre de la gestion de la perte de poids. Son utilisation a surtout été développée initialement dans le but de diminuer la teneur en sucres solubles du foin pour les chevaux et poneys en hyperinsulinémie susceptibles de déclencher ou d'aggraver une fourbure par exacerbation de l'hyperinsulinémie. Dans ce cas, la teneur en glucides non structuraux recommandée doit être inférieure à 10-12 % de la matière sèche pour un cheval ou un poney (Geor et Harris, 2013a). Au sein des sucres solubles on retrouve principalement des fructanes et des sucres simples comme le glucose, le fructose et le saccharose. Une surconsommation de sucres solubles, potentiellement associée à la présence de désordres métaboliques comme une insulino-résistance, peut conduire à l'apparition de fourbure. Des études ont déjà montré qu'une fourbure peut-être cliniquement induite chez des chevaux sains par l'administration de bolus de fructane. La présence de fructane peut également provoquer des troubles digestifs aigus liés à leur fermentation rapide (Longland *et al.*, 2011a).

Le trempage du foin est souvent employé en lieu et place d'une analyse de fourrage. Plusieurs études ont montré que le trempage du foin dans l'eau entraîne une diminution de la teneur totale en sucres solubles par lessivage, cependant cette diminution est très variable d'une étude à l'autre (Longland *et al.*, 2011a, Argo *et al.*, 2015, Müller *et al.*, 2015). C'est pourquoi il faut mieux privilégier l'utilisation d'une analyse de foin qui permettra de choisir d'emblée un foin moins riche en sucres non structuraux et en sucres simples susceptibles de provoquer des pics d'insuline. L'équipe de l'Université de Liverpool s'est beaucoup intéressée aux thématiques autour de la gestion nutritionnelle du cheval obèse et notamment au foin trempé.

Une étude de référence a été menée en 2011 par cette équipe. Le but était d'évaluer l'effet du trempage du foin sur la perte en sucres solubles et en protéines dans des conditions de terrain. En effet, la plupart des études conduites jusqu'alors ont évalué le trempage dans des très grands volume d'eau ou sur de très longues durées, ce que l'on retrouve peu sur le terrain. Neuf foins différents, produits en Angleterre ont été immergés dans des bacs en plastique de 65 litres contenant 24 litres d'eau du robinet à une température ambiante hivernale de 8°C. Chaque foin était immergé en double, un échantillon compacté et un échantillon secoué en vrac. Des échantillons ont été prélevés au bout de 20 minutes, 40 minutes, 3 heures et 16 heures après l'immersion. Le fait d'immerger le foin compacté ou en vrac n'a pas influencé la diminution de la matière sèche ou des sucres solubles. Avant trempage, le foin contenait entre 123 et 230 g de sucres solubles par kilogramme de matière sèche. La diminution de la teneur en sucres solubles était significative pour les neuf foins seulement après 16 heures de trempage. Le pourcentage de diminution moyen était de 27 % mais l'intervalle de variation était très large allant de seulement 6 % à 54 % de diminution. Il n'y avait pas de relation entre la teneur en sucres solubles dans le foin à l'origine et l'ampleur de la diminution par trempage, quel que soit la durée de trempage. Concernant les fructanes, une diminution significative de leur teneur intervenait dès 40 minutes après immersion pour tous les foins (11% en moyenne). Néanmoins, les pertes de fructanes variaient considérablement d'un foin à l'autre : entre 14 et 31 % après 16 heures de trempage. Les effets sur la teneur en protéine étaient variables et non significatifs (Longland *et al.*, 2011a). Ces résultats ont permis d'observer, comme dans d'autres études, que le trempage du foin entraîne bien une perte de sucres solubles mais que

cette perte est très variable et non prédictible. Avant trempage, trois des neuf foins contenaient plus de 100 g de fructanes par kilogramme de matière sèche, ce qui correspondaient à la moitié de la dose utilisée par bolus pour induire une fourbure chez des chevaux cliniquement sain si le foin était distribué à hauteur de 2% de matière sèche pour 100 kg de poids corporel (Longland *et al.*, 2011a).

En 2015, d'autres auteurs ont évalué l'utilisation de foin trempé lors d'un régime alimentaire restrictif visant à faire perdre du poids à des chevaux ou poneys. Dans une première étude, 12 chevaux et poneys de race variée avec une NEC de 7/9, diagnostiqués avec un SME ont été soumis à un régime alimentaire à hauteur de 1,25 % de MS pour 100 kg de foin trempé durant 6 semaines. La quantité de foin était réajustée chaque semaine en fonction de leur poids corporel, mesuré à l'aide d'une balance. Ils étaient logés en box sur copeaux et sortis une heure par jour avec un panier de jeun pour empêcher la consommation d'herbe. Le foin distribué était pesé avant d'être mis à tremper. Deux distributions étaient réalisées chaque jour. Le foin distribué le matin avait trempé 16h durant la nuit et le foin distribué le soir avait trempé 7h durant la journée. Le foin était mis à tremper et distribué dans des filets qui était égoutté pendant 30 min avant d'être distribué. Les analyses de foin ont montré que le trempage a diminué la teneur en matière sèche de 75,3%. La proportion de matière sèche perdue augmentait avec la durée du trempage (+ 2,25 % de 7h à 16h de trempage). Le trempage a également nettement diminué les concentrations de sucres solubles (-33 %) et de cendres (-27 %). La diminution de la teneur en sucres solubles était améliorée en allongeant la période de trempage (24,2 % pour 7h à 43,1 % pour 16h). De plus, tous les macro-minéraux évalués ont été appauvris par le trempage (entre -20 et -70 %). Tous les chevaux et poneys ont perdu beaucoup de poids durant la première semaine puis la perte de poids a été plus variée selon les individus durant les 5 semaines restantes. Néanmoins, la perte de poids était deux fois supérieure à celle observée dans une autre étude menée par la même équipe avec du foin de qualité équivalente distribué sec. A priori, l'énergie digestible apportée par le foin trempé ou le foin sec était relativement équivalente. Cependant, les auteurs ont constaté qu'en tenant compte des pertes de MS lors du trempage, la digestibilité apparente (sauf pour les ADF et les protéines brutes) et l'énergie digestible étaient nettement diminuées. En effet, le trempage a diminué de 23,5 % l'apport en énergie digestible par rapport au foin sec. Ainsi en distribuant 1,25 % de MS avant trempage pour 100 kg de poids vif, les auteurs ne fournissaient que 64 % des BE énergétique contre 81 % pour le foin sec. En pratique, l'absorption d'eau par le foin augmente sa masse ce qui permettrait de couvrir les pertes de matière sèche. Néanmoins en l'absence d'analyse de fourrage et d'un suivi rapproché, le trempage peut entraîner une sous-alimentation involontaire trop importante dans le cadre d'une alimentation restreinte pouvant provoquer des conséquences néfastes sur la santé (Argo *et al.*, 2015). Etant donné la variabilité des pertes de nutriments et de l'énergie digestible selon le type de foin et la durée de trempage, l'analyse de fourrage et le choix d'un fourrage moins riche en sucres solubles sans passer par le trempage reste une solution plus à propos. Les auteurs ont développé une méthode à partir de la concentration d'ADF post-trempage afin d'estimer la perte en matière sèche. Cette méthode nécessitant une analyse de fourrage, mieux vaut privilégier l'analyse de fourrage sur du foin sec afin de choisir le plus approprié.

Que le foin soit utilisé sec ou trempé, il est important de rappeler au propriétaire ou à la personne en charge de l'alimentation que les quantités distribuées doivent être pesées, d'autant plus dans le cadre d'un régime alimentaire restrictif. En effet, la densité est très variable d'une balle de fourrage à une autre. Par exemple, dans l'étude présentée précédemment sur le trempage du foin, les auteurs ont pesé et calculé la densité de neuf balles de foin produites dans différentes régions d'Angleterre. La densité totale de la balle la moins dense représentait environ 60 % de la balle la plus dense. Étant donné cette variabilité, il est indispensable de peser la quantité de foin

distribuée et de ne pas distribuer au volume car selon la botte utilisée la quantité distribuée pourra être plus ou moins variable (NRC, 2007 ; Longland *et al.*, 2011a ; Geor et Harris, 2013a).

d. Gestion de l'accès au pâturage

La consommation volontaire estimée des chevaux au pâturage varie entre 2,0 et 2,5 % de matière sèche pour 100 kg de poids vif. Cependant, selon les études les fourchettes d'ingestion estimées sont très variables et certaines rapportent même des pourcentages pouvant atteindre 5 % de matière sèche pour 100 kg de poids vif. Une prise de poids rapide est souvent rapportée pour les équidés au pâturage, en particulier durant le printemps et le début d'été, laissant à penser que les quantités d'herbe ingérées sont peut-être sous-estimées (Longland, 2013). Cette hypothèse a été confirmée par plusieurs études. Par exemple, en 2011, l'évolution du poids corporel de quatre juments adultes de type poney laissées au pré durant six semaines a été observée. Le poids était mesuré cinq fois par semaine à l'aide d'une balance calibrée. Le gain de poids moyen quotidien des quatre juments était de 0,95 +/- 0,51 kg soit un total de 40,15 +/- 21,71 kg au cours des six semaines. Sachant que le poids moyen des juments était de 268 +/- 52 kg au début de l'étude, elles ont pris en moyenne 15 % de leur poids en seulement six semaines de pâturage. Les analyses du pâturage avaient conclu à une pâture de qualité nutritionnelle intermédiaire. La consommation moyenne de matière sèche estimée par les auteurs était de 3,8 +/- 1,2 % pour 100 kg de poids vif, allant de 2,9 à 4,9 % de matière sèche pour 100 kg de poids vif (Longland *et al.*, 2011c). Ces observations confirment le fait qu'une prise de poids rapide peut avoir lieu au pâturage, associée à une augmentation de la capacité d'ingestion de matière sèche au-delà des seuils de consommation volontaire déterminés jusqu'à présent.

D'autres publications ont également montré que même lorsque les propriétaires tentaient de limiter l'ingestion au pâturage, les poneys augmentaient leur capacité d'ingestion même pendant une courte période de temps. Pour étudier cela, des auteurs ont observé l'ingestion relative de matière sèche durant trois heures par jour dans un pré de 1,5 hectares et la consommation d'ensilage préfané disponible à volonté le reste du temps au box durant six semaines. L'échantillon de l'étude était une nouvelle fois très restreint avec quatre juments welsh adultes, ayant une NEC moyenne optimale. L'ensilage préfané était pauvre en sucres non structuraux (56 +/- 17g vs 197 +/- 21g pour l'herbe). Les juments ont pris du poids tout au long de l'étude avec un gain de poids moyen quotidien de 338 g. La consommation moyenne de matière sèche est restée constante durant les six semaines et dans les standards de la consommation volontaire moyenne de 2 % pour 100 kg de poids vif. En revanche, la quantité d'herbe ingérée au pâturage, mesurée par changement de poids corporel, a significativement augmenté passant de 0,49 % de leur poids corporel la première semaine à 0,91 % la sixième semaine. D'après ces résultats, les auteurs ont suggéré que les juments avaient modéré leur consommation d'ensilage de foin au profit de l'herbe. La limitation du pâturage à trois heures par jour est devenue une stratégie de moins en moins efficace pour réduire l'ingestion d'herbe quotidienne (Ince *et al.*, 2011).

De nombreuses publications rapportées ont montré que la teneur en énergie digestible de la plupart des pâturages était satisfaisante voire excédentaire par rapport au besoin énergétique d'entretien d'un cheval adulte contrairement à une jument en lactation ou à un cheval en croissance (Longland, 2013). Ces quantités importantes d'herbe ingérées peuvent s'avérer très problématiques, d'autant plus si l'herbe est riche en sucres non structuraux et en énergie digestible pour les chevaux obèses. A court-terme, la consommation d'une telle herbe peut provoquer un pic d'hyperinsulinémie et entraîner un risque accru de fourbure. A plus long terme, la teneur élevée en énergie digestible

consommée en grande quantité entraînera une prise de poids encore plus conséquente (Rendle *et al.*, 2018). De ce fait, les propriétaires d'équidés qui ont accès à un pâturage ou qui souhaitent que leur cheval ou leur poney y ait accès malgré un régime de perte de poids doivent utiliser des méthodes afin de réduire leur consommation volontaire au pré.

Plusieurs méthodes afin de réduire la consommation d'herbe existent. Des études en particulier au Royaume-Uni s'y sont intéressées ces dernières années du fait de leur impact sur la qualité et la durabilité des pâturages. En effet, la manière dont les terres allouées au pâturage sont utilisées au Royaume-Uni est devenue une préoccupation environnementale nationale dans le contexte du changement climatique et de la conservation de la flore et de la faune autochtone (Furtado *et al.*, 2022). Les principales méthodes utilisées afin de restreindre les consommations d'herbe au pâturage tout en permettant quand même aux chevaux et poneys d'y accéder sont les suivantes :

- le pâturage au fil : qui consiste à clôturer la surface pâturable en parties et à avancer régulièrement une ou plusieurs lignes de clôture afin de faciliter l'accès à de l'herbe encore non pâturée (Cameron *et al.*, 2021),
- le port d'un panier de pâturage,
- l'utilisation de paddock en sable ou avec de l'herbe très rase : qui permettent des déplacements libres, une vie en groupe sans accès à de grande quantité d'herbe (Cameron *et al.*, 2021),
- l'utilisation de pistes : aménagées dans des prés ou des paddocks avec peu d'herbe, permettent de favoriser les déplacements entre des points d'intérêts (foin, eau) en ajoutant du dénivelés, des obstacles pour augmenter la dépense et l'attractivité de l'environnement (Cameron *et al.*, 2021).

Les deux méthodes les plus utilisées d'après 503 réponses à un questionnaire ayant été diffusé pendant un mois au printemps 2019 au Royaume-Uni étaient le pâturage au fil (67,7 %) et le panier de pâturage (61,3 %) (Cameron *et al.*, 2021). Cette étude s'est également intéressée à la perception par les propriétaires et soignants des méthodes afin de restreindre les quantités d'herbe pâturées. En effet, on sait que l'opinion des propriétaires ou des gérants influence leur décision quant au choix des méthodes de restriction du pâturage utilisées et à la manière de les mettre en œuvre. La majorité des répondants étaient des propriétaires ou les soignants des chevaux (92 %). Il était intéressant de constater qu'un tiers des répondants avaient leur cheval en pension, un tiers sur leur propre terrain et un tiers sur un terrain qu'ils louaient mais géraient eux-mêmes. Les raisons pour lesquelles les répondants mettaient en place une limitation du pâturage étaient majoritairement pour limiter les risques de fourbure (81,2 %), prévenir l'embonpoint ou l'obésité (76,7 %), gérer un individu déjà en situation d'embonpoint (51,8 %), pour gérer les ressources disponibles en pâturage (51,8 %) ou lors de SME (27,6 %) ou de PPID (24,6 %). Le pâturage au fil a reçu la note la plus élevée en matière de perception de bien-être des équidés soumis à cette méthode. Le panier de pâturage était la deuxième méthode la plus utilisée mais la note sur le bien-être était bien moins élevée. D'après les réponses, l'utilisation du panier semblait très clivante. Soit les répondants estimaient que cette méthode était une bonne méthode soit il la détestait. Le fait de mettre un cheval ou un poney dans un pré ou une surface avec très peu d'herbe était plutôt bien perçu par l'ensemble des répondants. Concernant l'impact des méthodes de restriction du pâturage sur le bien-être, les personnes interrogées estimaient bonne une méthode si le cheval semblait heureux ou pouvait se comporter naturellement. Au contraire, si le cheval semblait frustré, stressé ou s'ennuyer, la méthode était considérée comme ayant un impact négatif sur le bien-être. Cette appréciation anthropomorphique rapportée par les auteurs peut néanmoins refléter des causes potentielles

d'impact négatif sur le bien-être telles que l'isolement social des chevaux laissés en box pour gérer leur surpoids, l'ennui due à une fourniture insuffisante de fourrages ou un environnement sans possibilité de s'occuper (Cameron *et al.*, 2021).

- Utilisation d'un panier de pâturage :

Le panier de pâturage ressemble à un panier de jeun, placé sur le nez du cheval ou du poney, qui laisse dépasser des quantités limitées de fourrage par une ou plusieurs ouvertures en regard de la bouche (Longland *et al.*, 2016). Afin d'évaluer son efficacité, plusieurs publications ont cherché à quantifier l'effet du port d'un panier de pâturage sur la quantité d'herbe ingérée. Parmi celle-ci, en 2011 à l'Université de Liverpool, la consommation d'herbe de quatre poneys placés au pré pendant trois heures a été observée. Pour cela, les poneys étaient pesés avant et après chaque période de pâturage. Les pertes d'eau par transpiration, les pertes par les urines et les fèces et la consommation d'eau étaient prises en compte dans le calcul. Pour prendre en compte les pertes d'eau par transpiration, les auteurs ont utilisé les valeurs de références établies par d'autres études. Les poneys ont été habitués au port du panier et des contenants pour collecter les excréments avant le début de l'étude. Durant huit jours, chaque jour deux poneys portaient le panier et deux broutaient librement. La quantité d'herbe ingérée a été significativement réduite par le port du panier de pâturage. En moyenne, l'ingestion était réduite de 83 % (intervalle de réduction 75-88 %). Sans panier, les poneys broutaient 0,8 % de leur poids corporel en 3h tandis qu'avec le panier, l'ingestion était réduite à 0,14 % en moyenne (Longland *et al.*, 2011b). Le port du panier de pâturage semble donc être un moyen efficace afin de limiter la quantité d'herbe ingérée au pâturage.

Certains propriétaires privilégient cette méthode car elle permet quand même au cheval ou au poney de rester au pré sur de grandes surfaces et pendant de longues périodes de temps plutôt que de pâturer sur de très courtes périodes de temps ou de rester confiné dans des petits enclos sur terre ou sur sable (Longland *et al.*, 2011b). Pour les chevaux en pâturage constant, la question du temps de port de ce panier s'est posée. Etant donnée les observations sur le comportement d'ingestion des poneys au pâturage, le port du panier une partie seulement de la journée pourrait donner lieu à une compensation avec l'ingestion de grande quantité d'herbe le reste du temps. Pour étudier cela, quatre poneys Welsh et un pur-sang arabe en bon état corporel ont été placés au pâturage permanent et portaient un panier de pâturage pendant 10 heures par jour de 8h30 à 18h30. Ils ont été habitués progressivement à porter le panier au pâturage pendant deux semaines avant le début de l'étude. Durant les trois semaines d'observation, ils ont également reçu 30 minutes d'exercice léger trois fois par semaine. Comme précédemment, la quantité d'ingestion était estimée en pesant les poneys deux fois par jour juste avant et après avoir enlevé le panier de pâturage. Les variations du poids sur la journée ont montré que les poneys avaient tendance à perdre du poids lorsqu'ils portaient le panier de pâturage et à en gagner significativement lorsqu'ils broutaient librement. De plus, les poneys ont également perdu plus de poids durant la première semaine que durant les deux semaines suivantes. Ces observations tendent à montrer selon les auteurs que les poneys ont progressivement ajusté leurs habitudes alimentaires pour consommer plus d'herbe lorsqu'ils ne portaient pas leur panier et également qu'ils se sont améliorés pour consommer l'herbe à travers leur panier (Longland *et al.*, 2016). Les variations de poids étaient néanmoins différentes selon les poneys, deux d'entre-eux perdaient systématiquement du poids durant le port du panier, deux autres prenaient du poids avec ou sans le port du panier et pour le dernier cela variait. Ainsi, le port du panier a permis de limiter la prise de poids de ces poneys par rapport à un accès au pâturage permanent cependant il y avait une grande disparité dans l'effet du port du panier durant

10 heures sur 24 en fonction des poneys (Longland *et al.*, 2016). Dans une autre étude de 2019, la prise de poids lorsque les chevaux portaient le panier pendant 10 heures était similaire à celle des chevaux sans panier par rapport au chevaux portant le panier en permanence (Davis *et al.*, 2020). D'après ces résultats, le panier devrait être porté en permanence lorsque le cheval est au pré afin de limiter la quantité d'herbe ingérée.

Néanmoins, le port du panier de pâturage a soulevé des interrogations quant à son impact sur les comportements normaux de pâturage, de grooming que ça soit de l'auto-grooming mais aussi avec les congénères ou encore sur les comportements de défense. De nombreuses études se sont intéressées à son efficacité, en revanche celles ayant étudiées leur effet sur le comportement et le bien-être se font bien moins nombreuses. Les propriétaires rapportent parfois avec l'utilisation du panier des fuites lorsqu'ils cherchent à remettre le panier, des comportements de destruction du panier ou visant à le retirer. Une étude conduite en 2019 a tenté d'évaluer les effets sur le comportement et le stress physiologique lorsque le panier était porté durant 10 heures ou 24 heures pour six chevaux miniatures adultes ayant été habitués pendant au moins 6 mois avant l'étude au port du panier de pâturage. Les auteurs ont observé les chevaux pendant trois périodes distinctes de 21 jours, durant lesquelles ils étaient aléatoirement répartis pour l'un des trois traitements. Les chevaux étaient soit au pâturage sans panier en permanence, soit ils portaient le panier 10 heures sur 24, soit ils portaient le panier en permanence. Pour évaluer l'effet sur le comportement et le bien-être, plusieurs observations ont été menées à l'aide de caméras durant plusieurs jours définis de chaque période. Chaque matin les paniers étaient retirés et l'acceptation lors de la remise du panier était notée de 1 (très bonne acceptation) à 5 (très mauvaise acceptation). Le stress physiologique a été évalué à trois reprises durant chaque période à l'aide de mesure de la fréquence cardiaque, l'intervalle entre chaque battement et la concentration salivaire en cortisol (Davis *et al.*, 2020).

Le port du panier pendant 10 heures a augmenté les temps de repos pendant les périodes observées tandis que ces périodes ont significativement diminué pour les chevaux portant le panier en permanence : 11 % de repos en deux heures d'observation pour le groupe sans panier, contre 27,6 % pour le groupe portant le panier 10 heures et seulement 3,8 % pour le groupe portant le panier en permanence. La diminution de ce temps de repos a laissé place à un plus grand temps de prise alimentaire pour le groupe portant le panier en permanence (78 %) par rapport aux deux autres (66,3 % pour les chevaux sans panier et 49,7 % pour les chevaux avec un panier durant 10 heures). Il est possible que les chevaux portant le panier 10 heures privilégiaient le temps pendant lequel ils portaient le panier pour se reposer et compenser le reste du temps par une plus grande ingestion d'herbe. En effet, les chevaux portant le panier en permanence ont perdu du poids à chaque période par rapport aux chevaux broutant librement ou avec un panier 10 heures par jour qui avaient pris du poids dans des proportions similaires (Davis *et al.*, 2020). Enfin, les temps de déplacements étaient significativement diminués pour les individus portant le panier par rapport à ceux broutant librement, semblant suggérer que le panier modifie le comportement naturel alimentaire du cheval qui broute de petites quantités en se déplaçant afin de choisir ce qu'il consomme. Également, le temps d'auto-grooming était significativement diminué pour les chevaux portant le panier en permanence (Davis *et al.*, 2020).

Concernant les scores d'acceptation du panier, il n'y avait pas de différence significative entre le groupe portant le panier 10 heures et le panier 24 heures. En revanche, dans les deux groupes l'acceptation du panier a diminué significativement entre les deux premières semaines et la dernière semaine (score d'acceptation de 3/5 la dernière semaine, $p = 0,01$). Néanmoins le score restait encore correct selon les auteurs avec des signes mineurs d'évitement. De plus, le stress physiologique a diminué au cours de chaque période de traitement, mais il n'y avait pas de différence physiologique entre les groupes de traitement sachant que les mesures cardiaques ont été réalisées

durant la courte période pendant laquelle les chevaux ne portaient pas de panier chaque matin. La mesure de la concentration de cortisol salivaire était réalisée 90 minutes après avoir remis le panier. L'absence de différence significative de concentration entre les groupes tend à montrer dans cet échantillon que le port du panier durant 10 heures ou 24 heures n'induisait pas un stress suffisamment important pour modifier le taux de cortisol salivaire. Ainsi, le port du panier a modifié les temps que les chevaux ont consacré à certains comportements mais n'a pas semblé augmenter le stress physiologique (Davis *et al.*, 2020).

Malgré ces publications, il n'existe pas encore de recommandations quant au temps de port du panier de pâturage pour un cheval ou un poney placé en permanence au pré. De plus, l'utilisation du panier requiert certaines conditions pour qu'elle soit efficace notamment en termes de hauteur d'herbe et d'ajustement. L'herbe haute moins riche en énergie et en sucres sera peu compatible avec le port du panier qui aplati l'herbe et rend difficile sa préhension. Les propriétaires ou les gérants doivent également être disponibles afin de surveiller régulièrement que le port du panier ne provoque pas de blessures ou qu'il est toujours en place (Cameron *et al.*, 2021).

- Le pâturage au fil :

La méthode de pâturage au fil consiste à avancer chaque jour ou à intervalle régulier un fil de clôture afin de fournir une nouvelle zone d'herbe à pâturer. La disposition d'un fil à l'arrière en plus, afin de laisser l'herbe précédemment pâturée au repos est recommandée (Longland, 2013). Cette méthode a l'avantage de pouvoir laisser les chevaux accéder au pâturage sans pour autant les exposer à une grande quantité d'herbe fraîche à consommer. Néanmoins, dans les études, la taille de la parcelle ouverte en plus chaque jour est calculée en fonction des analyses de la teneur en énergie digestible, ce qui est peu réalisable en pratique. Lorsque le pâturage au fil est comparé au pâturage permanent, les publications rapportent une moindre ingestion de la quantité d'herbe. En revanche selon les individus cette méthode peut ne pas être suffisante pour gérer la prise de poids à l'herbe. C'est ce qui a été montré par exemple dans une étude ayant observée le poids corporel de 12 poneys adultes de races rustiques soumis aléatoirement et successivement à une période de quatre semaines de pâturage soit en pâturage permanent, soit en pâturage au fil avec seulement un fil qui avance chaque jour, soit en pâturage au fil avec également un fil en arrière qui réduit de même taille la surface ayant déjà été pâturée. Les auteurs ont observé que l'herbe des parcelles qui étaient ouvertes chaque jour en déplaçant le fil était broutée à ras pendant les deux premières semaines puis ce comportement s'est atténué durant les deux semaines suivantes avec des restes d'herbe fibreuse qui étaient laissés. En ce qui concernait les pâtures ouvertes en totalité dès le début de chaque période, la jeune herbe était broutée préférentiellement au début de la période ce qui laissait durant les semaines suivantes principalement de l'herbe plus mature et fibreuse à consommer. De ce fait, les poneys en pâturage permanent avaient une consommation volontaire de matière sèche significativement plus élevée que les poneys en pâturage au fil durant les deux premières semaines de chaque période (2,33 % pour 100 kg de poids vif contre 1,70 % en moyenne pour le pâturage au fil). Durant les deux dernières semaines, il n'y avait plus de différence significative de la quantité volontaire de matière sèche consommée entre les traitements. Les poneys en pâturage permanent observaient un gain de poids corporel significativement plus important que ceux en pâturage au fil. Le gain de poids des poneys en pâturage au fil n'était pas significativement différent quelle que soit la technique utilisée. Le pâturage au fil semble donc être un bon outil pour aider à la gestion du poids corporel des poneys au pâturage selon les auteurs (Longland *et al.*, 2022). Il est à noter néanmoins que cette gestion du poids s'est quand même traduite par un gain de poids des poneys en pâturage au fil.

Les principales recommandations à disposition des propriétaires et des gérants d'écurie afin de diminuer la consommation volontaire au pré des chevaux en surpoids sont les suivantes, d'après (Rendle *et al.*, 2018) :

- Privilégier l'accès à des prairies permanentes qui sont plus susceptibles de contenir moins de sucres solubles que les prairies plantées avec une forte proportion de ray-grass (légumineuse avec un fort taux de sucres solubles).
- Éviter l'accès au pâturage lorsque les températures ou la luminosité sont basses, en cas de sécheresse car l'herbe sera plus chargée en sucres.
- Durant les jours ensoleillés, le sucre s'accumule dans la journée il faut donc privilégier l'accès au pâturage en début de journée.
- La teneur en sucres est plus importante à mesure que l'herbe pousse jusqu'à ce que les graines soient formées : favoriser le pâturage sur une herbe de plus de 5 cm mais encore peu mature ou sur une herbe ayant déjà dépassé le stade de la production des graines.
- Le surpâturage doit être évité car il peut favoriser la prolifération de graminées ayant une teneur en sucres plus élevée.

En résumé, il est préférable de limiter l'ingestion d'herbe saine, à l'aide de pâturage au fil ou de panier de pâturage et d'adapter le temps et le moment de pâturage en fonction des conditions environnementales. Cependant, l'ensemble de ces recommandations peuvent s'avérer difficiles à mettre en œuvre pour les propriétaires d'autant plus s'ils ne sont pas accompagnés. Ainsi, dans les cas d'obésité sévère ou de régime devant être mis en place rapidement pour gérer des complications de fourbure, l'accès au pâturage doit être proscrit. En effet, le fait d'accéder au pâturage même partiellement ne permet pas d'obtenir une perte de poids aussi significative que lorsque l'accès au pâturage est totalement supprimé car la gestion de la consommation volontaire et son suivi ne sont pas assez précis pour garantir une bonne efficacité du régime alimentaire même pour de courtes périodes (Gill *et al.*, 2016).

e. L'importance de la communication et du suivi avec les propriétaires

La gestion de l'obésité et la mise en place d'un régime alimentaire restrictif nécessite des efforts importants de la part du propriétaire. D'une part, la mise en place de ces régimes peuvent être vus par les propriétaires comme ayant un impact négatif sur la relation avec leur cheval (Furtado *et al.*, 2017). De plus, ils sont également confrontés aux éventuels jugements des personnes situées dans l'environnement de leur cheval ce qui peut largement influencer leur adhésion et leur implication au protocole de perte de poids (Golding *et al.*, 2023). Enfin, ils doivent aussi organiser de nouvelles routines alimentaires, avec de nouveaux modes de distribution, de nouveaux aliments ce qui peut être difficile à mettre en œuvre et à faire respecter notamment lorsque leur cheval est logé au sein d'écuries où les gérants gèrent une partie ou la totalité de l'alimentation des chevaux logés.

Peu d'études se sont intéressées à la faisabilité et à l'adhésion des propriétaires aux régimes alimentaires restrictifs dans le cadre où ils le mettraient en place eux-mêmes. On sait d'après les données obtenues dans le domaine des petits animaux de compagnie que les propriétaires ont des difficultés à respecter les protocoles d'alimentation et que les cliniciens observent toujours une perte de poids plus lente par rapport aux données de la recherche. Dans une étude datant de 2016, 24 chevaux appartenant à des propriétaires de 17 écuries différentes, ont été recrutés par internet ou via un référent par leur vétérinaire traitant auprès de l'Université de Caroline du Nord. La NEC

moyenne était de 7,7/9 au début de l'étude. Un protocole d'alimentation a été construit par les auteurs à l'aide d'analyses alimentaires effectuées sur les fourrages distribués dans chaque écurie. Une première phase a consisté à distribuer le fourrage à hauteur de 2 % de MS pour 100 kg de PV en attendant les résultats des analyses de fourrage. Ensuite, le régime alimentaire a été adapté afin de fournir entre 80 et 90 % des besoins en énergie digestible en distribuant entre 1,25 et 1,5 % de MS pour 100 kg de PV selon le fourrage. Les propriétaires étaient invités à peser à chaque fois le foin qui était distribué pour faire correspondre au mieux avec les quantités recommandées. Pour les chevaux ayant accès à des prés, l'herbe a également été analysée. Étant donné qu'environ 80 % des chevaux avaient un accès illimité aux pâturages au début de l'étude, plusieurs méthodes ont été utilisées pour restreindre l'apport calorique chez les chevaux. Soit les chevaux étaient gardés au pâturage en permanence (n = 13), soit le temps passé au pâturage était limité (entre 8 et 14h) ou ils portaient des paniers de pâturage fournis par les auteurs (n = 4), soit l'accès au pré était totalement supprimé (n = 6). La période d'étude était de 26 semaines. Les propriétaires et les auteurs de l'étude étaient régulièrement en contact pour suivre l'application des recommandations et les problèmes éventuellement rencontrés. Les auteurs ont classé les propriétaires en trois groupes : le premier dans lequel les propriétaires n'ont pas suivi ou ont réduit au minimum la consommation de foin, de concentrés et d'herbe, le groupe 2 pour lesquels les propriétaires ont manqué de cohérence dans leur capacité à appliquer les protocoles tout en ayant réussi à réduire la consommation de foin, de concentrés et/ou de pâturages et le groupe 3 correspondant aux propriétaires ayant suivis l'ensemble des recommandations. Les résultats ont montré que la perte de poids a été significativement plus élevée pour le groupe des chevaux n'ayant pas accès au pâturage (-9,80 % +/- 1,5 % de leur poids corporel) tandis qu'aucune différence significative de perte de poids n'a été observée entre les chevaux ayant un accès permanent ou partiel au pâturage (-4,38 % +/- 0,68 % et -7,20 % +/- 1,16 % respectivement). La variation de la perte de poids est aussi liée aux facteurs intrinsèques (génétique, race, âge) qu'il n'est pas possible de quantifier. De plus, l'effet de la compliance des propriétaires sur la perte de poids était significative entre les groupes 1 et 3 et les groupes 1 et 2. Les propriétaires qui ont le mieux adhéré aux protocoles étaient ceux qui étaient le mieux informés des conséquences néfastes liées à l'obésité chez les chevaux (Gill *et al.*, 2016). C'est pourquoi une grande partie du travail autour de la ration adaptée au cheval obèse doit être consacré à de la pédagogie envers les propriétaires afin de leur expliquer les risques liés à l'obésité et l'importance de suivre un régime alimentaire plus restrictif.

3. Prévenir les stéréotypies consécutives au rationnement du cheval

L'activité principale du cheval ou du poney qui l'occupe pendant 12,5 heures en moyenne par jour et représente plus de 50 % de son budget temps est l'alimentation. Le cheval est considéré comme un mangeur au compte-goutte qui se nourrit de petites quantités au fil de ses déplacements pendant la plus grande partie de la journée (Harris et Dunnett, 2018). En liberté au pâturage, l'alimentation nocturne peut représenter 20 à 50 % de la durée d'ingestion totale. Au box, lorsque les fourrages sont distribués à volonté, la durée d'ingestion moyenne est de neuf à 12 heures. L'ingestion nocturne est aussi importante et peut représenter jusqu'à un tiers du temps total d'ingestion, particulièrement lors de la première partie de nuit (Martin-Rosset, 2012). Par exemple, la consommation volontaire de foin de deux groupes de six juments welsh adultes d'état corporel varié représentait environ 50 % de leur temps en été et 44 % en hiver. Les juments se nourrissaient en plusieurs repas d'une

durée moyenne de 40,1 +/- 3,9 minutes en hiver et 41,9 +/- 3,8 minutes en été (Dugdale *et al.*, 2011a).

Dans le cas d'une restriction des apports alimentaires, la durée d'ingestion peut significativement être réduite, notamment la nuit, exposant le cheval à de l'ennui et pouvant entraîner l'apparition de comportements anormaux comme des stéréotypies (tic à l'air, tic à l'ours, tic déambulatoire) en particulier pour les chevaux et poneys logés en box (Harris et Dunnett, 2018). D'autres comportements tels que de la coprophagie, la mastication de bois ou de la litière sont également rapportés comme des comportements anormaux mais semblent surtout correspondre à un besoin d'ingestion de fibres en dehors des moments de distribution des repas (Hothersall et Nicol, 2009). La prévalence du nombre de chevaux présentant des stéréotypies a été estimée dans les pays occidentaux entre 3 % et 30 % selon les publications (Martin-Rosset, 2012). La principale limite des études qui ont tenté d'étudier l'apparition de stéréotypies associées à l'alimentation est le lien fort entre les pratiques d'alimentation et d'autres aspects de la gestion du cheval comme son activité ou son type d'hébergement. L'exemple le plus cité est le cas d'un cheval qui reçoit une grande proportion de concentrés pour satisfaire son besoin énergétique sera aussi celui qui est logé la plus grande partie de son temps au box et sorti quelques heures par jours pour de l'activité montée (Hothersall et Nicol, 2009). Or il est admis que le logement au box entrave les comportements de locomotion spontanée et de contacts sociaux en plus de celui de la recherche de nourriture (Martin-Rosset, 2012).

D'après les travaux effectués sur le sujet, l'apparition de stéréotypies semble être associée à la distribution de concentrés d'une part et à la diminution du temps d'ingestion de fourrages d'autre part. Les auteurs ont rapporté que le tic à l'air était principalement associé au moment de la distribution des concentrés, dans la période de temps suivant la consommation du repas avec une fréquence maximale dans les quatre à huit heures suivant le repas. D'autres études sur le sujet ont mis en évidence que la consommation de paille à disposition dans le box sous forme de litière réduisait la fréquence de ces comportements. Les auteurs ont relié ce comportement à la capacité limitée de digestion de l'amidon par l'intestin grêle qui apporté en grande quantité peut provoquer des fermentations avec la production de gaz dans l'intestin provoquant de l'inconfort (Harris et Dunnett, 2018) mais également à l'augmentation de l'acidité gastrique pouvant être douloureuse et à l'origine d'ulcère lorsque les concentrés sont consommés seuls (Hothersall et Nicol, 2013). Les repas de concentrés sont consommés très rapidement et ne permettent pas une production de salive associée à la prise alimentaire suffisante afin de tamponner l'acidité gastrique de l'estomac (Hothersall et Nicol, 2009). En effet, le cheval produit de la salive riche en bicarbonates uniquement lors de la mastication. La mastication des fourrages étant plus longue que celle des aliments concentrés, une plus grande quantité de salive est produite. A ce titre, l'ajout de fibres hachées dans les concentrés comme cela est le cas pour les aliments concentrés fibrés peut être bénéfique pour ralentir le rythme d'ingestion et stimuler la production de salive (Harris et Shepherd, 2021). L'ennui peut également être à l'origine de l'apparition de stéréotypies. Cet ennui peut être provoqué par la diminution de la durée de la consommation alimentaire, l'alimentation étant encore une fois la principale occupation du cheval, mais aussi du fait de l'isolement social et de la frustration du confinement au box (Hothersall et Nicol, 2013).

Dans le cas de chevaux avec un fort besoin énergétique, pour lesquels une grande quantité de concentrés est distribuée au détriment du fourrage, l'apport de matières grasses et notamment d'huile végétale peut permettre de satisfaire les besoins en énergie tout en conservant une plus grande quantité de fourrages distribuées (Barré, 2024), indispensable à l'hygiène mentale et au fonctionnement digestif comme vu précédemment.

Des solutions ont été développées afin d'augmenter le temps de consommation des fourrages sans augmenter les quantités d'aliment distribuées. Les deux principales méthodes sont la distribution de fourrage dans des filets ou des sacs de foin ou dans des dispositifs ressemblant à des mangeoires ayant pour objectif de réduire la vitesse des aliments consommés appelés "slow-feeders" en anglais ou mangeoire lente. Les filets ou les sacs obligent les chevaux à extraire et consommer le foin au travers de petites mailles (taille variable selon le filet) ou de petites ouvertures. Les dispositifs de "slow-feeding" reposent sur un principe équivalent, une grille plastique ou métallique recouvre le fourrage qui est consommé en tirant dessus au travers des petites ouvertures de la grille (Rochais *et al.*, 2018). Ces dispositifs ont déjà été étudiés au travers de plusieurs publications qui ont montré qu'ils étaient efficaces afin de rallonger le temps de consommation des fourrages. Néanmoins, des interrogations ont été suscitées quant au développement de comportement de frustration provoqués par ces dispositifs.

En 2016, une étude française a comparé l'impact sur le bien-être des chevaux des deux dispositifs précédemment présentés. Cette étude s'est déroulée à l'IFCE, à l'aide de 38 chevaux logés au box et sortis une heure par jour en semaine pour du travail monté ayant séjourné depuis déjà deux ans au moins dans cette écurie. Deux groupes ont été distingués selon la configuration de leur box, permettant pour le groupe 1 d'avoir des contacts sociaux tandis qu'ils disposaient pour le groupe 2 d'une fenêtre ouverte sur l'extérieur mais sans possibilité d'établir de contacts sociaux avec leurs voisins de box. Trois types de distribution du fourrage ont été testés durant des périodes de trois semaines sur l'ensemble des chevaux du groupe 1 et les chevaux du groupe 2 ont seulement été confrontés aux deux dispositifs de distribution du foin hors sol. Les trois modalités de distribution du foin deux fois par jour, aux mêmes horaires qu'habituellement dans l'écurie étaient les suivantes : foin distribué à même le sol (situation contrôle), foin distribué dans un sac de foin accroché en hauteur dans le box ou foin distribué en une seule fois dans une mangeoire lente positionnée dans un coin du box. La quantité de fourrage distribuée était de 9 kg. Le comportement des chevaux a été suivi chaque jour à l'aide de plusieurs périodes d'observation quotidiennes distinctes. Un test d'approche soudaine, utilisé afin d'évaluer la relation avec l'homme, était réalisé au début et à la fin de chaque période de test. Comme attendu, la distribution du foin avec un sac ou dans une mangeoire lente a contribué à une augmentation du temps passé à consommer du foin. De plus, à la fin de la journée malgré le fait que la quantité de foin ait été distribuée en une seule fois avec la mangeoire lente, il restait encore du foin alors que cela n'était presque jamais observé avec le sac de foin ou le foin au sol. Sur 28 chevaux observés, 14 ont exprimé des comportements stéréotypés quelle que soit la modalité de distribution du foin. La fréquence de ces comportements était significativement plus élevée lorsque les chevaux avaient un sac de foin qu'une mangeoire lente alors qu'il n'y avait pas de différence entre la distribution au sol ou la distribution en mangeoire lente. Concernant les indicateurs d'inconfort (position des oreilles vers l'arrière, coups de pattes, bâillements, mastication à vide, coups de dent ou de tête dans le dispositif) certains chevaux ont développé des comportements spécifiques de frustration vis à vis du sac de foin et présentaient une position des oreilles en arrière lors de la distribution du foin dans les sacs majoritairement alors que ce comportement était très rarement observé dans les autres situations. Enfin, au sujet de la relation avec l'homme, il n'y a pas eu de changement au cours des périodes de distribution au sol ou avec les sacs de foin tandis que le score a été amélioré dans le cas d'une distribution avec la mangeoire lente (Rochais *et al.*, 2018).

D'après l'ensemble de ces observations, la mangeoire lente semble avoir contribué à une meilleure distribution temporelle des repas au cours de la journée, une amélioration de la relation avec l'homme et n'a pas contribué à l'augmentation de la fréquence d'apparition de comportements

stéréotypés ou au développement de signes de frustration envers ce dispositif. D'après les auteurs, le développement de ce dispositif est encourageant pour améliorer le budget temps consacré à l'alimentation des chevaux au box. Le principal point négatif de ce dispositif est l'augmentation du temps de manipulation demandé aux personnes qui distribuent l'alimentation, le remplissage du dispositif demandant plus de temps qu'une distribution classique du foin (Rochais *et al.*, 2018).

D'autres études sont à venir afin d'étudier davantage les effets sur le bien-être de ce type de dispositif et également étudier leur impact physique. Un effet sur la posture est envisagé du fait de la distribution de l'alimentation en hauteur avec les sacs ou les filets à foin, les chevaux et poneys étant habitués à consommer leur nourriture au sol avec la tête vers le bas. De plus, le port de tête prolongé en l'air expose également à une moins bonne efficacité de l'appareil muco-ciliaire trachéal, comme cela est déjà rapporté lors de trajet long en camion ou van, pouvant entraîner le développement de pneumonie infectieuse. D'autre part se pose également la question de l'usure des dents avec ce type de dispositif, notamment sur les grilles en plastique ou en métal.

Les premières recommandations pratiques pour l'utilisation de ces dispositifs sont les suivantes d'après (Zollinger et Roig-Pons, 2023) :

- Prévenir les risques de blessures en veillant à bien penser les systèmes d'attache des dispositifs, ne pas placer les filets trop proches du sol pour les chevaux ferrés et ne pas leur laisser leur licol au risque de s'accrocher dans les filets.
- Contrôler régulièrement l'état des vibrisses, des dents et des gencives. Il peut être conseillé de réaliser des photos qui permettent de mieux comparer.
- Prendre le temps d'observer objectivement et pendant plusieurs longues périodes de temps les chevaux utiliser les dispositifs afin d'adapter si nécessaire leur position, de réduire le mouvement des dispositifs comme pour les filets ou les sacs.
- Faire contrôler régulièrement son cheval par un ostéopathe et un vétérinaire.
- Nettoyer et désinfecter régulièrement les dispositifs de distribution de l'alimentation.

4. L'exercice, deuxième pilier dans la prise en charge du cheval en surpoids

Les publications récentes ayant émises des recommandations pour les régimes alimentaires restrictifs suggèrent également d'augmenter l'activité physique, montée ou non, en fréquence et en durée afin d'améliorer la perte de poids ainsi que la sensibilité à l'insuline (Geor et Harris, 2013a). En effet, il a été admis notamment dans le consensus de l'ECEIM sur le SME paru en 2019 que l'exercice semblait améliorer la sensibilité à l'insuline même si toutes les études ne s'accordent pas sur ce point. En effet, selon les études les protocoles sont toujours un peu différents concernant le protocole d'exercice, mais également de restriction alimentaire. Un effet de la race des chevaux et poneys recrutés ainsi que l'influence d'autres facteurs peuvent également faire varier les résultats observés.

Du fait des résultats contradictoires ces dernières années quant au fait de comprendre si l'exercice pouvait contribuer à améliorer la sensibilité à l'insuline, il a été suggéré de mettre en œuvre des protocoles permettant de séparer les effets de la restriction alimentaire et de l'exercice. En 2018, une étude a mis en place un protocole de ce type à l'aide de 24 chevaux, huit chevaux de type selle, huit poneys de races croisées et huit pur-race espagnols croisés tous avec une NEC supérieure à 7/9. La plupart avait été recrutés lors d'une précédente étude ayant consisté à leur faire prendre du poids. Le programme de perte de poids a été conduit pendant 12 semaines, les chevaux et poneys étaient aléatoirement répartis dans le groupe recevant uniquement un régime alimentaire restreint à base de foin (1,25 % de matière sèche pour 100 kg de poids corporel) ou dans le groupe recevant le même régime alimentaire ainsi que de l'exercice de faible intensité. Ils étaient logés dans des paddocks individuels afin de quantifier précisément la consommation alimentaire et sortis en groupe 6 heures par jour dans des paddocks en sable sans foin à disposition. L'exercice de faible intensité était réalisé à l'aide d'un marcheur automatique cinq fois par semaine, les chevaux et poneys effectuait cinq minutes de marche puis 15 minutes de trot rapide (2,0 m/s pour les poneys, 3,0 m/s pour les chevaux espagnols et 3,5 m/s pour les chevaux de type selle) suivies de cinq minutes de marche pour terminer. Afin de suivre la sensibilité à l'insuline, un test de tolérance au glucose par voie intraveineuse était réalisé sur chaque individu au début et à la fin de la période d'étude. A la fin de l'étude, l'ensemble des chevaux et poneys des deux groupes avaient perdu du poids, mais sans différence significative entre les deux protocoles (perte de 6,2 +/- 4,3 % du poids corporel pour le groupe avec le régime alimentaire uniquement et de 7,7 +/- 2,1 % du poids corporel avec l'exercice de faible intensité en plus). Les mesures d'insulino-sensibilité étaient similaires pour les deux groupes avant la perte de poids, tandis qu'à la fin de l'étude les chevaux et poneys soumis à un exercice léger en plus de la restriction alimentaire avaient une meilleure insulino-sensibilité que ceux de l'autre groupe ($p = 0,01$) avec une diminution de la concentration basale en insuline. Un effet de la race a également été observé avec une meilleure insulino-sensibilité des chevaux de type selle par rapport aux chevaux espagnols et aux poneys ($p = 0,001$ et $0,009$ respectivement) (Bamford *et al.*, 2019). L'exercice même de faible intensité semble donc participer à l'amélioration de la sensibilité à l'insuline chez des chevaux obèses lorsqu'il est associé avec un régime de restriction alimentaire.

Des observations similaires ont déjà été réalisées dans des études ayant été menées dans les années 2000. En 2006, six chevaux de selle avaient été soumis à un entraînement de 45 minutes de tapis roulant à une vitesse permettant d'atteindre 55 % de la capacité aérobie maximale durant sept jours consécutifs. Trois tests de sensibilité à l'insuline avec la méthode du clamp euglycémique-hyperinsulinémique ont été réalisés deux jours avant le début du protocole, le dernier jour puis cinq jours après la fin du protocole. Une amélioration de la sensibilité à l'insuline a été observée à l'issue des sept jours d'entraînement et a été conservée après la période d'inactivité de cinq jours à l'issue du protocole. De plus, les auteurs ont également suivi par biopsie musculaire du muscle glutéal la concentration de protéines GLUT-4, la protéine principale de transport du glucose dans les muscles squelettiques. Cette concentration était significativement plus élevée à la fin du protocole d'exercice (multipliée par dix en moyenne, $p < 0,001$). Les auteurs ont suggéré que l'amélioration de l'insulino-sensibilité était peut-être liée à une meilleure utilisation du glucose par les muscles avec une augmentation de l'activité des enzymes musculaires liées à l'exercice (Stewart-Hunt *et al.*, 2006).

Les recommandations émises par le consensus de l'ECEIM sur le SME ont donc été extrapolées à partir des publications mais également de l'expérience clinique des auteurs (Durham *et al.*, 2019). Les auteurs soulignent que le protocole d'exercice doit être adapté en fonction de la

condition physique de base du cheval et de son historique de fourbure. A ce titre, les chevaux ayant des antécédents de fourbure doivent faire l'objet d'un suivi attentif.

- Pour les chevaux sans historique de fourbure, l'exercice doit être d'intensité faible à modéré pendant au minimum 30 minutes cinq fois par semaine. Pour cela, la fréquence cardiaque doit être comprise entre 130 et 170 battements par minute, ce qui équivaut à réaliser un exercice au galop rapide monté ou non (Durham *et al.*, 2019).
- Pour les chevaux avec un historique de fourbure ayant été stabilisée depuis, l'exercice conseillé est un peu plus léger. Il doit être réalisé sur une surface souple pendant au minimum 30 minutes trois fois par semaine. La fréquence cardiaque recommandée doit être comprise entre 110 et 150 battements par minute, correspondant à du trot rapide ou du galop non monté (Durham *et al.*, 2019).

Ces protocoles d'exercice doivent être adaptés à la condition physique du cheval ou du poney et sont amenés à évoluer en fonction de la perte de poids attendue et de l'évolution de la condition physique. La problématique avec ce type de protocole est d'une part la mise en pratique par le propriétaire. Le propriétaire doit en effet disposer de temps ainsi que des installations nécessaires afin de mettre en œuvre ces recommandations. De plus, le cheval doit aussi pouvoir supporter l'augmentation progressive de l'exercice d'autant plus s'il présente une forme d'intolérance à l'exercice. De nombreux auteurs ont en effet suggéré que les chevaux obèses sont susceptibles de moins tolérer les contraintes physiologiques de l'exercice par rapport à des chevaux en bon état corporel (Wyse *et al.*, 2008). L'intolérance à l'exercice associée à l'obésité a déjà été rapportée à de nombreuses reprises chez les petits animaux de compagnie.

Les études ayant travaillé sur l'impact d'un poids supplémentaire sur la charge de travail des chevaux ont surtout été menées par rapport à l'impact du poids des cavaliers sur la performance, en particulier pour les chevaux de course et d'endurance. Ces publications ont par exemple montré que l'ajout d'un poids sur le cheval augmentaient la fréquence cardiaque et allongeaient les temps de course. A partir de ces observations, il a été extrapolé qu'un poids supplémentaire sous la forme d'un excès de tissu adipeux pourrait également augmenter la charge de travail et avoir un impact négatif sur les performances (Pratt-Phillips et Munjizun, 2023). L'augmentation de la NEC d'un point équivaut selon certaines études à 20 à 25 kg de graisse supplémentaire (Dugdale *et al.*, 2011b), soit pour une NEC de 7/9 à 50 à 100 kg de graisse à porter. Les conséquences du surpoids sur l'intolérance à l'exercice pourraient être liées à une augmentation de la charge de travail provoquée par la masse de tissu adipeux avec une augmentation plus importante de la fréquence cardiaque, de la fréquence respiratoire et de la concentration en lactates plasmatiques. La présence de graisse sous cutanée pourrait également diminuer la production de sueur et son évaporation du fait de ses propriétés isolantes et contribuer à un stress thermique augmenté chez les chevaux en surpoids (Pratt-Phillips et Munjizun, 2023). Néanmoins, ces hypothèses n'ont pour l'instant pas été suffisamment investiguées chez le cheval. Les études menées sur les chevaux de course ou d'endurance jusqu'à présent n'incluent pas dans leurs échantillons de chevaux avec une NEC au-delà de 5,5 /9.

Par exemple, en 2008 une étude coréenne avec des pur-sangs a montré que l'augmentation du temps de course était significativement associée à une augmentation du poids corporel de plus de 10 kg (Cho *et al.*, 2008). Cependant, le poids des chevaux de l'échantillon ne dépassait pas 460 kg.

En 1999, une étude a eu pour objectif de quantifier les effets de la NEC, du poids corporel et du cavalier sur les performances d'une course de 160 km en Californie. Les observations ont eu lieu sur deux années consécutives lors de la tenue de la course. Trois cent soixante chevaux ont été recrutés, majoritairement des hongres (266/360) pur-sang arabes. Le poids des chevaux a eu un impact sur le fait de terminer la course, les chevaux qui avaient une masse corporelle plus importante ont présenté plus de boiteries les empêchant de terminer la course que des chevaux plus légers ($p < 0,001$). Néanmoins, avant élimination l'augmentation du poids n'était pas associée à une diminution du nombre de kilomètres parcourus. Pour les chevaux étant arrivés au bout de la course, le poids n'avait pas eu d'effet sur le temps nécessaire pour effectuer la course, ni sur le classement. En revanche, le nombre de chevaux ayant terminé la course était plus important pour ceux ayant une NEC de 5 et 5,5/9 par rapport aux autres catégories de NEC. Concernant les autres causes d'abandons, les chevaux qui avaient une NEC inférieure à 2,88 +/-0,81 étaient sujet à des abandons par syndrome d'épuisement tandis que la NEC moyenne des chevaux ayant abandonnés pour d'autres raisons comme des boiteries ou un dépassement du temps était de 4,33 +/- 0,42 sur neuf (Garlinghouse et Burrill, 1999). Aucun cheval présenté à cette compétition présentait une NEC supérieure à 5,5/9, ce qui ne permet pas de conclure à un potentiel impact du surpoids sur les performances en endurance. Ces mêmes observations devraient être conduites chez des chevaux d'endurance amateurs, plus susceptibles d'être présentés avec des NEC plus élevées.

L'effet du surpoids sur l'intolérance à l'exercice est encore peu documenté chez le cheval jusqu'à présent. Dans la mesure des possibilités physiques du cheval, l'ajout d'un protocole d'exercice même léger au protocole de restriction alimentaire est conseillé afin d'améliorer la sensibilité à l'insuline. L'effet de l'exercice dans le but d'améliorer la perte de poids est quant à lui encore discuté selon les études.

5. Aide pharmacologique à la perte de poids

Dans le cadre d'une perte de poids devant être accélérée en cas de fourbure sévère ou lors de résistance à la perte de poids malgré la mise en place d'un protocole de restriction alimentaire et d'exercice, le consensus ECEIM sur le SME paru en 2019 a présenté en seconde intention la possibilité d'utiliser deux molécules : la lévothyroxine et la metformine. L'utilisation de la lévothyroxine est réservée aux cas de résistance à la perte de poids tandis que l'utilisation de la metformine est conseillée pour des cas d'insulino-résistance prolongée ou sévère malgré une gestion optimale par le propriétaire (Durham *et al.*, 2019).

- La lévothyroxine :

La lévothyroxine est une forme synthétique de la thyroxine thyroïdienne produite par les glandes thyroïdes qui régule en grande partie le métabolisme de base de l'organisme. L'effet supposé de l'administration de ce médicament est une augmentation du métabolisme de base qui induit une consommation accrue d'énergie et donc une perte de poids (Frank, 2011). Cette molécule doit être utilisée en complément d'une gestion alimentaire optimale (Akinniyi *et al.*, 2023). Comme rapporté dans le consensus de l'ECEIM, l'administration par voie orale à des chevaux sains de doses entre 24 et 96 mg par jour pendant 48 semaines a été bien tolérée. Les auteurs ont observé une diminution du poids corporel et une augmentation de la sensibilité à l'insuline (Durham *et al.*, 2019). Une diminution du poids corporel et de la circonférence de l'encolure de chevaux SME a également été

rapportée après neuf mois de traitement à une dose de 48 mg par jour durant les six premiers mois puis 72 mg durant les trois derniers mois (Durham *et al.*, 2019). Deux points de vigilance sont à souligner avec l'usage de cette molécule. En augmentant le métabolisme de base, elle peut d'une part augmenter l'activité locomotrice. Il faut donc l'administrer sur des chevaux et poneys qui ne sont pas logés en box en permanence afin qu'ils puissent satisfaire leur besoin de mouvement (Akinniyi *et al.*, 2023). D'autre part, la lévothyroxine est susceptible d'induire également de l'hyperphagie. L'accès à des pâturages sans moyen de restriction de la prise alimentaire doit donc être proscrit chez des individus sous traitement (Frank, 2011). Un sevrage progressif du traitement doit être effectué en diminuant la dose de moitié pendant deux semaines puis en la diminuant à nouveau de moitié pendant deux semaines supplémentaires avant d'arrêter le traitement (Frank, 2011).

- La metformine :

La metformine est un médicament utilisé en médecine humaine afin de contrôler l'hyperglycémie et d'augmenter la sensibilité à l'insuline des tissus lors de diabète sucré. Un faible nombre d'études concernant son efficacité ont été réalisées chez le cheval. Les premiers résultats tendent à montrer que l'administration de metformine réduit l'absorption de glucose et les pics d'insuline associés chez des chevaux non obèses (Akinniyi *et al.*, 2023). D'autres études ont également rapporté une diminution des concentrations basales d'insuline et une amélioration de la sensibilité à l'insuline après un traitement à la dose de 15 mg/kg administré deux fois par jour (Durham *et al.*, 2019). Le problème majeur avec l'administration par voie orale de ce médicament est sa faible biodisponibilité. La dose à administrer rapportée par le consensus de l'ECEIM sur le SME varie entre 15 et 30 mg/kg toutes les 8 à 12 heures. En pratique, il est conseillé au propriétaire de le donner deux fois par jour, idéalement 30 à 60 minutes avant la distribution d'un repas (Durham *et al.*, 2019). Les résultats des publications restent pour le moment contrastés. À l'heure actuelle et dans l'attente de nouvelles études, l'utilisation de la metformine est toujours recommandée pour la gestion de l'insulino-résistance en plus des mesures d'alimentation et d'exercice (Frank, 2011).

L'utilisation d'autres molécules anti-diabétiques comme le pioglitazone sont à l'étude. Comme la metformine, son utilisation chez l'Homme améliore le contrôle de la glycémie et la sensibilité à l'insuline. Son efficacité chez le cheval afin d'améliorer la sensibilité à l'insuline n'a pas encore été démontrée (Frank, 2011).

En résumé, la gestion du surpoids chez le cheval ou le poney repose sur les mesures suivantes :

- Suppression de la distribution d'aliments à forte densité énergétique (granulés, bonbons, carottes, pommes).
- Contrôle de la quantité de fourrages apportés : soit en se basant sur l'énergie digestible à l'aide d'une analyse de fourrage, soit en se basant sur la consommation volontaire (2% de MS / 100 kg de PV) et diminuer progressivement la quantité distribuée à 1,5 % voire 1,25 % si l'état corporel n'est toujours pas satisfaisant.
- En cas d'accès au pré, la quantité d'herbe ingérée doit absolument être restreinte soit en interdisant l'accès au pâturage, soit en utilisant des méthodes alternatives telles que le pâturage au fil ou le panier de pâturage et la quantité de foin distribuée le reste du temps doit être adaptée au temps passé au pâturage.
- Privilégier l'utilisation de dispositifs visant à ralentir la vitesse d'ingestion du fourrage afin de garder le cheval ou le poney occupé malgré la diminution de la quantité d'aliment distribuée.
- Augmenter la dépense énergétique par de l'exercice adapté aux capacités physiques, en évitant le port de couvertures en hiver, en plaçant les points d'intérêts à distance (râtelier, abreuvoir) pour les chevaux vivant en extérieur.

Cinquième partie : Réalisation d'un guide à destination des propriétaires

L'objectif de ce travail de thèse était également de le rendre accessible à un public plus large propriétaires, gérants d'écurie ou toute personne cherchant des informations sur les mesures à mettre en œuvre pour gérer le surpoids d'un cheval ou d'un poney. Le choix du format s'est porté sur un guide écrit reprenant dans un premier temps les bases du rationnement puis en seconde partie une synthèse des mesures de gestion du surpoids. Un travail de vulgarisation a été mené tout en conservant l'ensemble des informations importantes et notamment celles traitant de la gestion de l'alimentation. Ce guide est disponible en annexe (Annexe 4).

Conclusion

La gestion de l'obésité chez le cheval est une problématique relativement récente. Le premier levier pour améliorer la rapidité de sa prise en charge est une meilleure reconnaissance par les propriétaires, les gérants d'écurie et l'ensemble des personnes dans l'entourage des équidés en situation de surpoids. De nombreux facteurs influencent la juste perception de la condition corporelle des chevaux, ils dépendent à la fois des standards de race mais également de nombreux facteurs sociologiques. La compréhension de ces facteurs est indispensable pour le vétérinaire afin d'échanger avec les propriétaires. Il existe de nombreux outils ayant été développés afin d'estimer le poids mais également la condition corporelle d'un individu. Toutes ces méthodes ont des avantages et des inconvénients qu'il convient de prendre en compte afin d'utiliser la méthode la plus appropriée à chaque situation. La note d'état corporel reste un incontournable, malgré la difficulté de son utilisation par un public non aguerri afin de faire un premier constat de la situation de surpoids ou d'obésité. D'autres types de mesures comme la mesure du périmètre thoracique et abdominal peuvent être utilisés afin de suivre l'évolution de l'état corporel dans le temps. Il convient de bien différencier un cheval avec un excès de tissu adipeux donc considéré comme gras, d'un cheval avec un encombrement digestif important du fait de l'ingestion en quantité de fibres non digestibles auquel est souvent associé un manque de musculature dorsale qui est alors considéré comme gros. La reconnaissance du surpoids est un enjeu majeur afin de gérer les causes et les conséquences qui lui sont associées.

Dans la plupart des cas, l'obésité est associée à un excès d'apport alimentaire en énergie et en quantité. La diminution de la charge de travail d'une population grandissante de chevaux de loisirs semble également être une cause associée. De plus, certains chevaux et poneys présentent des dysfonctionnements de leur métabolisme, supposé d'origine génétique, telle qu'une insulino-résistance qui peut être associée à l'obésité lors de SME. Les conséquences de l'obésité sont multiples, les études dans ce domaine sont encore à leur balbutiement en particulier en médecine interne. Dans la plupart des cas, les conséquences se développent à long-terme ce qui ne permet pas de sensibiliser le propriétaire à la situation d'obésité dans laquelle se trouve son cheval ou son poney assez tôt. Les conséquences les plus graves concernent le système myo-arthro-squelettique avec la fourbure mais également le système métabolique avec la mise en place d'une insulino-résistance, d'un dérèglement du métabolisme lipidique et hépatique et le développement d'une inflammation chronique sous-jacente.

La gestion du surpoids doit passer par la mise en place d'un régime alimentaire restrictif avec la distribution d'aliment pauvre en énergie digestible et riche en fibres afin de respecter le comportement d'ingestion propre à l'espèce et la physiologie digestive. L'ajout d'un protocole d'exercice dans la mesure des possibilités physiques du cheval doit également être mis en place et adapté au fur et à mesure afin d'améliorer la sensibilité à l'insuline et la perte de poids. Une attention particulière doit être portée au développement d'ennui et de stéréotypies chez le cheval ou le poney avec une quantité d'aliment à consommer réduite. Les besoins fondamentaux de liberté de mouvement, de contacts sociaux et d'ingestion de fibres doivent être respectés. Des solutions existent afin d'allonger le temps de consommation des fourrages tout en limitant leur quantité. La gestion à la fois alimentaire et physique doit être adoptée sur une longue durée. Les résultats sont souvent très longs à apparaître ce qui peut fortement décourager les propriétaires. Le vétérinaire joue un rôle indispensable au cours de ce processus afin de conseiller et d'accompagner les propriétaires au cours du temps. La gestion du surpoids chez le cheval doit faire l'objet davantage

de travail et notamment de vulgarisation auprès du public afin de sensibiliser au plus tôt les acteurs et les propriétaires du monde du cheval. A ce titre, un guide à destination des propriétaires, des gérants d'écuries ou de toute personne recherchant des informations sur le sujet a été réalisé au cours de ce travail. Le rôle de conseil et d'accompagnement du vétérinaire doit aussi être développé. Des outils comme des applications de suivi entre vétérinaire et propriétaire, afin de communiquer et d'y inscrire les données concernant les aliments ou les mesures morphométriques pourraient être développés afin de faciliter le suivi par le vétérinaire et la persévérance des propriétaires et soignants des chevaux.

Liste des références bibliographiques

- ADAMS, A.A., KATEPALLI, Madhu.P., KOHLER, K., *et al.* (2009) Effect of body condition, body weight and adiposity on inflammatory cytokine responses in old horses. *Veterinary Immunology and Immunopathology* vol. 127, n° 3, p. 286-294. [https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.10.323]
- AKINNIYI, O., SACEY, A., OCHUBE, G.E., *et al.* (2023) Definition, Assessment, Health Consequences and Management of Equine Obesity: A Review. *Folia Veterinaria* vol. 67, p. 1-10. [https://doi.org/10.2478/fv-2023-0011]
- ARGO, C.McG., CURTIS, G.C., GROVE-WHITE, D., *et al.* (2012) Weight loss resistance: A further consideration for the nutritional management of obese Equidae. *The Veterinary Journal* vol. 194, n° 2, p. 179-188. [https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.09.020]
- ARGO, C.McG., DUGDALE, A.H.A., MCGOWAN, C.M. (2015) Considerations for the use of restricted, soaked grass hay diets to promote weight loss in the management of equine metabolic syndrome and obesity. *The Veterinary Journal* vol. 206, n° 2, p. 170-177. [https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.07.027]
- ASSOCIATION FOR PET OBESITY PREVENTION (2022) Health Risks of Excessive Weight in Dogs and Cats. *In Association for Pet Obesity Prevention*. [https://www.petobesityprevention.org/articlesandnews/health-risks-of-excessive-weight-in-dogs-and-cats] (consulté le 09/12/2023).
- BAILEY, S.R., MENZIES-GOW, N.J., HARRIS, P.A., *et al.* (2007) Effect of dietary fructans and dexamethasone administration on the insulin response of ponies predisposed to laminitis. *Journal of the American Veterinary Medical Association* vol. 231, n° 9, p. 1365-1373. [https://doi.org/10.2460/javma.231.9.1365]
- BAMFORD, N.J., POTTER, S.J., BASKERVILLE, C.L., *et al.* (2019) Influence of dietary restriction and low-intensity exercise on weight loss and insulin sensitivity in obese equids. *Journal of Veterinary Internal Medicine* vol. 33, n° 1, p. 280-286. [https://doi.org/10.1111/jvim.15374]
- BAMFORD, N.J., POTTER, S.J., BASKERVILLE, C.L., *et al.* (2016a) Effect of increased adiposity on insulin sensitivity and adipokine concentrations in different equine breeds adapted to cereal-rich or fat-rich meals. *The Veterinary Journal* vol. 214, p. 14-20. [https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2016.02.002]
- BAMFORD, N.J., POTTER, S.J., HARRIS, P.A., *et al.* (2016b) Effect of increased adiposity on insulin sensitivity and adipokine concentrations in horses and ponies fed a high fat diet, with or without a once daily high glycaemic meal. *Equine Veterinary Journal* vol. 48, n° 3, p. 368-373. [https://doi.org/10.1111/evj.12434]
- BAMFORD, N.J., POTTER, S.J., HARRIS, P.A., *et al.* (2014) Breed differences in insulin sensitivity and insulinemic responses to oral glucose in horses and ponies of moderate body condition score. *Domestic Animal Endocrinology* vol. 47, p. 101-107. [https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2013.11.001]
- BARNABÉ, M.A., ELLIOTT, J., HARRIS, P.A., *et al.* (2023) Relationships between total adiponectin concentrations and obesity in native-breed ponies in England. *Equine Veterinary Journal* vol. 56, n°2, p. 264-272. [https://doi.org/10.1111/evj.14013]
- BARRÉ, C. (2024) Alimentation du cheval adulte. UC 0631. Maisons-Alfort, École nationale vétérinaire d'Alfort.
- BIDDLE, A.S., TOMB, J.-F., FAN, Z. (2018) Microbiome and Blood Analyte Differences Point to Community and Metabolic Signatures in Lean and Obese Horses. *Frontiers in Veterinary Science* vol. 5, p. 225. [https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00225]
- BLAUE, D., SCHEDLBAUER, C., STARZONEK, J., *et al.* (2019) Effects of body weight gain on insulin and lipid metabolism in equines. *Domestic Animal Endocrinology* vol. 68, p.

- 111-118. [<https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2019.01.003>]
- BRØKNER, C., AUSTBØ, D., NÆSSET, J.A., *et al.* (2016) Glycaemic and insulinemic response to dietary carbohydrates in horses. *Acta Veterinaria Scandinavica* vol. 58, n° Suppl 1, p. 69. [<https://doi.org/10.1186/s13028-016-0244-1>]
- BUSECHIAN, S., TURINI, L., SGORBINI, M., *et al.* (2022) Are Horse Owners Able to Estimate Their Animals' Body Condition Score and Cresty Neck Score? *Veterinary Sciences* vol. 9, p. 544. [<https://doi.org/10.3390/vetsci9100544>]
- CALTABILOTA, T.J., EARL, L.R., THOMPSON, D.L., Jr., *et al.* (2010) Hyperleptinemia in mares and geldings: Assessment of insulin sensitivity from glucose responses to insulin injection1. *Journal of Animal Science* vol. 88, n° 9, p. 2940-2949. [<https://doi.org/10.2527/jas.2010-2879>]
- CAMERON, A., HARRIS, P., LONGLAND, A., *et al.* (2021) UK Horse Carers' Experiences of Restricting Grazing When Aiming to Prevent Health Issues in Their Horses. *Journal of Equine Veterinary Science* vol. 104, p. 103685. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103685>]
- CARROLL, C.L., HUNTINGTON, P.J. (1988) Body condition scoring and weight estimation of horses. *Equine Veterinary Journal* vol. 20, n° 1, p. 41-45. [<https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1988.tb01451.x>]
- CARSLAKE, H.B., ARGO, C.McG., PINCHBECK, G.L., *et al.* (2018) Insulinaemic and glycaemic responses to three forages in ponies. *The Veterinary Journal* vol. 235, p. 83-89. [<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.03.008>]
- CARTER, R.A., DUGDALE, A.H. (2013) Assessment of body condition and bodyweight. In Geor, R.J., Harris, P.A., Coenen, M. (Éd.), *Equine applied and clinical nutrition : health, welfare and performance*. Edinburg, Saunders Elsevier, p. 487-502.
- CARTER, R.A., GEOR, R.J., BURTON STANIAR, W., *et al.* (2009a) Apparent adiposity assessed by standardised scoring systems and morphometric measurements in horses and ponies. *The Veterinary Journal* vol. 179, n° 2, p. 204-210. [<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2008.02.029>]
- CARTER, R.A., MCCUTCHEON, L.J., GEORGE, L.A., *et al.* (2009b) Effects of diet-induced weight gain on insulin sensitivity and plasma hormone and lipid concentrations in horses. *American Journal of Veterinary Research* vol. 70, n° 10, p. 1250-1258. [<https://doi.org/10.2460/ajvr.70.10.1250>]
- CARTER, R. A., TREIBER, K.H., GEOR, R.J., *et al.* (2009) Prediction of incipient pasture-associated laminitis from hyperinsulinaemia, hyperleptinaemia and generalised and localised obesity in a cohort of ponies. *Equine Veterinary Journal* vol. 41, n° 2, p. 171-178. [<https://doi.org/10.2746/042516408X342975>]
- CHO, K.-H., SON, S.-K., CHO, B.-W., *et al.* (2008) Effects of Change of Body Weight on Racing Time in Thoroughbred Racehorses. *Journal of Animal Science and Technology* vol. 50, n° 6, p. 741-746. [<https://doi.org/10.5187/JAST.2008.50.6.741>]
- COLEMAN, M.C., WHITFIELD-CARGILE, C.M., MADRIGAL, R.G., *et al.* (2019) Comparison of the microbiome, metabolome, and lipidome of obese and non-obese horses. *PLOS ONE* vol. 14, n° 4, p. e0215918. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215918>]
- CRÉPEAUX, G. (2020) Les métabolismes et leurs régulations. UC 0222 (polycopié). Maisons-Alfort, École nationale vétérinaire d'Alfort.
- CYMBALUK, N.F. (2013) Water. In Geor, R.J., Harris, P.A., Coenen, M. (Éd.), *Equine applied and clinical nutrition : health, welfare and performance*. Edinburg, Saunders Elsevier.
- DAVIS, K.M., IWANIUK, M.E., DENNIS, R.L., *et al.* (2020) Effects of grazing muzzles on behavior and physiological stress of individually housed grazing miniature horses. *Applied Animal Behaviour Science* vol. 231, p. 105067. [<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.105067>]
- DELAROCQUE, J., FRERS, F., HUBER, K., *et al.* (2020) Weight loss is linearly associated with a reduction of the insulin response to an oral glucose test in Icelandic horses. *BMC Veterinary Research* vol. 16, p. 151. [<https://doi.org/10.1186/s12917-020-02356-w>]
- DEPECKER, M. (2023) Endocrinologie. UC 0631. Maisons-Alfort, École nationale vétérinaire d'Alfort.
- DOSI, M.C.M., KIRTON, R., HALLSWORTH, S., *et al.* (2020) Inducing weight loss in native ponies: is straw a viable alternative to hay? *The Veterinary Record* vol. 187, n° 8, p. e60. [<https://doi.org/10.1136/vr.105793>]

- DUGDALE, A.H.A., CURTIS, G.C., CRIPPS, P., *et al.* (2010) Effect of dietary restriction on body condition, composition and welfare of overweight and obese pony mares. *Equine Veterinary Journal* vol. 42, n° 7, p. 600-610. [<https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00110.x>]
- DUGDALE, A.H.A., CURTIS, G.C., CRIPPS, P.J., *et al.* (2011a) Effects of season and body condition on appetite, body mass and body composition in ad libitum fed pony mares. *The Veterinary Journal* vol. 190, n° 3, p. 329-337. [<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.11.009>]
- DUGDALE, A.H.A., CURTIS, G.C., HARRIS, P.A., *et al.* (2011b) Assessment of body fat in the pony: Part I. Relationships between the anatomical distribution of adipose tissue, body composition and body condition. *Equine Veterinary Journal* vol. 43, n° 5, p. 552-561. [<https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00330.x>]
- DUGDALE, A.H.A., CURTIS, G.C., MILNE, E., *et al.* (2011c) Assessment of body fat in the pony: Part II. Validation of the deuterium oxide dilution technique for the measurement of body fat. *Equine Veterinary Journal* vol. 43, n° 5, p. 562-570. [<https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00327.x>]
- DUGDALE, A.H.A., GROVE-WHITE, D., CURTIS, G.C., *et al.* (2012) Body condition scoring as a predictor of body fat in horses and ponies. *The Veterinary Journal* vol. 194, n° 2, p. 173-178. [<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.03.024>]
- DUNNETT, C. (2013) Ration evaluation and formulation. In Geor, R.J., Harris, P.A., Coenen, M. (Éd.), *Equine applied and clinical nutrition : health, welfare and performance*. Edinburg, Saunders Elsevier, p. 487-502.
- DURHAM, A.E. (2013) Hyperlipemia. In Geor, R.J., Harris, P.A., Coenen, M. (Éd.), *Equine applied and clinical nutrition : health, welfare and performance*. Edinburg, Saunders Elsevier.
- DURHAM, A.E., FRANK, N., MCGOWAN, C.M., *et al.* (2019) ECEIM consensus statement on equine metabolic syndrome. *Journal of Veterinary Internal Medicine* vol. 33, n° 2, p. 335-349. [<https://doi.org/10.1111/jvim.15423>]
- EASTLAND-JONES, R.C., GERMAN, A.J., HOLDEN, S.L., *et al.* (2014) Owner misperception of canine body condition persists despite use of a body condition score chart. *Journal of Nutritional Science* vol. 3, p. e45. [<https://doi.org/10.1017/jns.2014.25>]
- EDWARDS, G.B., PROUDMAN, C.J. (1994) An analysis of 75 cases of intestinal obstruction caused by pedunculated lipomas. *Equine Veterinary Journal* vol. 26, n° 1, p. 18-21. [<https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1994.tb04324.x>]
- FERJAK, E.N., CAVINDER, C.A., BURNETT, D.D., *et al.* (2017) Body fat of stock-type horses predicted by rump fat thickness and deuterium oxide dilution and validated by near-infrared spectroscopy of dissected tissues¹. *Journal of Animal Science* vol. 95, n° 10, p. 4344-4351. [<https://doi.org/10.2527/jas2017.1676>]
- FITZGERALD, D.M., ANDERSON, S.T., SILLENCE, M.N., *et al.* (2019) The cresty neck score is an independent predictor of insulin dysregulation in ponies. *PLOS ONE* vol. 14, n° 7. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220203>]
- FOWLER, A.L., PYLES, M.B., BILL, V.T., *et al.* (2020) Relationships Between Measurements of Body Fat in Thoroughbred Horses. *Journal of Equine Veterinary Science* vol. 85, p. 102873. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.102873>]
- FRANK, N. (2011) Equine Metabolic Syndrome. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, Endocrine Diseases* vol. 27, n° 1, p. 73-92. [<https://doi.org/10.1016/j.cveq.2010.12.004>]
- FRANK, N., BAILEY, S., BERTIN, F.-R., *et al.* (2020) Recommendations for the diagnosis and treatment of equine metabolic syndrome. In *Global Equine Endocrinology Symposium*. Chieming, 6-10 janvier. Grafton, Equine Endocrinology Group.
- FRANK, N., TADROS, E.M. (2014) Insulin dysregulation. *Equine Veterinary Journal* vol. 46, n° 1, p. 103-112. [<https://doi.org/10.1111/evj.12169>]
- FURTADO, T., KING, M., PERKINS, E., *et al.* (2022) An Exploration of Environmentally Sustainable Practices Associated with Alternative Grazing Management System Use for Horses, Ponies, Donkeys and Mules in the UK. *Animals* vol. 12, n° 2, p. 151. [<https://doi.org/10.3390/ani12020151>]
- FURTADO, T., MCGOWAN, C., PERKINS, E., *et al.* (2017) Concerns Around Equine Weight Management: An Analysis of Internet Fora. *Equine Veterinary Journal* vol. 49, n° S51, p.

- 29-29. [https://doi.org/10.1111/evj.55_12732]
- FURTADO, T., PERKINS, E., PINCHBECK, G., *et al.* (2021) Exploring horse owners' understanding of obese body condition and weight management in UK leisure horses. *Equine Veterinary Journal* vol. 53, n° 4, p. 752-762. [<https://doi.org/10.1111/evj.13360>]
- GANDINI, M., FREEMAN, D.E., GIUSTO, G. (2022) Hypothesis on the pathophysiology of small intestinal strangulation by a pedunculated lipoma. *Equine Veterinary Education* vol. 34, n° 4, p. 207-213. [<https://doi.org/10.1111/eve.13485>]
- GARLINGHOUSE, S.E., BURRILL, M.J. (1999) Relationship of body condition score to completion rate during 160 km endurance races. *Equine Veterinary Journal* vol. 31, n° S30, p. 591-595. [<https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1999.tb05290.x>]
- GEOR, R.J., HARRIS, P.A. (2013a) Obesity. In Geor, R.J., Harris, P.A., Coenen, M. (Éd.), *Equine applied and clinical nutrition : health, welfare and performance*. Edinburg, Saunders Elsevier, p. 487-502.
- GEOR, R.J., HARRIS, P.A. (2013b) Laminitis. In Geor, R.J., Harris, P.A., Coenen, M. (Éd.), *Equine applied and clinical nutrition : health, welfare and performance*. Edinburg, Saunders Elsevier.
- GILES, S.L., NICOL, C.J., RANDS, S.A., *et al.* (2015) Assessing the seasonal prevalence and risk factors for nuchal crest adiposity in domestic horses and ponies using the Cresty Neck Score. *BMC Veterinary Research* vol. 11, p. 13. [<https://doi.org/10.1186/s12917-015-0327-7>]
- GILES, S.L., RANDS, S.A., NICOL, C.J., *et al.* (2014) Obesity prevalence and associated risk factors in outdoor living domestic horses and ponies. *PeerJ* vol. 2, p. e299. [<https://doi.org/10.7717/peerj.299>]
- GILL, J.C., PRATT-PHILLIPS, S.E., MANSMANN, R., *et al.* (2016) Weight Loss Management in Client-Owned Horses. *Journal of Equine Veterinary Science* vol. 39, p. 80-89. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.12.014>]
- GIRARDI, F.M., DA FONSECA, L.A., RIBEIRO FILHO, J.D., *et al.* (2019) Influence of Obesity on Serum Concentrations of Acute-Phase Proteins in Horses. *Journal of Equine Veterinary Science* vol. 83, p. 102810. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.102810>]
- GOLDING, E., AL ANSARI, A.S.A., SUTTON, G.A., *et al.* (2023) Rate of obesity within a mixed-breed group of horses in Ireland and their owners' perceptions of body condition and useability of an equine body condition scoring scale. *Irish Veterinary Journal* vol. 76, n° 1, p. 9. [<https://doi.org/10.1186/s13620-023-00237-w>]
- GRIMWOOD, K., LANCASTER, B., HANDEL, I. (2023) Factors Affecting Weigh Tape Reading in the Measurement of Equine Body Weight. *Animals* vol. 13, n° 8, p. 1330. [<https://doi.org/10.3390/ani13081330>]
- HALLMAN, I., KARIKOSKI, N., KARESKOSKI, M. (2023) The effects of obesity and insulin dysregulation on mare reproduction, pregnancy, and foal health: a review. *Frontiers in Veterinary Science* vol. 10.
- HANSEN, A.M., CATALANO, D.N., COLEMAN, R.J., *et al.* (2015) Demographics, body condition scores, and owner bodyweight estimations of adult draft and warmblood horse breeds. *Journal of Equine Veterinary Science, Proceedings of the 2015 Equine Science Society Symposium* vol. 35, n° 5, p. 389. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.03.024>]
- HARRIS, P., DUNNETT, C. (2018) Nutritional tips for veterinarians. *Equine Veterinary Education* vol. 30, n° 9, p. 486-496. [<https://doi.org/10.1111/eve.12657>]
- HARRIS, P., GEOR, R.J. (2009) Primer on Dietary Carbohydrates and Utility of the Glycemic Index in Equine Nutrition. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, Clinical Nutrition* vol. 25, n° 1, p. 23-37. [<https://doi.org/10.1016/j.cveq.2009.01.006>]
- HARRIS, P., SHEPHERD, M. (2021) What Would Be Good for All Veterinarians to Know About Equine Nutrition. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* vol. 37, n° 1, p. 1-20. [<https://doi.org/10.1016/j.cveq.2020.11.001>]
- HARRIS, P.A., ELLIS, A.D., FRADINHO, M.J., *et al.* (2017) Review: Feeding conserved forage to horses: recent advances and recommendations. *Animals* vol. 11, n° 6, p. 958-967. [<https://doi.org/10.1017/S1751731116002469>]
- HART, K.A., WOCHLE, D.M., NORTON, N.A., *et al.* (2016) Effect of Age, Season, Body

- Condition, and Endocrine Status on Serum Free Cortisol Fraction and Insulin Concentration in Horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine* vol. 30, n° 2, p. 653-663. [https://doi.org/10.1111/jvim.13839]
- HENNEKE, D.R., POTTER, G.D., KREIDER, J.L. (1984) Body condition during pregnancy and lactation and reproductive efficiency of mares. *Theriogenology* vol. 21, n° 6, p. 897-909. [https://doi.org/10.1016/0093-691X(84)90383-2]
- HENNEKE, D.R., POTTER, G.D., KREIDER, J.L., *et al.* (1983) Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. *Equine Veterinary Journal* vol. 15, n° 4, p. 371-372. [https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1983.tb01826.x]
- HESTA, M., COSTA, M. (2021) How Can Nutrition Help with Gastrointestinal Tract–Based Issues? *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, Equine Nutrition vol. 37, n° 1, p. 63-87. [https://doi.org/10.1016/j.cveq.2020.12.007]
- HESTA, M., SHEPHERD, M. (2021) How to Perform a Nutritional Assessment in a First-Line/General Practice. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, Equine Nutrition vol. 37, n° 1, p. 21-41. [https://doi.org/10.1016/j.cveq.2020.12.001]
- HOFFMAN, R.M., BOSTON, R.C., STEFANOVSKI, D., *et al.* (2003) Obesity and diet affect glucose dynamics and insulin sensitivity in Thoroughbred geldings¹. *Journal of Animal Science* vol. 81, n° 9, p. 2333-2342. [https://doi.org/10.2527/2003.8192333x]
- HONORÉ, E.K., UHLINGER, C.A. (1994) Equine feeding practices in central north carolina: a preliminary survey. *Journal of Equine Veterinary Science* vol. 14, n° 8, p. 424-429. [https://doi.org/10.1016/S0737-0806(06)82009-5]
- HOTHERSALL, B., NICOL, C. (2009) Role of Diet and Feeding in Normal and Stereotypic Behaviors in Horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, Clinical Nutrition vol. 25, n° 1, p. 167-181. [https://doi.org/10.1016/j.cveq.2009.01.002]
- HOTHERSALL, B., NICOL, C.J. (2013) Effects of diet on behavior – normal and abnormal. In Geor, R.J., Harris, P.A., Coenen, M. (Éd.), *Equine applied and clinical nutrition : health, welfare and performance*. Edinburg, Saunders Elsevier.
- INCE, J., LONGLAND, A.C., NEWBOLD, J.C., *et al.* (2011) Changes in proportions of dry matter intakes by ponies with access to pasture and haylage for 3 and 20 hours per day respectively, for six weeks. *Journal of Equine Veterinary Science*, Proceedings of the 2011 Equine Society Symposium vol. 31, n° 5, p. 283. [https://doi.org/10.1016/j.jevs.2011.03.106]
- JONES, R.S., LAWRENCE, T.L., VEEVERS, A., *et al.* (1989) Accuracy of prediction of the liveweight of horses from body measurements. *The Veterinary Record* vol. 125, n° 22, p. 549-553. [https://doi.org/10.1136/vr.125.22.549]
- KUBIAK, J.R., EVANS, J.W., POTTER, G.D., *et al.* (1991) Milk yield and composition in the multiparous mare fed to obesity. *Journal of Equine Veterinary Science* vol. 11, n° 3, p. 158-162. [https://doi.org/10.1016/S0737-0806(07)80038-4]
- KUBIAK, J.R., EVANS, J.W., POTTER, G.D., *et al.* (1988) Parturition in the multiparous mare fed to obesity. *Journal of Equine Veterinary Science* vol. 8, n° 2, p. 135-140. [https://doi.org/10.1016/S0737-0806(88)80035-2]
- LANGNER, K., BLAUE, D., SCHEDLBAUER, C., *et al.* (2020) Changes in the faecal microbiota of horses and ponies during a two-year body weight gain programme. *PLOS ONE* vol. 15, n° 3, p. e0230015. [https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230015]
- LEWIS, L.D. (1995) *Equine clinical nutrition : feedings and care*. Baltimore, Williams & Wilkins Company.
- LEWIS, S.L., HOLL, H.M., STREETER, C., *et al.* (2017) Genomewide association study reveals a risk locus for equine metabolic syndrome in the Arabian horse¹. *Journal of Animal Science* vol. 95, n° 3, p. 1071-1079. [https://doi.org/10.2527/jas.2016.1221]
- LONGLAND, A.C. (2013) Pastures and pasture management. In Geor, R.J., Harris, P.A., Coenen, M. (Éd.), *Equine applied and clinical nutrition : health, welfare and performance*. Edinburg, Saunders Elsevier, p. 487-502.
- LONGLAND, A.C., BARFOOT, C., HARRIS, P.A. (2022) Strip-grazing: Reduces pony dry matter intakes and changes in bodyweight and morphometrics. *Equine Veterinary Journal* vol. 54, n° 1, p. 159-166. [https://doi.org/10.1111/evj.13416]
- LONGLAND, A.C., BARFOOT, C., HARRIS, P.A. (2016) Efficacy of Wearing Grazing Muzzles for

- 10 Hours per Day on Controlling Bodyweight in Pastured Ponies. *Journal of Equine Veterinary Science* vol. 45, p. 22-27. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.04.015>]
- LONGLAND, A.C., BARFOOT, C., HARRIS, P.A. (2011a) Effects of soaking on the water-soluble carbohydrate and crude protein content of hay. *Veterinary Record* vol. 168, n° 23, p. 618-618. [<https://doi.org/10.1136/vr.d157>]
- LONGLAND, A.C., BARFOOT, C., HARRIS, P.A. (2011b) The effect of wearing a grazing muzzle vs not wearing a grazing muzzle on pasture dry matter intake by ponies. *Journal of Equine Veterinary Science, Proceedings of the 2011 Equine Society Symposium* vol. 31, n° 5, p. 282-283. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2011.03.105>]
- LONGLAND, A.C., INCE, J., HARRIS, P.A. (2011c) Estimation of pasture intake by ponies from liveweight change during six weeks at pasture. *Journal of Equine Veterinary Science, Proceedings of the 2011 Equine Society Symposium* vol. 31, n° 5, p. 275-276. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2011.03.095>]
- MACON, E.L., HARRIS, P., BAILEY, S., *et al.* (2022) Postprandial insulin responses to various feedstuffs differ in insulin dysregulated horses compared with non-insulin dysregulated controls. *Equine Veterinary Journal* vol. 54, n° 3, p. 574-583. [<https://doi.org/10.1111/evj.13474>]
- MALONE, E.D. (2002) Managing chronic arthritis. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* vol. 18, n° 3, p. 411-437. [[https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(02\)00024-X](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(02)00024-X)]
- MARTIN-ROSSET, W. (2012) Nutrition et alimentation des chevaux: nouvelles recommandations alimentaires de l'Inra. Versailles, France, Quae.
- MARTINSON, K.L., COLEMAN, R.C., RENDAHL, A.K., *et al.* (2014) Estimation of body weight and development of a body weight score for adult equids using morphometric measurements¹. *Journal of Animal Science* vol. 92, n° 5, p. 2230-2238. [<https://doi.org/10.2527/jas.2013-6689>]
- MCCUE, M.E., GEOR, R.J., SCHULTZ, N. (2015) Equine Metabolic Syndrome: A Complex Disease Influenced by Genetics and the Environment. *Journal of Equine Veterinary Science, Proceedings of the 2015 Equine Science Society Symposium* vol. 35, n° 5, p. 367-375. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.03.004>]
- MEHRAN, A.E., TEMPLEMAN, N.M., BRIGIDI, G.S., *et al.* (2012) Hyperinsulinemia Drives Diet-Induced Obesity Independently of Brain Insulin Production. *Cell Metabolism* vol. 16, n° 6, p. 723-737. [<https://doi.org/10.1016/j.cmet.2012.10.019>]
- MOORE-COLYER, M., WESTACOTT, A., ROUSSON, L., *et al.* (2023) Where Are We Now? Feeds, Feeding Systems and Current Knowledge of UK Horse Owners When Feeding Haylage to Their Horses. *Animals* vol. 13, n° 8, p. 1280. [<https://doi.org/10.3390/ani13081280>]
- MORRISON, P.K., HARRIS, P.A., MALTIN, C.A., *et al.* (2017a) Perceptions of Obesity and Management Practices in a UK Population of Leisure-Horse Owners and Managers. *Journal of Equine Veterinary Science* vol. 53, p. 19-29. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.01.006>]
- MORRISON, P.K., HARRIS, P.A., MALTIN, C.A., *et al.* (2017b) EQUIFAT: A novel scoring system for the semi-quantitative evaluation of regional adipose tissues in Equidae. *PLOS ONE* vol. 12, n° 3, p. e0173753. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173753>]
- MORRISON, P.K., NEWBOLD, C.J., JONES, E., *et al.* (2018) The Equine Gastrointestinal Microbiome: Impacts of Age and Obesity. *Frontiers in Microbiology* vol. 9, p. 3017. [<https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.03017>]
- MOTTET, R., ONAN, G., HINEY, K. (2009) Revisiting the Henneke Body Condition Scoring System: 25 Years Later. *Journal of Equine Veterinary Science, Proceedings of the 21st Equine Science Society Symposium* vol. 29, n° 5, p. 417-418. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2009.04.116>]
- MURRAY, J.-A.M.D., BLOXHAM, C., KULIFAY, J., *et al.* (2015) Equine Nutrition: A Survey of Perceptions and Practices of Horse Owners Undertaking a Massive Open Online Course in Equine Nutrition. *Journal of Equine Veterinary Science* vol. 35, n° 6, p. 510-517. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.02.005>]
- NEWKIRK, K., CHAMEROY, K., TADROS, E., *et al.* (2014) Pituitary Lesions, Obesity, and

- Mesenteric Lipomas in Insulin-Resistant Horses. *Open Journal of Veterinary Medicine* vol. 04, p. 190-196. [<https://doi.org/10.4236/ojvm.2014.49022>]
- NRC (2007) Nutrient Requirements of Horses: Sixth Revised Edition. Washington, D.C., National Academies Press. [<https://doi.org/10.17226/11653>]
- PEARSON, W., WOOD, K., STANLEY, S., *et al.* (2018) Exploring relationships between body condition score, body fat, activity level and inflammatory biomarkers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* vol. 102, n° 4, p. 1062-1068. [<https://doi.org/10.1111/jpn.12893>]
- PONTER, A. (2022) Pâturage. UC 0423 (polycopié). Maisons-Alfort, École nationale vétérinaire d'Alfort.
- PONTER, A. (2019) Bromatologie. UC 0214 (polycopié). Maisons-Alfort, École nationale vétérinaire d'Alfort.
- POTTER, S., BAMFORD, N., HARRIS, P., *et al.* (2016) Prevalence of obesity and owners' perceptions of body condition in pleasure horses and ponies in south-eastern Australia. *Australian Veterinary Journal* vol. 94, n° 11, p. 427-432. [<https://doi.org/10.1111/avj.12506>]
- POTTER, S.J., ERDODY, M.L., BAMFORD, N.J., *et al.* (2024) Development of a body condition index to estimate adiposity in ponies and horses from morphometric measurements. *Equine Veterinary Journal* vol. 56, n° 2, p. 299-308. [<https://doi.org/10.1111/evj.13975>]
- PRATT-PHILLIPS, S., MUNJIZUN, A. (2023) Impacts of Adiposity on Exercise Performance in Horses. *Animals: an open access journal from MDPI* vol. 13, n° 4, p. 666. [<https://doi.org/10.3390/ani13040666>]
- PYREK, P., SIWINSKA, N., ZAK-BOCHENEK, A. (2023) Reproducibility of the body condition score assessment in Silesian horses, using the 9-point BCS scale. *Veterinary Research Communications* vol. 47, n° 1, p. 273-278. [<https://doi.org/10.1007/s11259-022-09916-5>]
- RAGNARSSON, S., JANSSON, A. (2011) Comparison of grass haylage digestibility and metabolic plasma profile in Icelandic and Standardbred horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* vol. 95, n° 3, p. 273-279. [<https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01049.x>]
- RENDLE, D., MCGREGOR ARGO, C., BOWEN, M., *et al.* (2018) Equine obesity: current perspectives. *UK-Vet Equine* vol. 2, n° Sup5, p. 1-19. [<https://doi.org/10.12968/ukve.2018.2.S2.3>]
- RICHARDS, N., NIELSEN, B.D., FINNO, C.J. (2021) Nutritional and Non-nutritional Aspects of Forage. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, Equine Nutrition* vol. 37, n° 1, p. 43-61. [<https://doi.org/10.1016/j.cveq.2020.12.002>]
- ROBERTS, J.L., MURRAY, J.-A. (2014) Equine Nutrition in the United States: A Review of Perceptions and Practices of Horse Owners and Veterinarians. *Journal of Equine Veterinary Science* vol. 34, n° 7, p. 854-859. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2014.04.006>]
- ROBIN, C.A., IRELAND, J.L., WYLIE, C.E., *et al.* (2015) Prevalence of and risk factors for equine obesity in Great Britain based on owner-reported body condition scores. *Equine Veterinary Journal* vol. 47, n° 2, p. 196-201. [<https://doi.org/10.1111/evj.12275>]
- ROBLES, M., GAUTIER, C., MENDOZA, L., *et al.* (2017) Maternal Nutrition during Pregnancy Affects Testicular and Bone Development, Glucose Metabolism and Response to Overnutrition in Weaned Horses Up to Two Years. *PLOS ONE* vol. 12, n° 1, p. e0169295. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169295>]
- ROBLES, M., HAMMER, C., STANIAR, B., *et al.* (2021) Nutrition of Broodmares. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, Equine Nutrition* vol. 37, n° 1, p. 177-205. [<https://doi.org/10.1016/j.cveq.2021.01.001>]
- ROBLES, M., NOUVEAU, E., GAUTIER, C., *et al.* (2018) Maternal obesity increases insulin resistance, low-grade inflammation and osteochondrosis lesions in foals and yearlings until 18 months of age. *PLOS ONE* vol. 13, n° 1, p. e0190309. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190309>]
- ROCHAIS, C., HENRY, S., HAUSBERGER, M. (2018) "Hay-bags" and "Slow feeders": Testing their impact on horse behaviour and welfare. *Applied Animal Behaviour Science* vol. 198, p. 52-59. [<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.09.019>]
- SALONEN, L.K., HOLLANDS, T., PIERCY, R.J., VERHEYEN, K. L. P. (2009) An Assessment of 2

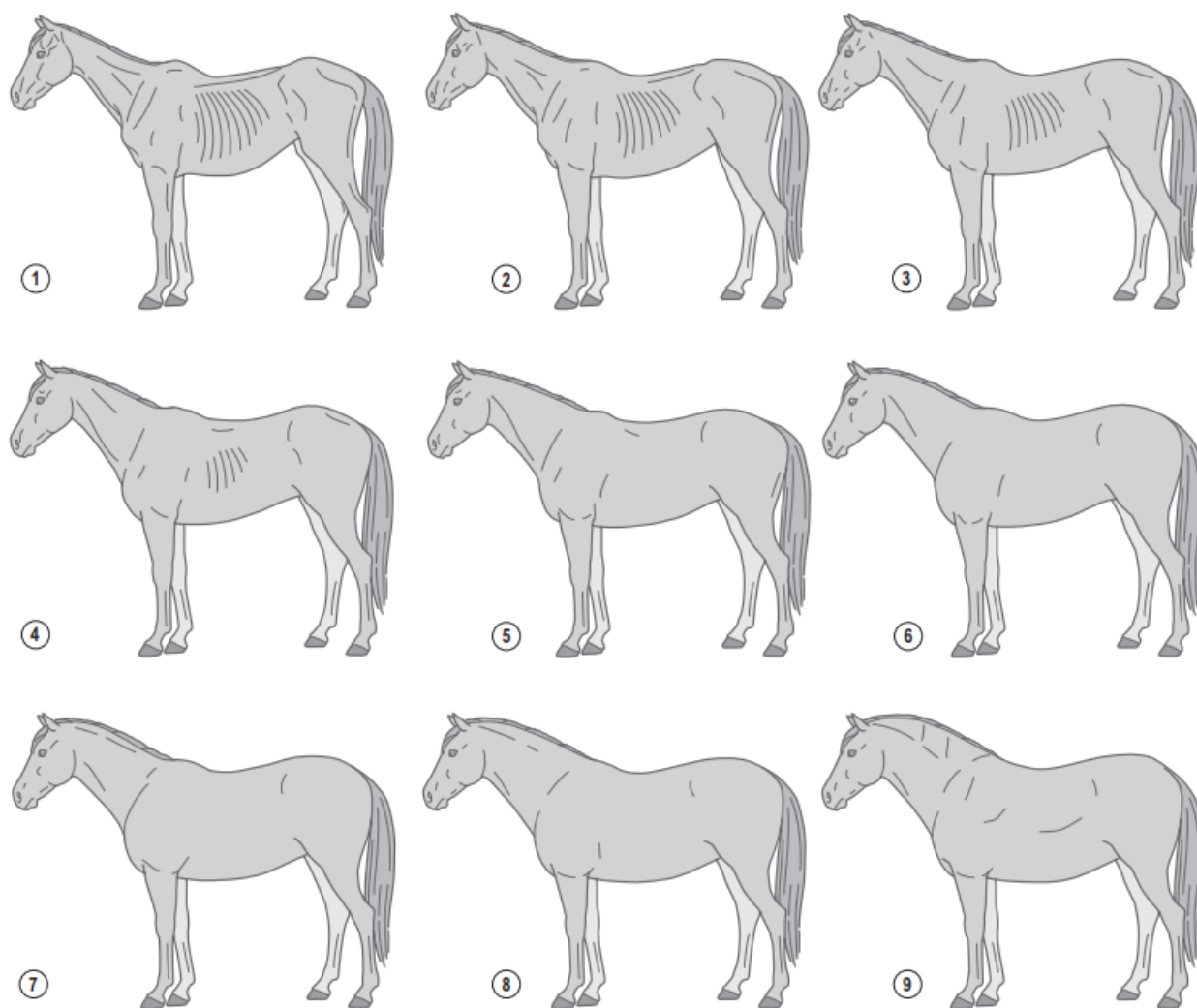
- Visual Methods of Fat Scoring in the Equine to Determine the Most Suitable for Client Recognition of Obesity in their Horses | IVIS. *In Proceedings of the 48th British Equine Veterinary Association Congress BEVA*, Birmingham, United Kingdom, p. 247-248.
- SCHEDLBAUER, C., BLAUE, D., GERICKE, M., *et al.* (2019) Impact of body weight gain on hepatic metabolism and hepatic inflammatory cytokines in comparison of Shetland pony geldings and Warmblood horse geldings. *PeerJ* vol. 7, p. e7069. [https://doi.org/10.7717/peerj.7069]
- SELIM, S., ELO, K., JAAKKOLA, S., *et al.* (2015) Relationships among Body Condition, Insulin Resistance and Subcutaneous Adipose Tissue Gene Expression during the Grazing Season in Mares. *PLOS ONE* vol. 10, n° 5, p. e0125968. [https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125968]
- SESSIONS-BRESNAHAN, D.R., HEUBERGER, A.L., CARNEVALE, E.M. (2018) Obesity in mares promotes uterine inflammation and alters embryo lipid fingerprints and homeostasis†. *Biology of Reproduction* vol. 99, n° 4, p. 761-772. [https://doi.org/10.1093/biolre/i0y107]
- SHANIK, M.H., XU, Y., SKRHA, J., *et al.* (2008) Insulin resistance and hyperinsulinemia: is hyperinsulinemia the cart or the horse? *Diabetes Care* vol. 31 Suppl 2, p. S262-268. [https://doi.org/10.2337/dc08-s264]
- SHEPHERD, M., HARRIS, P., MARTINSON, K.L. (2021) Nutritional Considerations When Dealing with an Obese Adult Equine. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, Equine Nutrition vol. 37, n° 1, p. 111-137. [https://doi.org/10.1016/j.cveq.2020.12.004]
- SILVA, S.R., PAYAN-CARREIRA, R., QUARESMA, M., *et al.* (2016) Relationships between body condition score and ultrasound skin-associated subcutaneous fat depth in equids. *Acta Veterinaria Scandinavica* vol. 58, n° Suppl 1, p. 62. [https://doi.org/10.1186/s13028-016-0243-2]
- SOUZA, R., RAFAEL, L., CURCIO, B., *et al.* (2020) Small Intestine Strangulating Obstruction by Mesenteric Pedunculated Lipoma in a Criollo Mare. *Acta Scientiae Veterinariae* vol. 48, p. 512. [https://doi.org/10.22456/1679-9216.99983]
- STEWART-HUNT, L., GEOR, R.J., MCCUTCHEON, L.J. (2006) Effects of short-term training on insulin sensitivity and skeletal muscle glucose metabolism in Standardbred horses. *Equine Veterinary Journal* vol. 38, n° S36, p. 226-232. [https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05544.x]
- THATCHER, C. d., PLEASANT, R. s., GEOR, R. j., *et al.* (2012) Prevalence of Overconditioning in Mature Horses in Southwest Virginia during the Summer. *Journal of Veterinary Internal Medicine* vol. 26, n° 6, p. 1413-1418. [https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2012.00995.x]
- VAN WEYENBERG, S., HESTA, M., BUYSE, J., *et al.* (2008) The effect of weight loss by energy restriction on metabolic profile and glucose tolerance in ponies. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* vol. 92, n° 5, p. 538-545. [https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2007.00744.x]
- VICK, M.M., ADAMS, A.A., MURPHY, B.A., *et al.* (2007) Relationships among inflammatory cytokines, obesity, and insulin sensitivity in the horse^{1,2}. *Journal of Animal Science* vol. 85, n° 5, p. 1144-1155. [https://doi.org/10.2527/jas.2006-673]
- VICK, M.M., MURPHY, B.A., SESSIONS, D.R., *et al.* (2008) Effects of systemic inflammation on insulin sensitivity in horses and inflammatory cytokine expression in adipose tissue. *American Journal of Veterinary Research* vol. 69, n° 1, p. 130-139. [https://doi.org/10.2460/ajvr.69.1.130]
- WALSHE, N., CABRERA-RUBIO, R., COLLINS, R., *et al.* (2021) A Multiomic Approach to Investigate the Effects of a Weight Loss Program on the Intestinal Health of Overweight Horses. *Frontiers in Veterinary Science* vol. 8.
- WESTERVELT, R.G., STOUFFER, J.R., HINTZ, H.F., *et al.* (1976) Estimating Fatness in Horses and Ponies. *Journal of Animal Science* vol. 43, n° 4, p. 781-785. [https://doi.org/10.2527/jas1976.434781x]
- WOLTER, R., BARRÉ, C., BENOIT, P. (2014) *L'alimentation du cheval*, 3ème édition. Paris, Éditions France Agricole.
- WYSE, C.A., MCNIE, K.A., TANNAHIL, V.J., *et al.* (2008) Prevalence of obesity in riding horses in Scotland. *Veterinary Record* vol. 162, n° 18, p. 590-591.

[<https://doi.org/10.1136/vr.162.18.590>]
ZOLLINGER, A., ROIG-PONS, M. (2023) Conférence en ligne de l'AVEF junior : Slowfeeding la solution idéale pour affourager les chevaux conformément à leurs besoins ? Haras national Suisse, Agroscope du Haras national Suisse.

Annexe 1 : Besoins quotidiens en éléments nutritifs pour un cheval adulte de 500 kg. D'après (Committee on Nutrient Requirement of Horses, 2007).

Type	Wt kg	ADG/ Milk kg/d	DE Mcal	CP g	Lys g	Ca g	P g	Mg g	K g	Na g
Adult—no work ^b										
Minimum	500		15.2	540	23.2	20.0	14.0	7.5	25.0	10.0
Average	500		16.7	630	27.1	20.0	14.0	7.5	25.0	10.0
Elevated	500		18.2	720	31.0	20.0	14.0	7.5	25.0	10.0
Working ^c										
Light exercise	500		20.0	699	30.1	30.0	18.0	9.5	28.5	13.9
Moderate exercise	500		23.3	768	33.0	35.0	21.0	11.5	32.0	17.8
Heavy exercise	500		26.6	862	37.1	40.0	29.0	15.0	39.0	25.5
Very heavy exercise	500		34.5	1004	43.2	40.0	29.0	15.0	53.0	41.0
Stallions										
Nonbreeding	500		18.2	720	31.0	20.0	14.0	7.5	25.0	10.0
Breeding	500		21.8	789	33.9	30.0	18.0	9.5	28.5	13.9
Pregnant Mares										
Early (< 5 months)	500		16.7	630	27.1	20.0	14.0	7.5	25.0	10.0
5 months	504	0.14	17.1	685	29.5	20.0	14.0	7.5	25.0	10.0
6 months	508	0.18	17.4	704	30.3	20.0	14.0	7.5	25.0	10.0
7 months	515	0.24	17.9	729	31.3	28.0	20.0	7.6	25.0	10.0
8 months	523	0.32	18.5	759	32.7	28.0	20.0	7.6	25.0	10.0
9 months	534	0.41	19.2	797	34.3	36.0	26.3	7.7	25.9	11.0
10 months	548	0.52	20.2	841	36.2	36.0	26.3	7.7	25.9	11.0
11 months	566	0.65	21.4	893	38.4	36.0	26.3	7.7	25.9	11.0
Lactating Mares										
1 months	500	16.30	31.7	1535	84.8	59.1	38.3	11.2	47.8	12.8
2 months	500	16.20	31.7	1530	84.4	58.9	38.1	11.1	47.7	12.8
3 months	500	14.95	30.6	1468	80.3	55.9	36.0	10.9	45.9	12.5
4 months	500	13.55	29.4	1398	75.7	41.7	26.2	10.5	35.8	11.9
5 months	500	12.20	28.3	1330	71.2	39.5	24.7	10.2	34.8	11.7
6 months	500	10.90	27.2	1265	66.9	37.4	23.2	8.7	33.7	11.5
Growing animals										
4 months	168	0.84	13.3	669	28.8	39.1	21.7	3.6	10.9	4.2
6 months	216	0.72	15.5	676	29.1	38.6	21.5	4.1	13.0	5.0
12 months	321	0.45	18.8	846	36.4	37.7	20.9	5.4	17.4	6.9
18 months	387	0.29	19.2	799	34.4	37.0	20.6	6.2	20.2	8.0
18 light exercise	387	0.29	22.1	853	36.7	37.0	20.6	11.6	22.9	11.0
18 moderate exercise	387	0.29	25.0	906	39.0	37.0	20.6	11.6	25.7	14.0
24 months	429	0.18	18.7	770	33.1	36.7	20.4	6.7	22.0	8.8
24 light exercise	429	0.18	21.8	829	35.7	36.7	20.4	12.9	25.0	12.1
24 moderate exercise	429	0.18	24.8	888	38.2	36.7	20.4	12.9	28.0	15.4
24 heavy exercise	429	0.18	27.9	969	41.7	36.7	20.4	12.9	34.0	22.1
24 very heavy exercise	429	0.18	32.5	1091	46.9	36.7	20.4	12.9	46.0	35.4

Annexe 2 : Illustrations des notes d'état corporel individuelles décrites par Henneke *et al.* (1983). D'après (Carter et Dugdale, 2013).



Annexe 3 : Protocole de la méthode de dilution au deutérium

Ce protocole est tiré des articles suivants : (Dugdale *et al.*, 2011c ; Ferjak *et al.*, 2017 ; Fowler *et al.*, 2020).

- Mesure du poids du cheval ou du poney à l'aide d'une balance calibrée,
- Pose d'un cathéter dans une veine jugulaire,
- Calcul de la dose d'oxyde de deutérium en fonction du poids mais aussi de la NEC pour améliorer au mieux la précision de la mesure en tentant de tenir compte de la taille du compartiment de dilution du traceur : 0,11 g/kg pour les juments avec une NEC supérieure ou égale à 7/9, 0,12 g/kg pour les juments avec une NEC comprise entre 4 et 6/9 puis 0,13 g/kg pour les juments avec une NEC inférieure ou égale à 4/9 (Dugdale *et al.*, 2011c).
- Injection du deutérium dans le cathéter en 15 à 60 secondes,
- Injection de 100 mL de solution saline stérile dans le cathéter immédiatement après l'injection de deutérium afin de maximiser sa distribution,
- Une première prise de sang sur la veine controlatérale est effectuée avant le début du test puis 4h après l'administration intraveineuse de l'oxyde de deutérium,
- Durant l'intervalle entre les deux prises de sang, les chevaux n'ont pas la possibilité de boire ou de manger,
- En cas de défécation ou de miction durant cet intervalle de temps, les chevaux sont à nouveau pesés juste après le deuxième prélèvement sanguin au bout de quatre heures afin de déterminer le poids moyen durant la diffusion du traceur,
- Après chaque prise de sang, le plasma est immédiatement centrifugé puis congelé en vue des analyses à effectuer,
- Le plasma est décongelé, filtré, puis de la spectrophotométrie de masse est réalisée afin de connaître la quantité de deutérium présent,
- La quantité de deutérium est convertie en partie par million, un calcul de la taille de l'espace de dilution disponible est effectué à partir de la dose administrée et application d'un facteur de correction de 4 % pour tenir compte des échanges isotopiques,
- Puis calcul de la quantité de masse grasse corporelle totale en soustrayant la quantité d'eau totale en utilisant un facteur d'hydratation du tissu maigre de 0,732 (facteur d'hydratation de la masse corporelle),
- Résultat obtenu en kilogrammes ou en pourcentage de masse grasse par rapport au poids corporel total.

Annexe 4 : Guide à destination des propriétaires



Petit guide de la gestion du surpoids chez le cheval ou le poney :



Cheval obèse avec une note d'état corporel de 5/5. Source : IFCE.

Laurane Leroy

Sous la direction d'Estelle Manguin



1. Les bases de l'alimentation équine en quelques points

- L'alimentation du cheval occupe la très grande majorité de leur budget temps : en moyenne **12,5 +/- 2,5 heures** pour les chevaux en liberté.
- L'estomac n'est jamais complètement vide chez un cheval nourri à volonté et **l'acide chlorhydrique est sécrété en continu même lorsque l'estomac est vide**, ce qui augmente le risque d'ulcère gastrique si le cheval ne reçoit pas de fourrage régulièrement.
- La **base de l'alimentation du cheval est le fourrage** : herbe ou foin.
- Les **4 principaux composants** à équilibrer dans la ration sont **l'énergie digestible, les protéines, le calcium et le phosphore**.
- Dans certaines zones géographiques il faut également veiller à équilibrer la ration en sélénium.
- Pour les chevaux en croissance la ration doit aussi être équilibrée en zinc, en cuivre et en vitamine A et E.
- Attention à la **qualité des aliments distribués** : le foin doit avoir une odeur aromatique, les balles de foin ne doivent pas présenter de traces de moisissures, de poussières ou d'éléments étrangers (feuilles, bois en grande quantité, objets métalliques...). Les granulés doivent être stockés à l'abri de l'humidité, de la poussière et des rongeurs pour éviter leur dégradation et leur contamination.
- **De l'eau de bonne qualité, fraîche et propre doit être à disposition du cheval en permanence et à volonté**. Un cheval adulte nourri avec du foin consomme en moyenne **50 mL/kg** de poids corporel par jour, soit 25 litres par jour pour un cheval de 500 kg.



Afin de respecter le comportement alimentaire du cheval et de minimiser au maximum la durée des périodes sans possibilité de se nourrir, il est conseillé de **ne pas dépasser une période de 4-5h sans apports alimentaires**. De plus, les repas plus copieux ont un taux de vidange de l'estomac plus rapide que de plus petits repas. Les aliments transitent plus vite, ils sont moins bien digérés et les nutriments ont moins de temps pour être absorbés. C'est pourquoi il faut **privilégier la distribution de plusieurs petits repas au cours de la journée** pour les chevaux et poneys qui ne sont pas nourris à volonté (Harris et Shepherd, 2021).

2. Comment formuler une ration simple

- Il est possible d'établir une ration équilibrée théoriquement en utilisant des tables de référence. Par exemple le tableau 1 présente les besoins en énergie selon le statut physiologique.
- Afin d'équilibrer l'ensemble des apports en énergie, protéines et minéraux de la ration, **l'analyse alimentaire** des fourrages est fortement recommandée. En son absence, il ne sera pas possible de construire la ration en tenant compte des quantités recommandées. Il faudra plutôt adapter le régime alimentaire en fonction de la **capacité d'ingestion** et des dépenses énergétiques envisagées.
- Ces calculs théoriques doivent ensuite être **adaptés en fonction de l'évolution de l'état corporel**, de l'aspect des crottins, de la santé, des performances et des aptitudes sportives de chaque cheval (Wolter *et al.*, 2014).
- Le besoin en énergie digestible et protéique augmente avec la quantité d'exercice ou des dépenses de production telles que la gestation, la lactation ou la croissance.

Tableau 1 : Exemple de tableau d'estimation des besoins en énergie (énergie digestible) exprimée en mégacalories (Mcal) pour un cheval adulte de 500 kg (excepté pour le cheval en croissance). D'après (NRC, 2007).

Statut physiologique		Besoin en énergie (Mcal)
Adulte sans exercice		16,7
Adulte exercice léger		20,0
Etalon	Non reproducteur	18,2
	Reproducteur	21,8
Jument gestante	Moins de 5 mois	16,7
	5 ^{ème} mois	17,1
	6 ^{ème} mois	17,4
	7 ^{ème} mois	17,9
	8 ^{ème} mois	18,5
	9 ^{ème} mois	19,2
	10 ^{ème} mois	20,2
Jument en lactation	1 ^{er} mois	31,7
	2 ^{ème} mois	31,7
	3 ^{ème} mois	30,6
	4 ^{ème} mois	29,4
	5 ^{ème} mois	28,3
	6 ^{ème} mois	27,2
Cheval en croissance	4 mois	13,3
	6 mois	15,5
	12 mois	18,8
	18 mois	19,2
	24 mois	18,7

- La **capacité d'ingestion** est exprimée en poids de matière sèche ingérée en fonction du poids vif (kg de MS/ 100 kg de PV)
- Elle augmente avec les dépenses énergétiques (exercice, gestation, lactation, froid, stress).
 - Elle est variable même entre des individus de même race, âge et sexe.
 - En moyenne, la capacité d'ingestion d'un **cheval adulte est d'environ 2 kg de MS par 100 kg de poids corporel par jour**.
 - La **capacité d'ingestion des poneys est plus variable**, elle est comprise selon les études entre 2 et 5,1 kg de MS pour 100 kg de poids vif.
 - En plus des facteurs précédemment cités, l'appétence de l'aliment comme de l'herbe ou un historique récent de restriction alimentaire peuvent également influencer la capacité d'ingestion ce qui en fait un outil plus difficile à utiliser que le besoin énergétique pour calculer la quantité d'aliment à distribuer.

Pour quantifier les quantités d'aliments ingérés, on peut utiliser la quantité d'aliment brute ou la **quantité de matières sèches (MS)**. Les matières sèches correspondent à l'aliment sans sa fraction humide. C'est une donnée importante de l'analyse alimentaire car c'est **cette fraction du fourrage qui contient les nutriments** et permet de comparer entre eux les fourrages. Par exemple, pour deux foins avec une même quantité de nutriments mais dont l'un à un taux de matière sèche inférieur, il faudra en donner plus que celui avec un taux de matière sèche plus élevé pour apporter la même quantité de nutriments. L'herbe contient environ 20 % de MS, le foin plus de 85 % pour garantir sa bonne conservation .

A. Fourrages

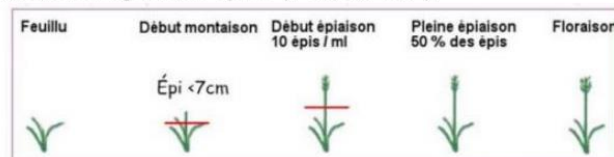
Les fourrages constituent la base de la ration du cheval. Afin de respecter les besoins physiologiques et le comportement d'ingestion propre à l'espèce, le fourrage doit être le constituant principal voire unique de la ration.

- **Pour de nombreux chevaux et poneys, l'apport d'énergie par le foin uniquement est tout à fait suffisant pour répondre à leurs besoins.**
- **La consommation de fourrages ne doit pas représenter moins de 1,5 % du poids corporel**, sauf dans situations bien définies et maîtrisées comme la perte de poids, afin de maintenir la santé digestive et mentale.

Les prairies généralement utilisées pour produire du foin contiennent un **mélange de graminées, de légumineuses et d'autres plantes fourragères**. Leur composition peut fortement varier en termes d'espèces et de proportion relative selon les conditions environnementales et d'exploitation. L'observation du foin peut permettre d'estimer sa qualité nutritionnelle :

- Le principal facteur de variation de la teneur en énergie digestible et en nutriments est le **stade de croissance**.
- Le foin est usuellement récolté au début de l'épiaison afin de maximiser son apport énergétique (l'épiaison correspond au moment où les premiers épis de graine sortent de la gaine (cf figure 1)).
- Si le foin est récolté plus tardivement, au moment de la floraison, son apport énergétique sera diminué.
- On peut aussi utiliser le rapport tige/feuille pour estimer la qualité nutritionnelle d'un foin : si les tiges sont plus nombreuses que les feuilles cela indique que le foin a été récolté plus tardivement et qu'il est plus riche en fibre et moins riche en énergie digestible qu'un foin plus jeune.

Figure 1 : Les stades de développement des graminées fourragères. Le trait rouge représente la hauteur de la gaine. D'après (Ponter, 2022).



B. Pâturage

La problématique principale quant au rationnement d'un cheval au pâturage est de connaître à la fois ce qu'il consomme durant une journée et d'autre part la valeur énergétique et la teneur en nutriments de ce qui est consommé. **La teneur en sucres solubles et en énergie digestible diminue à mesure que la plante grandit.**

- Dans le cas d'un cheval ou d'un poney en bon état corporel et qui reçoit à la fois de l'herbe et du foin durant la journée (Harris et Shepherd, 2021) :
- Si accès à un pré pendant 4 à 8 heures : distribution de 75 % à 50 % respectivement de la quantité de foin totale, soit environ 7,5 kg de foin pour un cheval de 500 kg.
 - Si accès à un pré pendant 8 à 12 heures : distribution de 50 % à 25 % respectivement de la quantité de foin totale.

C. Concentrés

Les concentrés sont des **aliments à base de céréales** (avoine, orge, son de blé, graines de lin) et de **plantes riches en énergie** (tourteau de soja, tourteau de colza, luzerne déshydratée, flocons ou pulpe de betterave).

- On différencie les fourrages des concentrés par le pourcentage de cellulose brute, les concentrés sont des aliments avec moins de 18 % de cellulose brute.

La plupart des chevaux et poneys ont aujourd'hui une activité de loisirs. Ils n'ont plus besoin de recevoir de céréales ou de concentrés pour satisfaire leur besoin énergétique au risque de conduire à une suralimentation.

De plus, les **chevaux et poneys ont des capacités limitées à digérer l'amidon dans l'intestin grêle**. En cas de suralimentation en amidon, celui-ci atteint le côlon où il est fermenté, pouvant provoquer des troubles intestinaux comme de la dysbiose avec une production massive de gaz et des coliques ou de la diarrhée.

- Il est ainsi recommandé de **limiter les apports d'amidon par repas à des niveaux inférieurs à 0,2-0,4 % du poids corporel**, soit moins de 1 g par kg de poids corporel et **moins de 2 g par kg par jour**.
- En cas de besoin énergétique accru (exercice intense, vieux cheval avec une perte d'état), on peut ajouter des matières grasses dans la ration comme des huiles végétales. Les huiles végétales apportent en moyenne 9,19 Mcal/kg. Elles doivent être introduites progressivement dans la ration, sur un support qui permet leur absorption comme de l'aliment fibré et la quantité distribuée peut aller jusqu'à 300 mL par jour pour un cheval de 500 kg.

D. Complément minéral et vitaminique

Concernant la complémentation minérale et vitaminique, il n'est pas possible de choisir le type de complément et la quantité distribuée en l'absence d'analyse alimentaire. Selon la composition du foin, un complément minéral et vitaminique peut parfaitement être adapté pour le foin d'une région et au contraire ne pas bien compléter celui d'une autre région donnée.

- Pour un cheval ou un poney de loisirs nourri avec un foin de bonne qualité, la question de la complémentation ne semble pas nécessaire. En revanche, pour un cheval de haut niveau, une jument en lactation ou en gestation un apport peut être nécessaire mais uniquement sur la base d'analyses.

Les chevaux sont capables d'adapter uniquement leur consommation de sel avec une pierre à lécher. Cela n'a pas été démontré pour les autres minéraux.

Exemples de ration pour un cheval de 500 kg ayant une activité physique légère :

Les apports recommandés sont de 20,0 Mcal d'énergie digestible, 699 g de protéines brutes, 30 g de calcium, 18 g de potassium et 1 mg de sélénium.

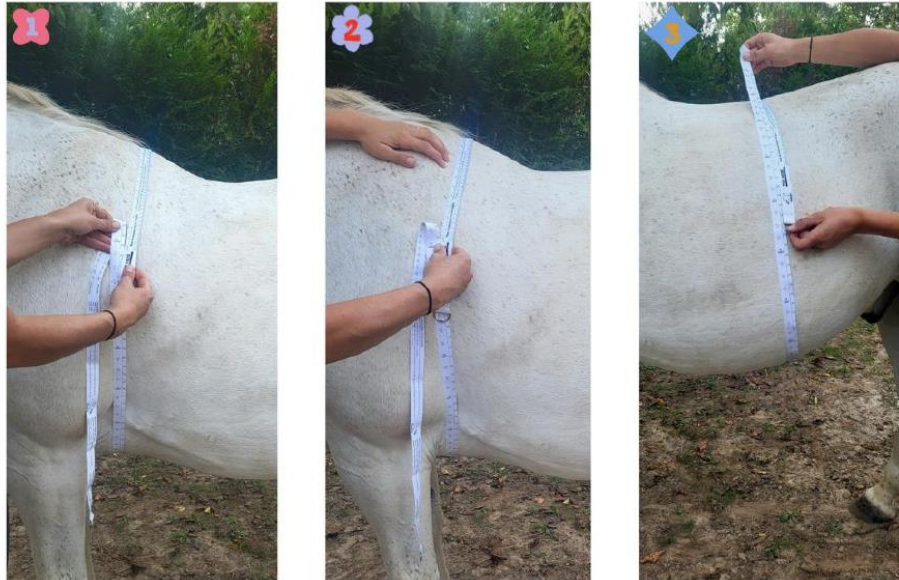
- Ration uniquement à base de foin : en apportant un foin mature (récolté après épiaison (2,04 Mcal par kilogramme)) distribué à hauteur de la consommation volontaire moyenne soit 10 kg de foin, les besoins en énergie digestible sont entièrement comblés par l'apport de ces 10 kg de foin.
- Ration à base de foin et d'herbe : en apportant le même foin que précédemment, si le cheval passe 4h au pré par jour distribution de 7,5 kg de foin sur les 10 kg qui lui sont normalement alloués le reste de la journée.
- Ration à base de foin et de granulés : il n'est pas recommandé de distribuer moins de 7,5 kg de foin par jour (1,5 % du poids corporel minimum). En complément en choisissant un aliment concentré fibré qui apporte 2,15 Mcal/kg, on peut en distribuer 2 kg divisés en deux repas par jour ce qui apportera 4,3 Mcal par jour et complétera les besoins en énergie.

3. Etablir une ration adaptée au cheval obèse

Lorsqu'un cheval ou un poney a été identifié dans un état corporel qui nécessite une perte de poids ou qu'il présente des complications de fourbure associée à de l'obésité notamment dans le cadre d'un syndrome métabolique équin : il est nécessaire d'adapter le régime alimentaire afin de rétablir un état corporel le plus proche possible de l'état corporel optimal.

- Le régime alimentaire devra être mis à jour régulièrement en fonction de la perte de poids, des variations d'environnement (par exemple accès au pré une partie de l'année seulement), des variations de la quantité d'exercice physique proposée.
- Pour suivre l'avancée de la perte de poids, les mesures facilement réalisables sont la mesure du périmètre thoracique et du périmètre abdominal en regard de la zone du ventre la plus large (cf figure 2):

Figure 2 : Photographies présentant les mesures du périmètre thoracique et ventral :



Sur l'image 1 mesure du périmètre thoracique en arrière de l'os de l'épaule, délimité par la main sur l'image 2 et sur l'image 3 mesure du périmètre ventral en regard de la zone la plus large du ventre.

- La plupart des cas d'obésité sont associés à un **déséquilibre entre les apports d'énergie trop importants et les dépenses énergétique trop faible** (exercice peu intense, port de couverture en hiver, races rustiques).
- L'objectif d'une ration adaptée au cheval obèse est de **proposer un régime alimentaire avec une restriction énergétique tout en répondant aux besoins en nutriments essentiels et au besoin de satiété** (Shepherd *et al.*, 2021).

Les changements alimentaires proposés devront être mis en place progressivement et il faudra surtout proscrire les périodes prolongées sans accès à de la nourriture afin d'éviter le développement de stéréotypies (tics à l'appui, à l'air, tic à l'ours), d'ulcérations gastriques ou d'**hyperlipémie**.

L'hyperlipémie peut survenir en cas de mobilisation intense et rapide des réserves de graisse corporelle, notamment lors de période de jeun prolongée. Les poneys et les ânes gras y sont le plus prédisposés. Les signes cliniques sont une anorexie, de l'abattement, un ralentissement du transit, des coliques voire de l'ictère. Si un traitement rapide n'est pas initié, le pronostic vital est engagé (Depecker, 2023).

Dans le cas des chevaux ou poneys présentant un syndrome métabolique équin (SME) ou lors d'obésité sévère, une attention particulière doit être portée **aux sucres apportés par l'alimentation** (glucides non structuraux sur une analyse de fourrage < 10 % idéalement).

Lorsque la concentration de glucose dans le sang augmente suite à un repas, la concentration d'insuline augmente également. L'insuline est une hormone sécrétée dans l'organisme qui permet de réguler la concentration du glucose.

- ↳ L'hyperinsulinémie prolongée peut provoquer le déclenchement d'une fourbure. C'est pourquoi chez les chevaux prédisposés (ayant un historique de fourbure ou un syndrome métabolique équin) il faut minimiser au maximum ces pics d'insuline en gérant l'apport de sucres dans l'alimentation.

► Voici les étapes à suivre afin d'établir une ration adaptée au cheval obèse :

Il est vivement recommandé **d'utiliser le poids** et non le volume des aliments afin de mesurer les quantités distribuées étant donné les variations de densités entre les aliments. Par exemple, la densité d'un litre de granulés est de 600 g/L contre 450 g/L pour les floconnés. Ainsi, à volume égal il y aura plus de granulés distribués que de floconnés et donc un apport énergétique plus important (Barré, 2024).

1 **Suppression de la distribution d'aliments à forte densité énergétique** (concentrés, pommes, bonbons)

- La ration alimentaire sera constituée uniquement de fourrage qui peuvent être apportés dans un premier temps à volonté soit environ 2 % de matière sèche pour 100 kg de poids vif (Geor et Harris, 2013a ; Shepherd *et al.*, 2021). Dans certains cas, cette mesure peut suffire pour contrôler l'état corporel.
- Dans le cas où cette mesure ne suffit pas à faire diminuer l'état d'embonpoint ou que le cheval ou poney continue à prendre du poids, il peut être nécessaire de restreindre davantage la quantité de fourrage consommée.



Restriction de la quantité de fourrages consommés

Le choix du foin doit se porter sur un foin récolté tardivement riche en fibres et pauvre en sucres. De nombreux auteurs conseillent de compléter la ration de foin mature d'un complément minéral et vitaminique car il peut être plus pauvre en certaines vitamines, minéraux et acides-aminés.

- Avec une analyse de fourrage : adapter la quantité de fourrage distribuée afin **d'apporter progressivement la quantité d'énergie digestible correspondant au poids idéal du cheval ou du poney.**
 - Si malgré cette restriction la perte de poids n'est pas suffisante au bout de quelques mois : diminuer davantage l'apport énergétique à hauteur de **80-90 % des besoins**, soit 16 Mcal pour un cheval de 500 kg avec un exercice léger correspondant à la distribution de 7,8 kg de foin mature (2,04 Mcal/kg).
- En l'absence d'analyse de fourrage : restreindre la quantité de matière sèche distribuée à **1,5 voire 1,25 % de matière sèche pour 100 kg de poids corporel** de foin, soit 7,5 kg voire 6,25 kg de foin pour un cheval de 500 kg.
- Malgré cette restriction alimentaire, la perte de poids chez certains chevaux et poneys peut-être plus difficile à obtenir.
 - Dans ce cas un **ajout de paille d'orge visant à remplacer au maximum un tiers du foin distribué** peut être une alternative à une réduction plus drastique de la quantité de foin distribuée.

La paille est un aliment très riche en fibres avec une très faible densité énergétique par rapport à son volume. L'apport en énergie digestible est plus faible que le foin et elle peut favoriser la satiété étant donné sa capacité d'encombrement dans le tube digestif.

Il faut veiller à apporter une **paille de bonne qualité hygiénique** en étant exempte de moisissure et de poussière. Son introduction au régime alimentaire doit être progressive sur une période d'au moins 10 à 14 jours afin de réduire le **risque d'impaction**.

- Utilisation du foin trempé pour réduire la teneur en sucres solubles : c'est une méthode efficace mais la **diminution est très variable**. Il est préférable de réaliser une analyse de fourrage afin de choisir le foin le moins riche possible en sucres, d'autant plus dans le contexte de gestion de fourbure.
 - Objectif : teneur en glucides non structuraux inférieure à 10-12 % de la matière sèche pour un cheval ou un poney (Geor et Harris, 2013a).



Gestion de l'accès au pâturage

- La consommation volontaire au pâturage est très variable : entre 2,0 et 2,5 % voire 5 % de matière sèche pour 100 kg de poids vif. Ces quantités importantes d'herbe ingérées peuvent s'avérer très problématiques, d'autant plus si l'herbe est riche en sucres non structuraux et en énergie digestible pour les chevaux obèses.
- Les propriétaires d'équidés qui ont accès à un pâturage ou qui souhaitent que leur cheval ou leur poney y ait accès malgré un régime de perte de poids doivent utiliser des méthodes afin de réduire leur consommation volontaire au pré.

Il existe plusieurs méthodes :

- ⊗ **Le pâturage au fil** : qui consiste à clôturer la surface pâturable en parties et à avancer régulièrement une ou plusieurs lignes de clôture afin de faciliter l'accès à de l'herbe encore non pâturée (Cameron *et al.*, 2021).
- ⊗ **Le port d'un panier de pâturage** : ressemble à un panier de jeun, placé sur le nez du cheval ou du poney, qui laisse dépasser des quantités limitées de fourrage par une ou plusieurs ouvertures en regard de la bouche (Longland *et al.*, 2016). Les publications ont montré que le port de ce panier était efficace pour diminuer la quantité d'herbe ingérée. Pour une efficacité optimale, le panier doit être portée **pendant toute la durée du temps de pâturage**. Certains propriétaires privilégient cette méthode car elle permet quand même au cheval ou au poney de rester au pré sur de grandes surfaces et pendant de longues périodes de temps plutôt que de pâturer sur de très courtes périodes de temps ou de rester confiné dans des petits enclos sur terre ou sur sable (Longland *et al.*, 2011b).
- ⊗ **L'utilisation de paddock en sable ou avec de l'herbe très rase** : qui permettent des déplacements libres, une vie en groupe sans accès à de grande quantité d'herbe (Cameron *et al.*, 2021).
- ⊗ **L'utilisation de pistes** : aménagées dans des prés ou des paddocks avec peu d'herbe, permettent de favoriser les déplacements entre des points d'intérêts (foin, eau) en ajoutant du dénivelés, des obstacles pour augmenter la dépense et l'attractivité de l'environnement (Cameron *et al.*, 2021).

- Les principales recommandations à disposition des propriétaires et des gérants d'écurie afin de diminuer la consommation volontaire au pré des chevaux en surpoids sont les suivantes, d'après Rendle *et al.* (2018) :
- **Privilégier l'accès à des prairies permanentes** qui sont plus susceptibles de contenir moins de sucres solubles que les prairies plantées.
 - **Éviter l'accès au pâturage lorsque les températures ou la luminosité sont basses, ou en cas de sécheresse, car l'herbe sera plus chargée en sucres.**
 - **Durant les jours ensoleillés**, le sucre s'accumule dans la journée il faut donc **privilégier l'accès au pâturage en début de journée.**
 - La teneur en sucres est plus importante à mesure que l'herbe pousse jusqu'à ce que les graines soient formées : **favoriser le pâturage sur une herbe de plus de 5 cm mais encore peu mature ou sur une herbe ayant déjà dépassé le stade de la production des graines.**
 - Le **surpâturage doit être évité** car il peut favoriser la prolifération de graminées ayant une teneur en sucres plus élevée.

4. Prévenir les stéréotypies consécutives au rationnement du cheval

- Lors d'une restriction des apports alimentaires, la durée d'ingestion peut significativement être réduite, notamment la nuit, exposant le cheval à de l'ennui et pouvant entraîner l'apparition de comportements anormaux comme des stéréotypies (tic à l'air, tic à l'ours, tic déambulatoire) en particulier pour les chevaux et poneys logés en box.
- Des dispositifs ont été développés afin de rallonger le temps de consommation des fourrages (cf figure 3) :
- Filets à foin : extraction et consommation du foin au travers de petites mailles (taille variable selon le filet).
 - Mangeoires lentes : grille plastique ou métallique qui recouvre le fourrage permettant sa consommation au travers des petites ouvertures.

Figure 3 : Illustrations de différents types de filets et mangeoires lentes.



Sources internet : Equiclic, Cheval ami

Les premières recommandations pratiques pour l'utilisation de ces dispositifs sont les suivantes d'après Zollinger et Roig-Pons (2023) :

- **Prévenir les risques de blessures** en veillant à bien penser les systèmes d'attache des dispositifs, ne pas placer les filets trop proches du sol pour les chevaux ferrés et ne pas leur laisser leur licol au risque de s'accrocher dans les filets.
- Prendre le temps d'observer objectivement et pendant plusieurs longues périodes de temps les chevaux utiliser les dispositifs afin d'adapter si nécessaire leur position, de réduire le mouvement des dispositifs comme pour les filets ou les sacs.
- **Contrôler régulièrement l'état des vibrisses, des dents et des gencives.** Il peut être conseillé de réaliser des photos qui permettent de mieux comparer.
- Faire contrôler régulièrement son cheval par un ostéopathe et un vétérinaire.
- Nettoyer et désinfecter régulièrement les dispositifs de distribution de l'alimentation.

5. L'exercice, deuxième pilier dans la prise en charge du cheval en surpoids

Les publications récentes ayant émises des recommandations pour les régimes alimentaires restrictifs suggèrent également d'augmenter l'activité physique, montée ou non, en fréquence et en durée afin d'améliorer la perte de poids ainsi que la sensibilité à l'insuline.

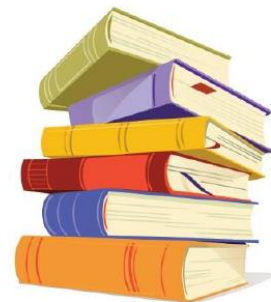
- ❖ Pour les chevaux **sans historique de fourbure**, l'exercice doit être d'intensité faible à modéré pendant au **minimum 30 minutes cinq fois par semaine**. Pour cela, la fréquence cardiaque doit être comprise entre 130 et 170 battements par minute, ce qui équivaut à réaliser un exercice au galop rapide monté ou non.
- ❖ Pour les chevaux avec un **historique de fourbure** ayant été stabilisée depuis, l'exercice conseillé est un peu plus léger. Il doit être réalisé sur une surface souple pendant au minimum **30 minutes trois fois par semaine**. La fréquence cardiaque recommandée doit être comprise entre 110 et 150 battements par minute, correspondant à du trot rapide ou du galop non monté.

(Durham *et al.*, 2019)

Ces protocoles d'exercice doivent être adaptés à la condition physique du cheval ou du poney et sont amenés à évoluer en fonction de la perte de poids attendue et de l'évolution de la condition physique.

Bibliographie :

- ARGO, C.McG., CURTIS, G.C., GROVE-WHITE, D., *et al.* (2012) Weight loss resistance: A further consideration for the nutritional management of obese Equidae. *The Veterinary Journal* vol. 194, n° 2, p. 179-188. [<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.09.020>]
- ARGO, C.McG., DUGDALE, A.H.A., MCGOWAN, C.M. (2015) Considerations for the use of restricted, soaked grass hay diets to promote weight loss in the management of equine metabolic syndrome and obesity. *The Veterinary Journal* vol. 206, n° 2, p. 170-177. [<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.07.027>]
- BARRÉ, C. (2024) Alimentation du cheval adulte. UC 0631. Maisons-Alfort, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort.
- CAMERON, A., HARRIS, P., LONGLAND, A., *et al.* (2021) UK Horse Carers' Experiences of Restricting Grazing When Aiming to Prevent Health Issues in Their Horses. *Journal of Equine Veterinary Science* vol. 104, p. 103685. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103685>]
- CYMBALUK, N.F. (2013) Water. In Geor, R.J., Harris, P.A., Coenen, M. (Éd.), *Equine applied and clinical nutrition : health, welfare and performance*. Edinburg, Saunders Elsevier.
- DEPECKER, M. (2023) Endocrinologie. UC 0631. Maisons-Alfort, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort.
- DUNNETT, C. (2013) Ration evaluation and formulation. In Geor, R.J., Harris, P.A., Coenen, M. (Éd.), *Equine applied and clinical nutrition : health, welfare and performance*. Edinburg, Saunders Elsevier, p. 487-502.
- DURHAM, A.E., FRANK, N., MCGOWAN, C.M., *et al.* (2019) ECEIM consensus statement on equine metabolic syndrome. *Journal of Veterinary Internal Medicine* vol. 33, n° 2, p. 335-349. [<https://doi.org/10.1111/jvim.15423>]
- GEOR, R.J., HARRIS, P.A. (2013a) Obesity. In Geor, R.J., Harris, P.A., Coenen, M. (Éd.), *Equine applied and clinical nutrition : health, welfare and performance*. Edinburg, Saunders Elsevier, p. 487-502.
- HARRIS, P., DUNNETT, C. (2018) Nutritional tips for veterinarians. *Equine Veterinary Education* vol. 30, n° 9, p. 486-496. [<https://doi.org/10.1111/eve.12657>]
- HARRIS, P., SHEPHERD, M. (2021) What Would Be Good for All Veterinarians to Know About Equine Nutrition. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* vol. 37, n° 1, p. 1-20. [<https://doi.org/10.1016/j.cveq.2020.11.001>]
- HARRIS, P.A., ELLIS, A.D., FRADINHO, M.J., *et al.* (2017) Review: Feeding conserved forage to horses: recent advances and recommendations. *animal* vol. 11, n° 6, p. 958-967. [<https://doi.org/10.1017/S1751731116002469>]
- HESTA, M., SHEPHERD, M. (2021) How to Perform a Nutritional Assessment in a First-Line/General Practice. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, Equine Nutrition vol. 37, n° 1, p. 21-41. [<https://doi.org/10.1016/j.cveq.2020.12.001>]
- HOTHERSALL, B., NICOL, C. (2009) Role of Diet and Feeding in Normal and Stereotypic Behaviors in Horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, Clinical Nutrition vol. 25, n° 1, p. 167-181. [<https://doi.org/10.1016/j.cveq.2009.01.002>]



- LEWIS, L.D. (1995) Equine clinical nutrition : feedings and care. Baltimore, Williams & Wilkins Company.
- LONGLAND, A.C. (2013) Pastures and pasture management. In Geor, R.J., Harris, P.A., Coenen, M. (Éd.), *Equine applied and clinical nutrition : health, welfare and performance*. Edinburg, Saunders Elsevier, p. 487-502.
- LONGLAND, A.C., BARFOOT, C., HARRIS, P.A. (2016) Efficacy of Wearing Grazing Muzzles for 10 Hours per Day on Controlling Bodyweight in Pastured Ponies. *Journal of Equine Veterinary Science* vol. 45, p. 22-27. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.04.015>]
- LONGLAND, A.C., BARFOOT, C., HARRIS, P.A. (2011a) Effects of soaking on the water-soluble carbohydrate and crude protein content of hay. *Veterinary Record* vol. 168, n° 23, p. 618-618. [<https://doi.org/10.1136/vr.d157>]
- LONGLAND, A.C., BARFOOT, C., HARRIS, P.A. (2011b) The effect of wearing a grazing muzzle vs not wearing a grazing muzzle on pasture dry matter intake by ponies. *Journal of Equine Veterinary Science, Proceedings of the 2011 Equine Society Symposium* vol. 31, n° 5, p. 282-283. [<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2011.03.105>]
- MACON, E.L., HARRIS, P., BAILEY, S., *et al.* (2022) Postprandial insulin responses to various feedstuffs differ in insulin dysregulated horses compared with non-insulin dysregulated controls. *Equine Veterinary Journal* vol. 54, n° 3, p. 574-583. [<https://doi.org/10.1111/evj.13474>]
- MARTIN-ROSSET, W. (2012) Nutrition et alimentation des chevaux: nouvelles recommandations alimentaires de l'Inra. Versailles, France, Quae, DL 2012.
- MÜLLER, C.E., NOSTELL, K., BRÖJER, J. (2016) Methods for reduction of water soluble carbohydrate content in grass forages for horses. *Livestock Science, The impact of nutrition on metabolism in equines* vol. 186, p. 46-52. [<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.06.011>]
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL(2007) Nutrient Requirements of Horses: Sixth Revised Edition. Washington, D.C., National Academies Press. [<https://doi.org/10.17226/11653>]
- PONTER, A. (2022) Pâturage. UC 0423 (polycopié). Maisons-Alfort, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort.
- RENDLE, D., MCGREGOR ARGO, C., BOWEN, M., *et al.* (2018) Equine obesity: current perspectives. *UK-Vet Equine* vol. 2, n° Sup5, p. 1-19. [<https://doi.org/10.12968/ukve.2018.2.S2.3>]
- ROCHAIS, C., HENRY, S., HAUSBERGER, M. (2018) "Hay-bags" and "Slow feeders": Testing their impact on horse behaviour and welfare. *Applied Animal Behaviour Science* vol. 198, p. 52-59. [<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.09.019>]
- SHEPHERD, M., HARRIS, P., MARTINSON, K.L. (2021) Nutritional Considerations When Dealing with an Obese Adult Equine. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, Equine Nutrition* vol. 37, n° 1, p. 111-137. [<https://doi.org/10.1016/j.cveq.2020.12.004>]
- WOLTER, R., BARRÉ, C., BENOIT, P. (2014) L'alimentation du cheval, 3ème édition. Éditions France Agricole.
- ZOLLINGER, A., ROIG-PONS, M. (2023) Conférence en ligne de l'AVEF junior : Slowfeeding la solution idéale pour affourager les chevaux conformément à leurs besoins ? Haras national Suisse, Agroscope du Haras national Suisse.



IMPACT SUR LA SANTÉ ET GESTION DU SURPOIDS CHEZ LE CHEVAL

AUTEUR : Laurane LEROY

RÉSUMÉ :

L'obésité est une problématique émergente au sein de la population équine occidentale. Pourtant, les pourcentages de prévalence rapportés par de nombreuses publications tendent à montrer que déjà près de la moitié des chevaux et des poneys sont en situation d'obésité en Europe, aux États-Unis ou en Australie. Le vétérinaire occupe un rôle essentiel pour l'identification et la prise en charge de l'obésité dans la population équine. L'objectif de ce travail est de fournir à tout vétérinaire les mesures à mettre en place afin de gérer un cheval ou en poney en situation d'obésité, notamment en matière d'alimentation. La première partie de ce manuscrit présente la problématique de la reconnaissance du surpoids d'un individu et les outils à disposition des propriétaires et du vétérinaire afin d'estimer le poids, la note d'état corporel et la quantité de tissu adipeux. La deuxième partie développe les principales causes de surpoids tandis que la troisième portion aborde les conséquences encore mal connues de l'obésité équine. Enfin la quatrième partie reprend les bases du rationnement du cheval et propose une synthèse des principales mesures en termes d'alimentation et d'exercice à mettre en œuvre dans le cadre de la gestion du surpoids, y compris pour les chevaux et poneys ayant accès au pâturage. L'augmentation de la prévalence de l'obésité dans la population équine est concomitante à l'augmentation du nombre de chevaux et de poneys de loisirs qui font face à la fois à une suralimentation associée à une diminution de leur activité. Le rôle de la dysrégulation de l'insuline chez les races rustiques et lors du syndrome métabolique équin est aussi envisagé. Alors que les causes du surpoids semblent assez bien comprises, les conséquences sont en revanche bien moins connues. Les conséquences les plus graves concernent le système myo-arthro-squelettique avec la fourbure mais également le système métabolique avec la mise en place d'une insulino-résistance, d'un dérèglement du métabolisme lipidique et hépatique et le développement d'une inflammation chronique sous-jacente qui menace la santé des individus à long terme. La gestion du surpoids repose essentiellement sur une meilleure connaissance de l'alimentation. L'analyse alimentaire des fourrages distribués est la solution de référence, elle permet d'établir une ration sur la base des besoins en énergie digestible en fonction du poids vif idéal. De plus, une meilleure connaissance du comportement alimentaire, des besoins fondamentaux et des variations de la consommation volontaire peut également aider à la gestion du surpoids.

MOTS CLÉS : CHEVAL, OBESITE, NOTE D'ETAT CORPOREL, ALIMENTATION, FOURRAGE, REGIME ALIMENTAIRE

JURY :

Présidente : Pr Caroline Gilbert
Directrice de thèse : Dr Estelle Manguin
Examineur : Dr Ludovic Tanquerel
Invité : Dr Charles Barré

HEALTH IMPACT AND MANAGEMENT OF OBESITY IN HORSES

AUTHOR: Laurane LEROY

SUMMARY:

Equine obesity is an emerging problem within the Western equine population. However, the prevalence rates reported in numerous publications tend to show that almost half of all horses and ponies in Europe, the United States and Australia are already obese. Veterinarians play an essential role in identifying and managing obesity in the equine population. The aim of this work is to provide any veterinarian the measures to manage an obese horse or pony, particularly in terms of feeding. The first part of this manuscript presents the problems involved in recognising whether a horse or pony is overweight and the tools available to owners and vets for estimating weight, body condition score and the amount of adipose tissue. The second part looks at the main causes, while the third focuses with the still poorly understood consequences of equine obesity. Finally, the fourth part covers the basics of horse rationing and proposes a summary of the main measures in terms of feed and exercise to be implemented as part of the management of excess weight, including for horses and ponies with access to pasture. The increase in the prevalence of obesity in the equine population is associated with a rise in the number of leisure horses and ponies who are faced with a combination of overeating and reduced activity. The role of insulin dysregulation in horses and ponies described as "good doers" and the equine metabolic syndrome are also considered. While the causes of overweight seem fairly well understood, the consequences are much less well known. The most serious consequences concern the myo-arthro-skeletal system, with laminitis, but also the metabolic system, with the development of insulin resistance, a disturbance in lipid and liver metabolism and the development of underlying chronic inflammation that threatens the long-term health of individuals. The key to managing excess weight depends on a better understanding of the horse's diet. To achieve this, feed analysis of distributed forage is the gold standard solution, enabling a ration to be established on the basis of digestible energy requirements in relation to ideal live weight. In addition, a better understanding of feeding behaviour, basic needs and variations in voluntary consumption can also help to manage excess weight.

KEYWORDS: HORSE, OBESITY, BODY CONDITION SCORE, NUTRITION, FORAGE, DIET

JURY:

Chairperson: Pr Caroline Gilbert

Thesis Director: Dr Estelle Manguin

Reviewer: Dr Ludovic Tanquerel

Guest: Dr Charles Barré