

Valorisation des fourrages ligneux en élevage bovin

Auteur : Brouckaert, Clément

Promoteur(s) : Cabaraux, Jean-François

Faculté : Faculté de Médecine Vétérinaire

Diplôme : Master en médecine vétérinaire

Année académique : 2023-2024

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/20642>

Avertissement à l'attention des usagers :

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

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

Valorisation des fourrages ligneux en élevage bovin

Using woody fodder in cattle farming

Clément BROUCKAERT

Travail de fin d'études

Présenté en vue de l'obtention du grade
de Médecin Vétérinaire

ANNÉE ACADÉMIQUE 2023/2024

Le contenu de ce travail n'engage que son auteur

Valorisation des fourrages ligneux en élevage bovin

Using woody fodder in cattle farming

Clément BROUCKAERT

Tuteur : Professeur Jean-François CABARAUX

Travail de fin d'études

Présenté en vue de l'obtention du grade
de Médecin Vétérinaire

ANNÉE ACADÉMIQUE 2023/2024

Le contenu de ce travail n'engage que son auteur

Valorisation des fourrages ligneux en élevage bovin

OBJECTIF DU TRAVAIL

Le but de ce travail est d'obtenir de plus amples informations, basées sur des sources scientifiques fiables, quant à l'utilisation de fourrages ligneux en élevage bovin. Pour ce faire, une consultation de la littérature relative au sujet a été effectuée afin de déterminer dans quelle mesure il est possible et utile de valoriser ce type de nourriture. Aussi, ce travail est réalisé selon une approche de la valeur nutritive de différentes espèces communes sous nos latitudes, avec leurs effets positifs mais aussi possiblement négatifs sur les productions (viande et lait) et la santé animale. La manière de valoriser cette ressource, de façon pratique à notre époque, pour nourrir nos vaches de la façon la plus durable possible est également abordée.

RESUME

Bien qu'historiquement très importants dans nos contrées et encore très utiles ailleurs dans le monde, les arbres et arbustes ont progressivement quitté la ration de nos bovins suite à l'intensification de l'agriculture. Ils présentent cependant un intérêt renouvelé étant donné les considérations environnementales et les sécheresses qui se multiplient. Ainsi, il apparaît qu'un mélange des essences les plus digestes (contenu en lignine limité) parmi lesquelles le saule et le frêne, en tant que supplément, est la meilleure option pour limiter les pertes voire obtenir des effets positifs sur les bovins. En effet, les fourrages ligneux tendent à conserver leur valeur nutritive avec l'avancement de la saison de pâturage, avec pour certaines espèces une richesse en protéines et en oligo-éléments déficitaires dans l'herbe. La présence de certains types de tanins dans ces fourrages présente également un intérêt puisqu'il a été prouvé une amélioration des performances de production et de leur qualité. Ils peuvent cependant être délétères en concentration trop importante. D'autres composés secondaires, contenus dans le frêne ou le saule peuvent jouer un rôle anti-inflammatoire intéressant. Cependant, certaines espèces telles que le chêne et l'érable peuvent aussi s'avérer toxiques.

Les fourrages ligneux peuvent aider au contrôle du parasitisme de manière naturelle et écologique grâce à leurs tanins, qui limitent aussi les émissions de méthane et d'azote en redirigeant l'excrétion de ce dernier vers les bouses. Les arbres, en plus de ces intérêts écologiques multiples et de l'abri naturel, fournissent une nourriture diversifiée qui favorise le bien-être animal : le bovin a la possibilité d'exprimer ses préférences alimentaires. En outre, l'utilisation de cette ressource peut être gérée de différentes façons, parmi lesquelles le pâturage direct ou la coupe de branches.

Using woody fodder in cattle farming

Aim of the work

The aim of this work is to obtain further information, based on reliable scientific sources, on the use of wood fodder in cattle husbandry. To this end, a literature review of the subject was conducted to determine the extent to which it is possible and useful to value this type of food. Also, this work is carried out according to an approach of the nutritional value of different common species in our latitudes, with their positive and possibly negative effects on animal health. The way to value this resource, in a practical way in our time, to feed our cows in the most sustainable way possible is also discussed.

Summary

Although historically very important in our regions and still very useful elsewhere in the world, trees and shrubs have gradually left the ration of our cattle following the intensification of agriculture. However, they are of renewed interest given the increasing ecological considerations and droughts. Thus, it appears that a mixture of the most digestible species (limited lignin content) including willow and ash, as a supplement, is the best option to limit losses or obtain positive effects on cattle. Indeed, woody forages tend to retain their nutritional value with the advancement of the grazing season with for some species a richness in protein and trace elements in the grass. The presence of certain tannins type in these forages is also of interest since it has been proven to improve production performance and quality. They can however be deleterious in excessively high concentrations. Other secondary compounds, contained in ash or willow can play an interesting anti-inflammatory role. However, some species such as oak and maple can also be toxic.

Woody forages can help control parasitism in a natural and ecological way thanks to their tannins, which also limit methane and nitrogen emissions by redirecting the excretion of the latter to dung. The trees, in addition to these multiple ecological interests and the natural shelter provide a diversified food that promotes animal welfare: the bovine has the opportunity to express its food preferences. In addition, the use of this resource can be managed in various ways, including direct grazing or branch cutting.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mon promoteur, le professeur Jean-François CABARAUX pour ses conseils dans la réalisation de ce travail.

Merci à mes parents et mon frère pour leur soutien pendant mes études.

Merci à mes grands-parents et mes tantes pour m'avoir transmis la passion de l'élevage et leur soutien au cours de mes études et plus particulièrement à ma marraine vétérinaire pour tout ce qu'elle m'a déjà appris.

Merci à mes maitres de stages, la clinique vétérinaire de Colleret à Colleret (Tristan, Didier, Xavier, Louis, Anne et Justine) et le cabinet vétérinaire Hermans-Lion à Lurcy-Lévis (Paul, Benoit et Priscilla) pour leur accueil, pour ce qu'ils m'ont appris et leurs nombreux conseils.

Merci à Cyril avec qui j'ai partagé l'ensemble de mes études et de super moments.

Merci à l'ensemble de mes super cokoteurs croisés au cours de mes études, au groupe clinique Numéro 1 élargi pour la magnifique année de master2 et les années de masters en général que nous avons passées.

Table des matières

1 Introduction.....	1
2 Matériel et méthode	1
3 Les besoins de nos bovins	1
4 Les valeurs alimentaires des fourrages ligneux	2
4.1 L'influence des espèces	5
4.1.1 Espèces aux valeurs alimentaires élevées	5
4.1.2 Espèces aux valeurs alimentaires moyennes.....	7
4.1.3 Espèces aux valeurs alimentaires médiocres	7
4.2 L'influence des saisons	8
4.3 L'influence des sols.....	9
5 Les composés secondaires	10
5.1 Les tanins.....	10
5.1.1 Les tanins et leurs effets sur les performances zootechniques	12
5.1.2 Les tanins, substances médicinales	14
5.2 Autres substances médicinales.....	15
6 Effets indésirables.....	17
6.1 Composés indésirables des plantes.....	17
6.2 Inconvénients des arbres.....	19
7 Effets positifs de l'agro-foresterie	20
7.1 Effets sur l'environnement.....	20
7.2 Effets sur le bien-être animal.....	20
8 Gestion pratique d'un système agro-forestier	21
8.1 Gestion de la complémentation	21
8.2 Techniques de gestion	21
8.3 Conservation des fourrages ligneux	23
9 Conclusion	23
Bibliographie.....	

1 Introduction

Les fourrages ligneux sont des végétaux dont les tissus sont constitués de bois (arbres, arbustes, lianes), dont le principal composant est la lignine (Meuret et Agreil, 2007 ; Emile et al., 2017). Ils ont longtemps représenté une part essentielle dans la nutrition de nos bovins, avant l'intensification de l'agriculture et l'utilisation de rations à base d'herbe (Vandermeulen et al., 2017). Ces fourrages sont néanmoins toujours utilisés dans d'autres régions du monde (nordiques, méditerranéennes, subtropicales, ...) (Hejzman et al., 2016 ; Sanon et al., 2005 ; Vandermeulen et al., 2017) et des expériences sont en cours pour réintroduire cette ressource dans nos élevages européens (Bestman et al., 2014 ; Emile et al., 2017). En Nouvelle Zélande, des saules et peupliers initialement plantés pour lutter contre l'érosion sont utilisés comme suppléments en période de sécheresse (Moore et al., 2003).

Les périodes de sécheresses, appelées à se multiplier, nécessitent de trouver des solutions pérennes dont l'usage de fourrages ligneux fait partie (Moore et al., 2003). Une connaissance plus approfondie de leur valeur alimentaire et des méthodes d'exploitation influant toutes deux sur les choix d'espèces paraît donc essentielle pour en tirer un maximum de bénéfices et minimiser les possibles inconvénients.

2 Matériel et méthode

Ce travail consiste en une recherche dans la littérature scientifique disponible via internet, essentiellement via le moteur de recherche « Google Scholar », mais également « PubMed » et dans une moindre mesure Uliège Library. La lecture d'articles référencés dans d'autres publications a permis de compléter les informations.

Voici les termes anglais qui ont été utilisés : Cow, Tree, Shrub, Browsing, Woody fodder, Tanins, Willow, Oak and toxicity, Acer and toxicity and Nutritive value.

Une sélection des articles les plus pertinents a été réalisée, selon les espèces analysées, la date de publication et la région d'expérimentation.

3 Les besoins de nos bovins

Pour déterminer les espèces les plus aptes à rentrer dans la ration des bovins, il est important de connaître leurs besoins. Ainsi, le Tableau I reprend les besoins essentiels de ces animaux à partir de données trouvées dans un article de Hejzman et collaborateurs (2014).

Tableau I

Besoins en matière organique								
Fibres	NDF (g/kg)		ADF (g/kg)		Lignine (g/kg)		Cendres résiduelles	
	330-450		190-300		< 80			
Besoins en minéraux majeurs								
Eléments	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	N/P	Ca/P	K/(Mg+Ca)
	19-26 (*6,25 pour avoir les g de protéines)	1,6-4,4 >3 en production	6,5-9,0	2,9-9,0	1,2-2,4	5-10	1-2	1-2,2

Plages optimales pour différents paramètres nutritionnels chez les bovins à partir de Hejzman et collaborateurs (2014).

Dans ce tableau, la fraction organique est représentée selon les abréviations issues de la méthode Van Soest : NDF (neutral detergent fiber) représente les fibres des parois cellulaires : hémicellulose, cellulose et lignine. Ensuite, ADF (acid detergent fiber) représente la cellulose et la lignine, fraction aussi appelée ligno-cellulose. Enfin, la valeur ADL (acid detergent lignine), représente le contenu en lignine (Giger et al., 1986 ; Cuvelier et al., 2015).

4 Les valeurs alimentaires des fourrages ligneux

Historiquement, les fourrages à base de feuilles ont probablement été davantage utilisés pour les moutons et les chèvres (retrouvés lors de recherches archéologiques) car ils y sont physiologiquement plus adaptés et en sont naturellement plus friands (Hejzmanová et al., 2014). Les chèvres fabriquent en effet une salive riche en proline, limitant les effets négatifs des tanins sur l'appétibilité et la digestion (García et al., 2017). Les fourrages ligneux disponibles en hiver sont ainsi délaissés par les vaches au profit de l'herbe, même sénescence sous 20 cm de neige (Hejzmanová et al., 2014). Aussi, le choix des animaux pour manger certaines plantes et pas d'autres peut être très important (Abdel-Razik et al., 1988) tout comme les habitudes du troupeau et de l'espèce animale (Meuret et Agreil, 2007).

L'analyse de ces fourrages montre de très fortes variations dans leur composition qui dépend de très nombreux facteurs : génétiques, climatiques, conditions de croissance et type de sols (Mahieu, 2018).

L'analyse du contenu fibreux (cellulose, hémicellulose et lignine) des fourrages est importante car elle informe sur la digestibilité des fourrages, inversement proportionnelle à la quantité de

lignine, représentée sous l'acronyme ADL (Hejzmanová et al., 2014 ; Chebli et al., 2021). La teneur en lignine permet d'ailleurs la meilleure prédiction de digestibilité d'une ration (Giger et al., 1986 ; Cuvelier et al., 2015). La qualité d'un fourrage s'évalue aussi selon sa concentration en macronutriments, à savoir N, P, K, Ca et le Mg ainsi que leur ratios : Ca/P et K/ (Ca+P) (Tableau II).

Tableau II Minéraux et leurs ratios utiles en élevage bovin

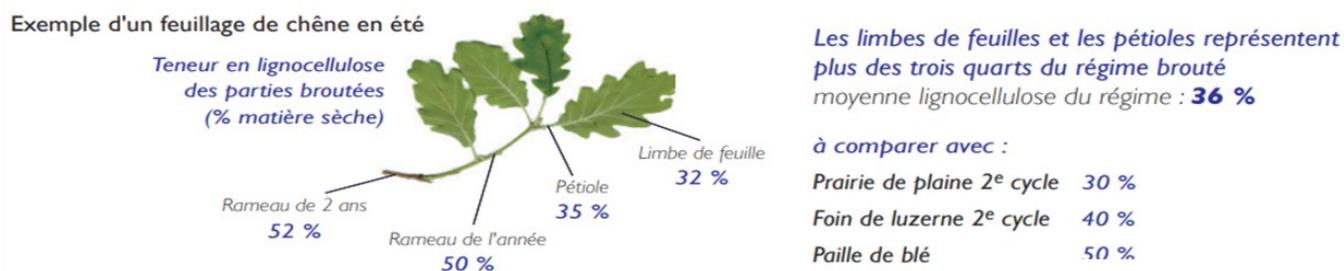
Species	N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg(g kg ⁻¹)	N:P ratio	Ca:P ratio	K:(Mg + Ca)
<i>Acer platanoides</i>	28.2 ± 1.2 ^a	2.7 ± 0.3 ^{a,b}	18.0 ± 0.6 ^{a,b}	12.3 ± 0.5 ^{a,b,c}	3.0 ± 0.2 ^a	10.8 ± 1.3 ^{a,b}	4.6 ± 0.4 ^{a,b}	1.18 ± 0.07 ^{a,b}
<i>Carpinus betulus</i>	30.7 ± 0.6 ^a	1.9 ± 0.1 ^a	10.6 ± 1.0 ^{c,d}	12.7 ± 1.7 ^{a,b,c}	2.7 ± 0.4 ^a	15.5 ± 0.4 ^c	6.4 ± 0.7 ^{a,b}	0.69 ± 0.04 ^a
<i>Corylus avellana</i>	31.5 ± 1.4 ^a	2.3 ± 0.1 ^{a,b}	16.0 ± 1.9 ^{a,b,d}	16.4 ± 1.3 ^{b,c}	3.6 ± 0.3 ^a	13.8 ± 1.2 ^{a,b,c}	7.2 ± 0.8 ^b	0.79 ± 0.06 ^a
<i>Fagus sylvatica</i>	31.4 ± 2.9 ^a	2.1 ± 0.2 ^a	9.1 ± 0.5 ^c	10.2 ± 0.4 ^{a,b}	2.6 ± 0.2 ^a	15.3 ± 0.3 ^{b,c}	5.1 ± 0.3 ^{a,b}	0.71 ± 0.05 ^a
<i>Fraxinus excelsior</i>	33.2 ± 2.1 ^a	3.2 ± 0.2 ^b	20.9 ± 0.9 ^a	17.2 ± 1.3 ^c	4.1 ± 0.7 ^a	10.5 ± 1.0 ^a	5.4 ± 0.6 ^{a,b}	0.99 ± 0.05 ^{a,b}
<i>Populus tremula</i>	28.9 ± 1.0 ^a	2.6 ± 0.2 ^{a,b}	18.3 ± 2.0 ^{a,b}	15.4 ± 1.1 ^{a,b,c}	2.8 ± 0.4 ^a	11.3 ± 0.7 ^{a,b,c}	6.1 ± 0.6 ^{a,b}	1.01 ± 0.09 ^{a,b}
<i>Quercus robur</i>	32.9 ± 0.9 ^a	2.5 ± 0.1 ^{a,b}	11.6 ± 0.7 ^{b,c,d}	9.3 ± 0.5 ^a	2.6 ± 0.2 ^a	13.5 ± 0.8 ^{a,b,c}	3.8 ± 0.1 ^a	0.97 ± 0.03 ^{a,b}
<i>Tilia cordata</i>	36.0 ± 1.2 ^a	3.0 ± 0.5 ^{a,b}	19.7 ± 0.4 ^a	12.1 ± 2.4 ^{a,b,c}	2.8 ± 0.6 ^a	12.6 ± 1.3 ^{a,b,c}	4.1 ± 0.7 ^a	1.46 ± 0.25 ^b
<i>Ulmus glabra</i>	34.3 ± 3.3 ^a	2.7 ± 0.1 ^{a,b}	19.9 ± 2.7 ^a	14.2 ± 1.9 ^{a,b,c}	2.7 ± 0.3 ^a	12.7 ± 0.7 ^{a,b,c}	5.2 ± 0.5 ^{a,b}	1.18 ± 0.08 ^{a,b}
Meadow hay	20.0–28.7	2.7–3.7	24.1–34.0	6.0–8.4	1.5–4	5–10	1.7–2.5	–
Optimum range	19.2–25.6	2.3–3.7	5–10	2.9–5.8	1.5–3.5	5–10	1–2	1–2.2

Les principaux minéraux retrouvés dans des espèces ligneuses et leur ratios intéressants comparés aux plages optimales de nutrition bovine ainsi qu'au foin (Hejzmanová et al., 2014)

En ce qui concerne le potassium, par exemple, seul le hêtre se situe sous le maximum de 10g/kg. Cependant, il ne s'agit pas d'une problématique importante puisque la très grande majorité des fourrages couramment utilisés présente une concentration bien supérieure. L'idéal est de ne pas dépasser la limite des 25g/kg, bien qu'il soit prouvé que cela ne cause pas de souci (Hejzmanová et al., 2014). Les autres éléments ainsi que leurs rapports peuvent également être intéressants. Ainsi, le foin peut être classé dans un groupe : haute concentration de potassium, de cendres, rapport K/(Ca+Mg) et N/P élevé ainsi que de hautes valeurs NDF et ADF. A l'inverse, les espèces ligneuses sont riches en lignine, azote, phosphore, calcium et magnésium et ont un rapport Ca/P élevé (Hejzman et al., 2016).

Il existe des fourrages ligneux dont la valeur nutritive est comparable à l'herbe. En effet, les herbivores, y compris les chèvres ne mangent pas le bois mais les feuilles, jeunes tiges, fleurs et fruits présentant, in fine, une teneur moyenne en lignine comparable aux fourrages communs (Figure 1) (Meuret et Agreil, 2007).

Figure 1



La qualité fourragère des feuilles est similaire à celle de l'herbe (Meuret et Agreil, 2007)

De même, la richesse protéique, pour nombre d'espèces d'arbres, arbustes et lianes tend à se rapprocher des espèces rencontrées dans les prairies. Certaines peuvent même répondre aux besoins d'animaux aussi exigeants que des vaches laitières. De plus, ces plantes offrent la possibilité d'utiliser les strates profondes du sol et donc leur ressource en eau (en période de sécheresse) et minéraux (plus riches en oligo-éléments que l'herbe) (Emile et al., 2017).

Ainsi, les arbres peuvent apporter des oligo-éléments tels que le sélénium, le cuivre, le manganèse et le zinc. Ces éléments sont importants car ils sont essentiels aux animaux alors qu'ils sont déficitaires dans les rations à base d'herbe et de maïs ensilage. Un point d'attention concerne les interactions entre minéraux qui peuvent nuire à leur absorption. Par exemple, une haute concentration en soufre entraîne une diminution de l'absorption de cuivre. C'est pourquoi le saule des vanniers (*Salix viminalis*), riche en soufre, devrait être évité si le cuivre est limitant. Outre la proportion de ces oligo-éléments dans les plantes, il est important de tenir compte de l'ingestion volontaire et de la proportion dans la ration totale de l'animal (Luske et Van Eekeren, 2018).

Le pourcentage de ce type de fourrage naturellement ingéré par les herbivores domestiques varie en fonction de l'espèce avec de 10 à 30% de la ration totale pour un bovin contre jusqu'à 100% pour une chèvre (Meuret et Agreil, 2007). Les génisses peuvent, quant à elles, passer de 5,4 à 19,3% du temps à pâturer sur des arbres, avec une consommation plus importante quand la valeur alimentaire est plus attractive, soit au printemps (Vandermeulen et al., 2018). Une étude argentine mentionne aussi la complémentarité possible entre l'herbe et les fourrages ligneux pour améliorer la qualité de la ration en saison sèche (García et al., 2017). Cette affirmation rejoint une autre, selon laquelle les feuilles de certains arbres (bouleaux, saules et sorbier des oiseleurs) ont généralement une haute valeur nutritive en comparaison de l'herbe, ce qui les rend attractives. Grâce à leurs propriétés, elles peuvent même satisfaire les besoins nutritionnels des vaches quel que soit leur stade physiologique (croissance, entretien, gestation et lactation) (Hejcman et al., 2016).

Par contre, il est à noter que de fortes proportions de feuilles peuvent réduire l'ingestion, inhiber les enzymes digestives et par conséquent avoir des effets négatifs sur les performances. Il ressort d'une expérience que ce type de fourrage pourvoit aux besoins essentiels mais ne permet pas de gagner du poids étant donné la qualité fourragère très variable des différentes espèces analysées (Hejzmanová et al., 2014). Pour un usage optimal de cette ressource, une base de données, reprenant de nombreuses valeurs (digestibilité, protéines, macro-éléments et oligo-éléments) de nombreuses espèces est disponible en ligne :

https://www.voederbomen.nl/nutritionalvalues/?soort_nl=214 (Luske et Van Eekeren, 2018).

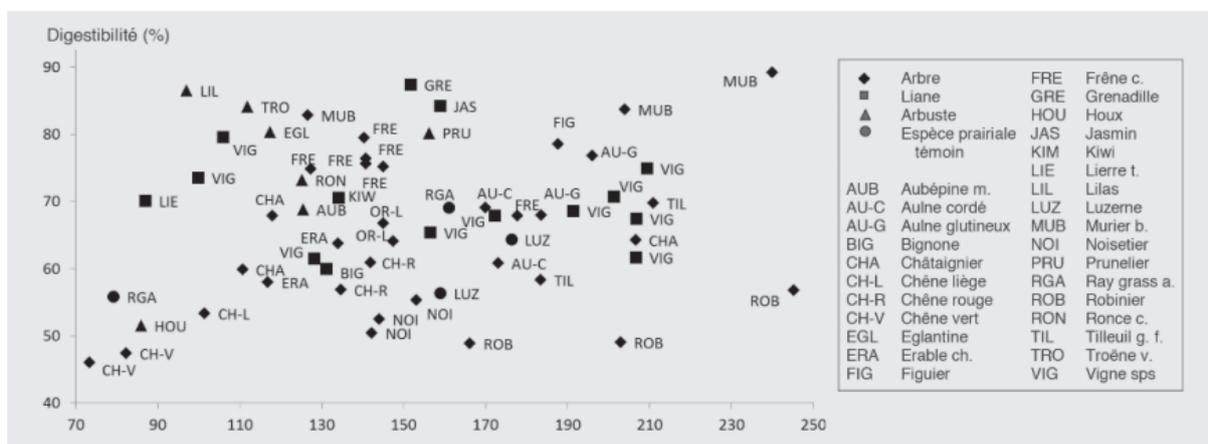
4.1 L'influence des espèces

Dans ce travail, différentes espèces communes sous nos latitudes ont été classées suivant leur digestibilité et leur teneur protéique tout en tenant compte des informations intéressantes présentes dans la littérature concernant les minéraux.

4.1.1 Espèces aux valeurs alimentaires élevées

Selon une expérience française, réalisée à la ferme expérimentale de Lusignan, le frêne, le tilleul, le figuier, l'aulne et le murier blanc (espèce plus méditerranéenne) sont de bonnes qualités fourragères et utilisables en élevage laitier (Figure 2) (Emile et al., 2017).

Figure 2

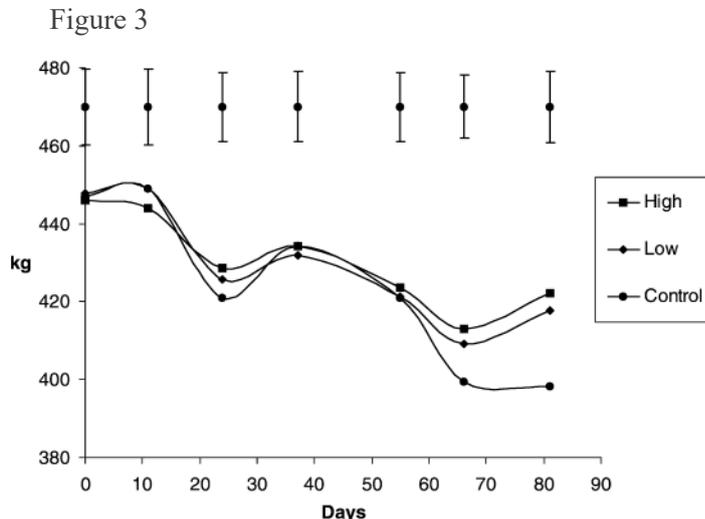


Graphique de différentes espèces en fonction de leur digestibilité et richesse protéique, l'optimum se situant en haut à droite (Emile et al., 2017)

Le frêne, présente un rapport N/P de 10, ce qui est signe de bonne qualité fourragère (Hejzmanová et al., 2014) et sa haute concentration en calcium, est recommandé pour la vache en lactation (Vandermeulen et al., 2017). Il est aussi riche en minéraux (Mg, Fe, Zn et Cu) (Mahieu, 2018) et très digeste, avec 70% de digestibilité comparée aux 60% du saule et de

l'aulne. Par contre, l'aulne possède la plus importante richesse protéique grâce à son association symbiotique avec une bactérie permettant la fixation de l'azote (Luske et Van Eekeren, 2018).

Le saule présente une valeur nutritionnelle légèrement supérieure à celle de la vieille herbe



L'évolution du poids des vaches sur des pâtures clairsemées avec haute, faible ou absence de supplémentation à base de saule (Moore et al., 2003).

sèche estivale néo-zélandaise.

Cependant, son usage pour la complémentation des bovins ne permet pas de mettre en évidence un poids plus important par rapport au groupe contrôle (Figure 3). En effet, la P valeur est supérieure à 0,05 ($P=0,0643$) (Moore et al., 2003). De fait, la digestibilité, estimée à 60% reste inférieure à celle de l'herbe selon une étude néerlandaise. La richesse protéique (189.8g/kg) et les tanins du

saule présentent néanmoins un potentiel nutritionnel intéressant tout comme son importante concentration en minéraux (Ca, S, Cu, Zn et Se). De ce fait, on observe une meilleure santé des brebis y ayant accès (Luske et Van Eekeren, 2018). Cette essence contient également une concentration en phosphore presque suffisante pour couvrir les besoins d'une vache laitière haute productrice. De même, la concentration en calcium et magnésium, supérieure à celle du foin se situe à la limite supérieure, voire au-dessus des besoins de la vache, induisant un faible rapport $K/(Ca+Mg)$, illustrant un faible risque de tétanie d'herbage (Hejcmanová et al., 2014). Le rapport Ca/P était lui aussi supérieur à l'optimum concernant cet arbre alors qu'il est inférieur au minimum pour l'herbe. Selon une expérience Islandaise, le saule laineux possède une proportion de NDF et ADF répondant aux besoins minimums des vaches. Par contre, la lignine (ADL), qui induit une digestibilité limitée par rapport aux graminées est supérieure au maximum de 80g/kg mais reste inférieure à d'autres espèces ligneuses, ce qui entraîne une sélectivité positive des animaux pour le saule (Hejcman et al., 2016). La qualité de son écorce est aussi susceptible d'intéresser le bétail, car celle-ci est plus digeste, plus riche en tanins et en cendres comparée à celle issue du peuplier (Kemp et al., 2001).

L'orme est suggéré comme l'espèce ayant été la plus utilisée à travers le vieux continent. Considéré comme de haute qualité, il aurait été spécifiquement récolté au néolithique. Cela

expliquerait même le déclin de cette espèce dans les analyses de pollen à cette période (Hejcmanová et al., 2014).

Le sorbier des oiseleurs ne répond pas aux besoins en fibres pariétales des vaches mais bien à ceux en ADF (cellulose+lignine) et reste assez digeste par sa teneur correcte en lignine (95g/kg) (Kemp et al., 2001).

4.1.2 Espèces aux valeurs alimentaires moyennes

Tableau III Valeurs alimentaires comparable du saule et du peuplier

Cultivars	Leaf (%)	Protein (g/kg)	DMD ¹ (g/kg)	ME (MJ/kg)	CT (%)
Willow					
Tangoio	56.1	117	579	8.7	4.18
Matsudana	66.1	154	672	10.2	1.79
Moutere	68.4	155	699	10.5	3.95
Mean	64.2	142	650	9.8	3.31
Poplar					
Veronese	66.4	179	698	10.4	0.98
Louisa Avanza	65.2	136	670	10.2	2.61
Pakaraka	72.3	165	687	10.3	0.93
Selwyn	61.6	150	676	10.2	1.92
Toa	67.0	134	607	8.9	0.60
Argyle	55.3	152	647	9.6	1.13
Weraiti	64.5	158	692	10.2	1.11
Otahoua	68.5	137	640	9.6	0.93
Tasman	60.4	128	694	10.0	2.36
Mean	65.2	149	668	9.9	1.40

DMD digestibilité de la matière sèche,
ME énergie métabolisable et CT tanins condensés
(Kemp et al., 2001)

Le bouleau, est de qualité inférieure au sorbier des oiseleurs et au saule bien qu'il ait été historiquement employé pour faire du foin en Islande (Hejcman et al., 2016).

Le noisetier est de qualité intermédiaire, tout comme le peuplier (Hejcmanová et al., 2014) bien que ce dernier soit considéré de haute qualité, comparable au saule (digestibilité, énergie métabolisable et protéines) dans une autre étude (Tableau III) (Kemp et al., 2001).

4.1.3 Espèces aux valeurs alimentaires médiocres

Le charme, le hêtre et le chêne sont considérés de mauvaise qualité et n'étaient d'ailleurs pas exploités après le néolithique. Leur défaut concerne notamment la faible teneur en phosphore, élément essentiel pour la croissance des jeunes bovins et la production de la vache laitière.

Un autre paramètre négatif concerne le rapport N/P du charme et du hêtre, supérieur à 15. Aussi, il en ressort que le hêtre serait l'espèce la moins digeste étant donné que sa teneur en lignine (ADL) est la plus élevée (Hejcmanová et al., 2014).

Une autre étude mentionne également le chêne, le robinier, le châtaignier et le noisetier pour leur faible disponibilité théorique en protéines et la mauvaise dégradabilité théorique de leur matière sèche. L'érable champêtre ne présente pas de meilleures valeurs (Tableau IV) (Emile et al., 2017).

Tableau IV Digestibilité de la matière sèche et de l'azote de différentes espèces ligneuses

Espèce		Année*	DTMS (%)	DTN (%)
aulne de Corse	<i>Alnus cordata</i> Loisel.	2014, 2015	54,4	38,4
aulne glutineux	<i>Alnus glutinosa</i> L.	2014	50,9	30,5
châtaignier	<i>Castanea sativa</i> Mill.	2014, 2015	43,8	27,8
chêne rouge	<i>Quercus rubra</i> L.	2014	37,0	13,9
chêne vert	<i>Quercus ilex</i> L.	2015	39,8	30,0
érable champêtre	<i>Acer campestre</i> L.	2014	47,3	30,4
frêne commun	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	2014, 2015	69,1	57,8
mûrier blanc	<i>Morus alba</i> L.	2014, 2015	75,3	70,6
noisetier	<i>Corylus avellana</i> L.	2014, 2015	44,8	13,9
orme Lutèce	<i>Ulmus minor X resista</i>	2014, 2015	55,4	35,5
robinier faux acacia	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	2014, 2015	43,1	27,0
tilleul	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	2014, 2015	54,6	48,5
vigne	<i>Vitis X</i>	2014, 2015	54,7	26,6
luzerne	<i>Medicago sativa</i> L.	2014, 2015	62,7	74,2
ray-grass anglais	<i>Lolium perenne</i> L.	2014, 2015	56,7	62,1

* 14 mesures en août 2014 et 12 mesures en août 2015

La dégradabilité théorique de la matière sèche (DTMS) et la dégradabilité théorique de l'azote (DTN) (Emile et al., 2017).

4.2 L'influence des saisons

La période d'échantillonnage influence de façon majeure différents paramètres : la digestibilité, la teneur protéique et la richesse minérale (Ca, P, Cu, P, Zn et Se). Ainsi, une décroissance significative ($P < 0,05$) de la digestibilité au cours de la belle saison est mise en évidence pour l'aulne, une absence de différence pour le saule et même un gain de digestibilité (non expliquée dans l'article) accompagnée d'un doublement de la concentration calcique pour le frêne. En ce qui concerne les protéines et le cuivre, une diminution très significative de leur concentration a été constatée toutes espèces confondues mais ce fut l'inverse pour le calcium, le zinc et le sélénium dans les feuilles de saules (Luske et Van Eekeren, 2018). Dans un autre article, il apparaît aussi une diminution de la concentration en azote et en phosphore au cours de l'année (Hejcmanová et al., 2014).

De même, la majorité des espèces végétales du pourtour méditerranéen (étude réalisée dans le nord du Maroc, un contexte différent de nos régions) présente des variations importantes de leurs valeurs fourragères (énergie métabolisable, digestibilité, composition chimique) au cours de la saison de pâturage. En effet, la valeur alimentaire est meilleure au printemps avec une diminution constante pendant l'été. En ce qui concerne l'automne, cela dépend des plantes : identique ou augmentée mais, le plus souvent, on observe une diminution des valeurs par rapport à l'été. L'explication de ces variations se trouve dans la teneur en ADL et en ADF qui sont moins présents au printemps, expliquant une meilleure efficacité nutritionnelle à cette

Pour être complet, la valeur nutritionnelle des brindilles hivernales est inférieure à un foin de prairie ainsi qu'aux feuilles d'arbres collectées au printemps. Les concentrations sont notamment insuffisantes en azote, phosphore et magnésium mais trop élevées en calcium et ADL (lignine). Selon ces critères, même l'herbe sénescence est de meilleure qualité, mais elle présente le risque d'infections fongiques (Hejcman et al., 2014).

saison avec des fractions libre d'azote et de sucres plus importantes. A l'inverse, les tanins sont stables au fil des saisons. Il en ressort néanmoins qu'il est possible de nourrir les chèvres avec une nourriture de qualité pendant toute l'année grâce à une sélection de plantes et une bonne stratégie de pâturage mais pas d'assurer une production laitière ou viandeuse dont les besoins protéiques sont plus élevés (Chebli et al., 2021).

A l'inverse, en France, il a été constaté que la qualité nutritionnelle des broussailles reste assez constante en fonction des saisons grâce à un enracinement profond qui permet une résistance à la sécheresse estivale (Meuret et Agreil, 2007). Il en va de même pour des analyses réalisées aux Pays-bas (Luske et Van Eekeren, 2018). Cela apparaît comme un élément essentiel étant donné l'interdiction de taille des haies avant le 31 juillet pour les éleveurs wallons (SPW, 2024) et la survenue des sécheresses à cette période qui verrait donc l'utilisation, éventuellement mécanisée des fourrages ligneux favorisée par rapport à l'herbe. Par contre, lors de la chute des feuilles, cette qualité chute drastiquement (Moore et al., 2003).

En ce qui concerne l'hiver, pendant la préhistoire, le pâturage de brindilles en forêt représentait une source de nutriments pour le bétail. Or, cette nourriture s'avère très pauvre à cette saison (Hejcman et al., 2014).

4.3 L'influence des sols

Le saule, le frêne et les graminées ont tendance à présenter une meilleure digestibilité et une concentration accrue en calcium sur sol argileux en comparaison avec un sol sableux. La concentration en sélénium du saule est bien plus importante sur sol argileux mais c'est le contraire pour la concentration en zinc. Les analyses de sols superficiels n'ont pas mis en évidence une teneur accrue en sélénium ou en zinc mais il est très probable que les arbres utilisent les horizons plus profonds. Ainsi, la réalisation d'analyses plus profondes (2m) serait utile pour confirmer cette hypothèse (Luske et Van Eekeren, 2018). On trouve des résultats identiques pour une expérience Islandaise (Hejcman et al., 2016). A l'inverse, dans une étude réalisée en Egypte, il est apparu une carence dans les principaux minéraux (Ca, P, Na) dépendant du type de sol de la zone où les plantes analysées poussaient (Abdel-Razik et al., 1988). Notons encore qu'un autre article, réalisé lui en Argentine dans un contexte pouvant être différent de l'Europe, mentionne une différence dans les valeurs nutritionnelles des plantes ligneuses en fonction de leur localisation (García et al., 2017). En outre, selon une expérience en Europe centrale, certaines espèces, comme le hêtre, présentent des valeurs fixes en fonction de la

localité (4 dans l'expérience) contrairement à l'orme pour lequel la variabilité est importante (Hejzmanová et al., 2014).

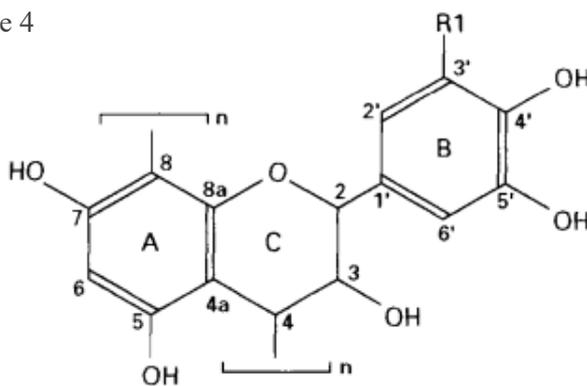
Enfin, il apparaît que la conduite du frêne en trogne/tétard influence positivement sa richesse azotée mais négativement son contenu calcique par rapport aux arbres hautes tiges (Mahieu, 2018) pour une raison non mentionnée. Une hypothèse serait la jeunesse des tiges.

5 Les composés secondaires

5.1 Les tanins

Les tanins sont des composés poly-phénoliques, aussi appelé acide tannique et se divisent en tanins hydrolysables et tanins condensés, non hydrolysables (Besharati et al., 2022).

Figure 4



Structure chimique complexe des tanins condensés (Barry et McNabb, 1999)

Ces derniers sont des structures biochimiques complexes (Figure 4) présentes dans les plantes, avec une infinie variété influençant leurs propriétés (Barry et McNabb, 1999). Celles-ci dépendent de la structure propre du tanin, mais aussi du substrat qu'il lie, entraînant de nombreux effets concentration dépendant. Cependant, les nombreuses méthodes d'analyses

et de standardisation induisent des résultats divergents dans la littérature scientifique (Attia et al., 2016).

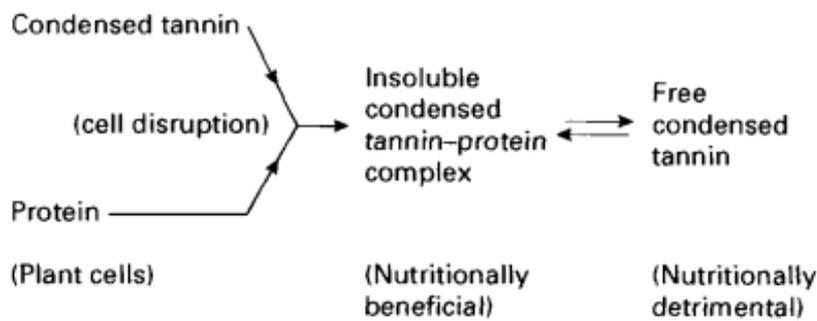
Ces molécules sont liées de façon forte aux protéines et résulteraient de l'évolution d'un moyen de défense des végétaux envers des micro-organismes pathogènes, des insectes ou encore le pâturage des herbivores. Les tanins, en se liant aux protéines, forment des complexes stables pH dépendant. Ainsi, ils sont liés entre 3,5 et 7,5 de pH mais se dissocient si celui-ci est inférieur à 3,5 (Barry et McNabb, 1999). Ces composés se lient de façon forte ou faible, selon leurs caractéristiques chimiques, aux protéines, polysaccharides, acides nucléiques, stéroïdes, alcaloïdes et saponines. De cette manière, ils peuvent avoir des effets bénéfiques en agissant en tant qu'antioxydant, complexant métallique ou encore précipitant de protéines (García et al., 2017).

Les plantes pâturées en région tempérée (herbes et légumineuses) possèdent de faibles concentrations en tanins et nos ruminants domestiques (vaches et moutons), à l'inverse de certaines espèces animales telle que les cerfs ou les élans ne produisent pas de protéines salivaires liant ces molécules. Il est dès lors possible de valoriser ces tanins condensés pour manipuler la digestion de nos animaux domestiques (Barry et McNabb, 1999). Un autre article mentionne, lui, la présence de proline, molécule à haute affinité pour les polyphénols dans la salive des vaches mais contrairement aux chèvres, aucune augmentation de leur production suite à l'ingestion de tanins n'a été mesurée (García et al., 2017). A l'inverse, une autre source rapporte une production salivaire de protéines pauvres en proline complexant les tanins chez les vaches nourries avec une nourriture riche en ces composés (Attia et al., 2016).

Aussi, selon l'espèce de ruminant, les tanins en concentration faible (2-4%) protègent les protéines de la dégradation ruminale en ammoniac, augmentant le flux protéique du rumen et entraînant une meilleure absorption intestinale. Le paramètre le plus important pour la précipitation des protéines avec les tanins serait la structure tridimensionnelle de ces derniers. Malgré ce fait bien établi, il n'est pas encore possible de prédire la valeur nutritionnelle d'une plante à partir de sa teneur en tanins d'autant plus que les méthodes utilisées pour déterminer la réactivité des tanins avec les protéines entraînent de fortes variations (García et al., 2017). En effet, une augmentation de +10% à +59% de l'absorption des acides aminés dans l'intestin grêle grâce aux tanins est démontrée, avec des différences en fonction de leur concentration et de leur structure propre directement dépendante de la plante dont ils sont issus (dans cette expérience, différentes espèces de Lotus en Nouvelle-Zélande) (Barry et McNabb, 1999). Ce même effet est constaté avec du peuplier (Mc William et al., 2004) et une étude argentine a démontré une précipitation protéique plus importante avec les tanins de certaines espèces par rapport à d'autres, dépendant de la structure tridimensionnelle de ceux-ci (García et al., 2017). Les mêmes effets digestifs ont été constatés en Angleterre, avec du Sainfoin, plante qui contient elle aussi des tanins condensés (Barry et McNabb, 1999).

Par ailleurs, les tanins précipitent préférentiellement avec les protéines de la plante d'origine et présentent un transfert d'activité limité dans le fluide ruminal. De ce fait, des effets bénéfiques sont tout de même possibles avec des plantes riches en tanins et pauvres en protéines qui relarguent alors des tanins condensés actifs sur d'autres fourrages (situation rencontrée en zone tropicale). Dans cette situation, ils peuvent aussi, en fonction de leur espèce d'origine exercer

Figure 5



Un excédent de tanins libres dans le fluide ruminal peut impacter négativement la digestion (Barry et McNabb,

un effet négatif sur la digestion ruminale des hydrates de carbone fermentescibles. Dans ce cas, une amélioration de la digestion post-ruminale est cependant constatée (Figure 5) (Barry et McNabb, 1999).

5.1.1 Les tanins et leurs effets sur les performances zootechniques

Dans une étude réalisée avec des moutons spécialement sélectionnés pour la production de laine, des agneaux ont eu accès aux tanins condensés de *Lotus corniculatus* (30g/kg MS), c'est-à-dire qu'ils n'en étaient pas privés via du polyéthylène glycol (PEG) (qui ne possède pas d'effet en l'absence de tanins). Bien que ces acides taniques ne soient pas digestibles, leur consommation a entraîné approximativement un doublement de la quantité de cystine utilisée par l'animal. On constate en effet, une amélioration de son absorption vers le sang, une augmentation des réactions de trans-sulfuration de la méthionine en cystine ainsi que la diminution de l'oxydation de ces 2 acides aminés soufrés. Or, la cystine est limitante pour la production de laine et une augmentation de 12% de sa production est constatée grâce à cette supplémentation. Par contre, l'absence de PEG n'a pas induit de différence sur la croissance corporelle et l'ingestion volontaire (Barry et McNabb, 1999). Cette constatation n'a pas été renouvelée dans une autre expérience conduite avec des saules (30g CT/kg MS) pendant la période de lutte (Pitta et al., 2005). Un effet inverse est même observé lors de concentrations en tanins plus élevées (76-90g/kg MS) et avec une autre espèce de Lotus (*Lotus pedunculatus*) (Barry et McNabb, 1999). Ce même résultat est constaté dans une autre étude, sur des chèvres au Maroc, avec une concentration supérieure à 20-45g/kg MS (Chebli et al., 2021). En outre, une incidence au milieu et à la fin de la lactation des brebis a été mise en évidence avec une augmentation de 21% de la sécrétion de lait, 12% de lactose et 14% de protéines supplémentaires mais sans impact sur la concentration du lait en protéines. Une diminution de

la proportion de graisse a aussi été mise en évidence (Barry et McNabb, 1999). Aussi, une expérience similaire chez les vaches laitières, a prouvé que l'ingestion de plantes contenant des tanins (*Lotus corniculatus*) leur permet de produire davantage de litres avec une augmentation de 10% de la concentration protéique de leur lait et une diminution concomitante de sa concentration en urée, dont 50% de l'effet est directement imputable aux tanins (Besharati et al., 2022). Une complémentation des vaches laitières avec une concentration en ces composés inférieure à 100g/kg MS peut donc améliorer leurs performances. Cependant, l'apport de tanins de Quebracho en post-vêlage a montré une diminution de la production, de l'efficacité alimentaire (bien que d'autres données mentionnent l'inverse), ainsi qu'une diminution du taux butyreux mais une augmentation du taux protéique. L'évolution de ces taux est apparue très influencée par la durée de supplémentation (Attia et al., 2016). En ce qui concerne les acides gras, les tanins peuvent également en modifier le profil par une modulation de leur hydrogénation dans le rumen et ainsi induire une modification de la composition du lait. Cependant, de nombreux paramètres influencent directement cet effet (composition de la ration, stade physiologique, moment de la supplémentation, ...) ce qui induit des résultats très variables et controversés. La composition en acides gras de la viande est quant à elle impactée dans la majorité des études avec une augmentation de la concentration en graisses polyinsaturées bénéfiques pour la santé (Besharati et al., 2022).

La dégradation ruminale des protéines par les bactéries entraîne une absorption d'ammoniac et sa présence est accompagnée d'urée dans le sang. Or, ces substances sont bien connues pour modifier l'environnement utérin en le rendant plus acide, ce qui est délétère pour le sperme et l'ovule. Une diminution de la fertilité, de la survie ainsi que du développement embryonnaire s'en suit aussi bien chez les vaches que chez les brebis. Néanmoins, il apparaît, comme mentionné précédemment, qu'une faible concentration de tanins diminue la dégradation protéique ruminale et augmente l'absorption des acides aminés essentiels améliorant de fait les paramètres reproducteurs. Les tanins réduisent aussi l'atrésie folliculaire et à l'inverse en augmente la taille, le nombre ainsi que la sensibilité des ovaires à la gonadotrophine. Il en résulte un meilleur taux d'ovulation (Attia et al., 2016). De fait, une expérience menée sur des brebis nourries avec des tanins condensés confirme qu'elles ont eu plus d'agneaux (1,7 par brebis) contre 1,36 à 1,42 pour les autres. Or, l'expérience a montré une augmentation significative de la concentration sanguine en acides aminés ramifiés et une diminution du taux d'ammoniac (Barry et McNabb, 1999). Une autre expérience, menée avec des saules, ne parvient pas à prouver l'amélioration des paramètres reproducteurs suite à une absence de

différence significative ($P > 0,05$). Dans ce cas, une supplémentation en peuplier et en saule a réduit la mortalité néo-natale des agneaux malgré le nombre de naissances multiples augmenté qui est généralement accompagné d'une hausse des pertes. Cette observation n'était cependant pas suffisamment différente par rapport au groupe contrôle et résulte probablement de différents facteurs, dont une augmentation de la consommation de matière sèche, qui plus est, de meilleure qualité que l'herbe sèche et courte des prairies (Pitta et al., 2005).

5.1.2 Les tanins, substances médicinales

Historiquement, les fermiers étaient certainement au courant des propriétés médicinales du pâturage de ligneux, telles que le rôle antiparasitaire (Hejcmanová et al., 2014).

En effet, les tanins agissent directement sur les larves parasitaires situées dans le système digestif. Leur effet anthelminthique potentiel dépend de nombreux facteurs : leur structure propre, leur concentration dans la plante mais aussi l'espèce de parasite et son stade (Hoste et al., 2009). Ainsi, les extraits de certaines espèces ont démontré une efficacité contre *Haemonchus contortus* jusqu'à 100%. Cependant, la concentration efficace est relativement élevée, ce qui limite l'effet du pâturage en tant qu'anthelminthique pour le bétail (Selogatwe et al., 2021). Néanmoins, une étude réalisée avec des saules montre une capacité de cet arbre à réduire le parasitisme. Ainsi, une diminution de la fécondité des nématodes est constatée, plus spécialement des mâles et femelles *Haemonchus contortus* mais aussi de la fécondité des femelles *Teladorsagia circumcincta*. Cet effet est attribué aux tanins et peut-être à d'autres composés secondaires étant donné l'absence de différence dans le développement des cellules immunitaires entre le groupe témoin et le groupe expérimental. Cependant, le développement de ces cellules peut prendre du temps et aurait nécessité une durée plus longue que les 35 jours couverts par cette étude (Mupeyo et al., 2011). En effet, il est fait mention par ailleurs d'une réponse immunitaire renforcée par les tanins (Attia et al., 2016).

Les tanins peuvent aussi jouer un rôle antiparasitaire en contrebalançant les conséquences des pertes protéiques consécutives au parasitisme. Comme déjà mentionné, ils agissent par amélioration de l'absorption protéique et l'augmentation de la concentration sanguine en acides aminés ramifiés. Ceci permet donc d'augmenter la vitesse d'acquisition de l'immunité et de tolérer la présence de parasites contrairement à des agneaux nourris avec de la luzerne (Barry et McNabb, 1999).

Un autre effet positif des tanins est leur lutte contre le tympanisme spumeux, fréquent chez les vaches nourries avec des légumineuses. Or, avec une concentration minimale de 5g/kg de matière sèche (MS), non atteinte par les légumineuses utilisées en région tempérée, les tanins

éradiquent cette pathologie (Barry et McNabb, 1999). Une autre étude affirme que le tympanisme spumeux consécutif à l'ingestion de luzerne peut être évité dès 1g de tanins par kg de MS (Besharati et al., 2022).

En outre, les tanins favorisent les bactéries produisant du butyrate. Leur ingestion par des agneaux induit ainsi une modification du profil des acides gras absorbés avec une augmentation de la proportion de butyrate mais une diminution de la quantité totale d'acides gras à chaîne courte. Or, cet acide gras volatil contribue à une meilleure santé de l'épithélium ruminal, apporte un supplément d'énergie et des précurseurs d'acides gras au foie ainsi qu'à la glande mammaire (Correa et al., 2020). En médecine humaine, les multiples bénéfices du butyrate dans le traitement des maladies intestinales ont été prouvés. En santé animale, il ressort une amélioration du développement intestinal, un contrôle des pathogènes entériques avec une modulation du microbiote et de meilleurs gains moyens quotidiens mais aussi une action anti-inflammatoire (Bedford et Gong, 2018). Le magnésium butyrate, qui est une source de butyrate mais aussi de magnésium a été utilisé dans une étude pour observer l'effet d'une supplémentation pendant les trois semaines précédant le vêlage chez les vaches laitières. De nombreux effets positifs ont été constatés avec une amélioration du début de lactation, de la production de colostrum et de sa qualité (IGG, protéines et lactose). La facilité de vêlage, la vitalité des veaux mais aussi le score corporel des vaches et leur fertilité ont été améliorés (Kovács et al., 2023).

Les tanins de châtaigner jouent un rôle anti-inflammatoire chez les vaches laitières avec un effet direct sur la thyroïde et sa production augmentée de T3/T4. Or, ces hormones sont intimement liées à l'adaptation des animaux aux différents stress environnementaux ou nutritionnels. Une diminution de leur sécrétion est associée à un stress oxydatif plus important. Ainsi, la supplémentation de vaches laitières avant vêlage a permis une augmentation de la capacité antioxydante du sérum ($P < 0,01$) avec une amélioration de l'activité des enzymes glutathion peroxydase et superoxyde dismutase. Les tanins ont donc un effet positif sur la capacité antioxydante de l'animal et réduit le pourcentage de lésions aux membranes des hépatocytes mais aussi aux tissus thyroïdiens, lui permettant de produire davantage d'hormones (Prodanović et al., 2023).

5.2 Autres substances médicinales

En Afrique du Sud, les plantes ligneuses représentent 65% des 51 plantes médicinales. Elles jouent donc un rôle essentiel avec leurs potentiels effets thérapeutiques. Cependant, les plantes

ayant le plus d'activité biologique peuvent ne pas corrélérer avec les espèces les plus populaires (Selogatwe et al., 2021). En Angleterre également ces plantes étaient largement utilisées à diverses fins médicinales, dont le sorbier des oiseleurs réputé pour faciliter le vêlage (Susan Drury, 1985).

L'acide salicylique, présent dans le saule à une concentration de 1,7g/kg de MS (Pitta et al., 2005) a un effet similaire au salicylate de sodium synthétique. Celui-ci, utilisé à 50mg/kg IV diminue le taux de cortisol des bovins castrés mais la même dose par voie orale ne procure pas de changement. Cependant, une administration de 2,5 à 5 mg/mL d'eau à volonté chez des veaux subissant une castration ou un écornage permet un meilleur GMQ pendant 13 jours. En outre, différentes doses (faible, moyenne et haute) d'écorce de saule utilisées dans une expérience, n'ont pas entraîné de différence de concentration sanguine en acide salicylique et n'ont pas permis de mettre en évidence un effet sur le facteur d'inflammation PGE2 contrairement à la flunixin méglumine (Phillips et al., 2022).

Il est par ailleurs prouvé que l'administration de salicylate de sodium aux vaches laitières à une dose de 1,95g/L d'eau pendant sept jours à partir du vêlage accentue leurs problèmes métaboliques de transition. En effet, l'inflammation, notamment via le TNF- α , est essentielle pendant cette période pour rediriger les flux de glucose vers la mamelle en entraînant une résistance à l'insuline des cellules musculaires et adipeuses. Elle régule aussi le métabolisme des graisses et protéines. Ainsi, lors de l'arrêt du traitement, les vaches présentent une plus forte diminution du score corporel que les témoins et une richesse du lait en acides gras plus importante, très probablement suite à un rebond de l'inflammation (Farney et al., 2013). A noter que selon Cardot et collaborateurs (2008), une vache laitière boit 80L d'eau par jour. Dans cette expérience, elles auront donc ingéré $80 \times 1,95 = 156\text{g}$ de salicylate par jour. Puisque le saule contient 1,7g/kg de MS (Pitta et al., 2005), pour en absorber la même quantité, elles devraient en ingérer $156 / 1,7 = 91,7\text{kg}$, ce qui est impossible.

De ce fait, il est difficile, sur la base de ce travail, de conclure à un effet ou non du saule. En outre, les solutions à base de salicylate disponibles en Belgique ne sont pas autorisées chez les vaches laitières alors que les délais d'attente pour la viande sont nuls. Par ailleurs, la probabilité que des résidus d'acide salicylique parviennent dans le lait suite à la consommation fourragère des vaches est jugée faible (vetcompendium).

Les feuilles du frêne ont longtemps été utilisées en traitement de la fièvre et des rhumatismes tandis que son écorce était employée contre les vers intestinaux. L'effet antioxydant des extraits méthanol du frêne a d'ailleurs été prouvé (Middleton et al., 2005) suite à la présence de

composés phénoliques et est accompagné d'effets anti-inflammatoires issus de composés flavonoïdes (Khosroyar et al., 2018). Les extraits de feuilles de cette essence ont aussi démontré un effet immunomodulateur par action sur les lymphocytes TH1 producteurs de TNF α et d'IL-12. Or la réduction de ces médiateurs de l'inflammation a un effet sur les douleurs articulaires et les rhumatismes (Qasaymeh et al., 2023). Les extraits issus du dichlorométhane ou n-hexane démontrent une activité antibiotique contre huit espèces de bactéries pathogènes dont *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline (Middletona et al., 2005).

L'aulne a historiquement été utilisé pour traiter les gonflements, l'inflammation (dont les maux de gorge et pharyngites) ainsi que les rhumatismes. Les tests réalisés démontrent une activité modérée des extraits méthanol et faible en ce qui concerne les extraits n-hexane et dichlorométhane (Middletona et al., 2005). Ces observations sont accompagnées d'une guérison accélérée des plaies qui serait consécutive à la présence d'acide shikimique (Altinyay et al., 2016). Cette espèce présente, tout comme le frêne, une activité antibiotique démontrée contre les huit bactéries testées et tout particulièrement contre *E.coli* (Middletona et al., 2005).

Il est à noter la toxicité élevée des extraits dichlorométhane et n-hexane du frêne par rapport à la faible toxicité de l'aulne (Middletona et al., 2005). Il n'est cependant pas fait référence d'une quelconque toxicité de ces arbres dans la littérature consultée.

Enfin, l'effet thérapeutique du lierre grimpant (*Hedera helix*) sur les rétentions placentaires des ruminants est aujourd'hui prouvé tout comme celui du genévrier commun (*Juniperus communis*) sur les endoparasites (Lans et al., 2007).

6 Effets indésirables

6.1 Composés indésirables des plantes

Suite à la consommation de ligneux, des effets négatifs peuvent apparaître, dépendant de la nature des composés, de la quantité ingérée et de l'espèce animale. Une étude sur les plantes médicinales sud-africaines a mis en évidence une cytotoxicité de plusieurs plantes (Selogatwe et al., 2021). Certaines plantes contiennent aussi des composés secondaires susceptibles de causer de l'anémie et de l'hémolyse (Attia et al., 2016). Le peuplier et le saule sont également connus pour accumuler, en parallèle des oligo-éléments essentiels avec le vieillissement des feuilles, de fortes concentrations en métaux lourds tels que le cadmium et le bore (Luske et Van Eekeren, 2018).

Une concentration supérieure à 50-55g de tanins par kg de MS entraîne une ingestion volontaire diminuée (Chebli et al., 2021 ; Besharati et al., 2022) mais cela dépend aussi de la source dont proviennent ces composés secondaires (Attia et al., 2016). Comme déjà mentionné, les tanins exercent également un effet négatif sur la digestibilité fourragère en cas de concentration trop importante (6-12% MS). Ils agissent par inhibition de l'action des enzymes ruminales et de l'activité microbienne induisant une limitation de la digestion des nutriments ainsi qu'une réduction de la production d'acides gras comme produits finaux. Une réduction de la productivité peut donc en découler (García et al., 2017). Ainsi, une absence d'effet voire une diminution de la production laitière est constatée en cas de supplémentation à l'aide de tanins de Quebracho chez les vaches en post-vêlage. Leur apport ne cause pas de maladies mais une concentration trop importante peut être délétère pour la reproduction (fertilité, nombre de follicules, taille folliculaire). Il est à noter aussi l'influence de la structure et de la réactivité variable de ces composés (Attia et al., 2016).

Lors de la réalisation de coprologie, une partie des œufs d'*Haemonchus contortus* est masquée suite à l'ingestion de saule par les agneaux. Cela fait suite à une probable liaison entre les œufs du parasite et des tanins insolubles eux-mêmes attachés aux fibres non digestibles, mais n'impactant pas la viabilité de ces œufs (Mupeyo et al., 2011).

D'autre part, l'hypoglycine A (HGA) est un composé issu des érables qui altère le métabolisme des acides gras chez l'animal. Très toxique pour les chevaux, il est susceptible de causer des intoxications subcliniques chez les ruminants domestiques soumis à de hautes concentrations. En effet, de l'HGA a pu être détecté dans le sang ou le lait de certains bovins. Ceux-ci semblent néanmoins être protégés grâce à leur système intestinal et particulièrement le rumen qui transforme (détruit et/ou métabolise probablement) l'HGA avant sa possible absorption dans l'intestin grêle. Les vaches seraient même les moins sensibles des ruminants grâce à l'importante taille de leur cuve de fermentation, un petit sac ventral et un contenu peu liquide, induisant un long temps de rétention qui serait déterminant pour leur résistance à l'HGA (Renaud et al., 2022).

Une autre intoxication connue est celle par les chênes, très toxiques pour les vaches contrairement aux chèvres et aux moutons. Ces arbres contiennent des acides galliques et des tanins dont les concentrations diminuent avec l'avancement de la saison pour les feuilles et la maturité pour les glands. Les symptômes observés sont l'anorexie, l'apathie et la polyurie. A l'autopsie, des lésions digestives ulcéraires, de l'œdème et des hémorragies rénales ont été constatés avec une nécrose tubulaire à l'histopathologie. Malheureusement, la détection de la

maladie est tardive, quand les reins sont déjà très atteints (Eppe et al., 2023).

En Turquie, ce sont des agneaux qui sont morts (7 sur 92) suite à une supplémentation à raison de 150g de feuilles de chêne par jour et par animal pendant 10 à 13 jours. Ces animaux ont présenté des symptômes similaires. Dans cet article, le jeune âge des agneaux touchés et la concentration élevée en tanins dans les chênes (200g/kg) pourrait expliquer la mortalité observée. Cependant, de nombreux animaux ont survécu. C'est pourquoi des mécanismes d'adaptations sont suggérés, tels que la production de protéines salivaires par les moutons, liant les tanins de façon spécifique et l'adaptation du microbiote ruminal pour fabriquer des enzymes contre ces composés toxiques. Aussi, une consommation répétée de petites quantités de chêne avant une consommation plus importante pourrait éviter les intoxications (Eroksuz et al., 2013). Une intoxication chronique est cependant possible, essentiellement chez les vaches de plus de deux ans suitées, consommant les produits du chêne (feuilles, glands, bourgeons). L'ingestion d'une grande quantité de glands, associée à une faible quantité de fourrage pendant le second trimestre de gestation, peut également entraîner des malformations chez les veaux. Néanmoins, les races pures, originaire du Portugal (Mertolengo) et d'Espagne (Morucha, Rentinta et l'Avilena) semblent résistantes à ces intoxications, contrairement aux croisements avec des races françaises (Blonde d'Aquitaine, Charolaise, Limousine) (Frias et al., 2019).

6.2 Inconvénients des arbres

La production de matière sèche utile à l'hectare reste faible. Ainsi, le saule (proche du peuplier et du frêne) peut produire jusqu'à 7,2T de MS/ha desquels 15 à 19% sont valorisables en tant que nourriture pour les animaux, soit $7,2 * 15 / 100 = 1,08T/ha$ quand un ray-grass peut produire 9,8-10,9T/ha sur une saison (Vandermeulen et al., 2017). On peut donc y voir un rapport de 1 à 10. Une autre étude mentionne, elle, jusqu'à 5,9T MS de saule par ha si la plantation est dense (Pitta et al, 2005).

De plus, intégrer des arbres dans une pâture peut en réduire la productivité par compétition (ombre, nutriments du sol) qui dépend des espèces d'arbres et d'herbes. L'ombre et l'humidité peuvent cependant être bénéfiques en été. Le manque de connaissance et de technicité, essentiellement en région tempérée, reste également un frein à l'utilisation des fourrages ligneux. Une autre limitation concerne les contraintes administratives ainsi que le coût engendré par les arbres : implantation, travail supplémentaire, gênant pour la mécanisation (Vandermeulen et al., 2017).

7 Effets positifs de l'agro-foresterie

7.1 Effets sur l'environnement

Les tanins, en liant les protéines dans le rumen, peuvent interagir avec les micro-organismes de la flore et peuvent ainsi diminuer les émissions de méthane sans réduction des performances (Besharati et al., 2022). Ainsi, des vaches laitières supplémentées à hauteur de 3g de *Lotus corniculatus* par kg de MS émettent 13% de méthane en moins (soit une diminution de 19,9g/kg MS/jour) et 32% de méthane en moins par kg de lait produit. Cet effet est expliqué à plus de 65% par les tanins condensés issus de la plante (Tedeschi et al., 2014). Un autre effet supplémentaire est le basculement de l'excrétion azotée des urines (protoxyde d'azote et perte d'azote par volatilisation) vers une élimination par les fèces. Cela présente un effet positif sur les sols grâce à une meilleure valorisation de l'azote (Vandermeulen et al., 2017).

Au niveau bioclimatique, planter des arbres et arbustes provoque une amélioration de la qualité de l'air (limite les odeurs) et de l'eau (diminution de l'érosion). De plus, ces plantes participent au stockage du carbone et améliorent la qualité des sols par le cycle des nutriments. Enfin, les arbres et arbustes légumineux, ayant la capacité de fixer l'azote atmosphérique (tels que l'aulne (Luske et Van Eekeren, 2018)) peuvent produire des protéines tout en améliorant la fertilité des sols avec un effet positif sur les plantes voisines (Vandermeulen et al., 2017). Ainsi, un article fait mention d'une herbe plus riche et plus diversifiée en lisière suite à l'existence de broussailles légumineuses (Meuret et Agreil, 2007).

En outre, l'implantation de saules permet d'utiliser des zones à faible productivité et humides comme en Nouvelle-Zélande où, avant leur implantation, la surface marécageuse était mal drainée, couverte de joncs avec peu d'herbe. Suite aux plantations, ces surfaces se sont asséchées et couvertes d'herbes non semées dont des légumineuses (Pitta et al., 2005).

Pour finir, l'implantation de plantes ligneuses peut offrir un habitat pour la faune et la flore et en région méditerranéenne, le pâturage caprin réduit le risque d'incendie (Vandermeulen et al., 2017).

7.2 Effets sur le bien-être animal

Les 5 libertés définissent le bien-être animal : bien nourri, pas d'inconfort, pas de douleur ou de maladie, possibilité d'exprimer un comportement naturel et absence de peur ou de stress.

Ainsi, proposer une nourriture diversifiée à un animal lui permet d'exprimer son comportement normal de sélection pour satisfaire ses besoins nutritionnels et réduire son stress. Cela permet

alors d'améliorer les performances et la rentabilité pour l'exploitant (Manteca et al., 2008). De plus, les arbres et arbustes fournissent des abris naturels face aux conditions météorologiques extrêmes tels que le vent et la pluie mais aussi les canicules. Leur consommation permet en outre une réduction du parasitisme (Vandermeulen et al., 2017). L'utilisation de fourrages ligneux permet donc de répondre aux principaux besoins relatifs au bien-être animal.

8 Gestion pratique d'un système agro-forestier

8.1 Gestion de la complémentation

Un mélange de différentes espèces ligneuses est probablement le meilleur choix pour intégrer des arbres fourragers dans la ration des vaches. Cela minimise le risque d'ingestion d'éléments antinutritionnels et en même temps maximise la supplémentation en protéines et macro-/oligo-éléments (Luske et Van Eekeren, 2018) pour subvenir aux besoins des animaux, notamment en cas de pénurie d'herbe (Vandermeulen et al., 2017).

Comme vu précédemment, bien que non significative, la perte de poids de vaches non complémentées était plus importante que pour celles ayant eu accès aux arbres. Cependant, une faible différence a été constatée entre une supplémentation élevée (3,5kg MS/vache/j) par rapport à une faible (1,75kg MS/vache/jour). Cela suggère de préférer une complémentation plus faible, permettant de disposer de fourrage plus longtemps (Moore et al., 2003). Par contre, une absence d'amélioration des paramètres de reproduction en espèce ovine a été constatée en cas d'accès limité aux arbres en comparaison à un accès libre. L'ingestion de protéines et de tanins supplémentaires n'avait pas entraîné de différence (Pitta et al., 2005).

8.2 Techniques de gestion

Couper et transporter les branchages issus de la taille de saule est laborieux. Or, on peut facilement éviter cette étape puisqu'il a été prouvé que la conduite de saule en taillis avec libre accès des vaches pour les brouter est possible. Cependant, une forte interaction supplémentation/temps a été mise en évidence dans la complémentation des bovins. Ainsi, cette espèce nécessite une période d'adaptation initiale à ce nouvel aliment, avec une ingestion de matière sèche qui augmente tout au long de l'expérience (81jours). C'est pourquoi, il est conseillé de commencer la supplémentation plus tôt en été pour nourrir plus longtemps avec ce fourrage et en maximiser le bénéfice. De plus, comme vu plus haut, une complémentation plus faible est possible (4kg de matière fraîche/vache/jour) et permet de disposer de fourrage plus longtemps (Moore et al., 2003).

En cas de pâturage direct sur les arbres, il est préférable de mettre des plantes ayant une appétibilité similaire pour éviter le surpâturage des plus appétentes. Il convient que les espèces soient tenues à une taille correcte en fonction du bétail pâturant : maximum 40cm en élevage ovin contre 3m pour les bovins. Une possibilité résulte en la complémentarité entre espèces, utilisée en Nouvelle-Zélande sur des saules : les moutons en premier suivis par les vaches.

La sensibilité des plantes au pâturage (régénération) par les grands animaux varie en fonction des espèces ligneuses et animales : la chèvre nécessite une gestion plus compliquée que la vache laitière et le frêne souffre davantage du pâturage ovin que l'érable (Vandermeulen et al., 2017). Dans une étude réalisée en Scandinavie, il est apparu que le saule et davantage le sorbier des oiseleurs semblent être adaptés à cette gestion grâce à leur pousse rapide malgré une petite taille, une vie courte et une croissance sympodiale (bourgeon apical dégénéré obligeant la tige à pousser de façon sinueuse) qui sont des facteurs adverses. Par ailleurs, le saule s'avère plus exigeant sur la qualité du sol et la quantité de lumière mais ces deux espèces présentent une appétibilité similaire (Mylking et al., 2013).

Toujours en ce qui concerne le saule, le coût d'implantation peut être réduit, en utilisant des branches dépourvues de racines (moins cher et plus simple à manipuler) qui permettront in fine la même production. Une option consiste en l'utilisation de rangs d'arbustes en association avec la prairie. Dans cette expérience, l'accès libre sans restriction entraîne de meilleures performances grâce à une ingestion augmentée de protéines et de tanins. De plus, la gestion s'avère moins chronophage et plus pratique. Par ailleurs, en Nouvelle-Zélande, un système de 3 pâturages par an est proposé pour obtenir une meilleure valeur nutritive des saules et de l'herbe associée. Ainsi, il est possible de réaliser un pâturage fin d'été avec les brebis en période de reproduction suivi d'un pâturage par des bovins en automne (réduction de la hauteur des arbres éventuellement accompagné d'un contrôle manuel) et à nouveau des moutons en fin d'hiver pour limiter la quantité de matière morte, peu nutritive lors des passages suivants. Un quatrième passage est, éventuellement envisageable avec des agneaux en fin de printemps (Pitta et al., 2005).

Si une gestion humaine est choisie, différentes méthodes de coupes sont possibles : déchiqeter, en taillis (coupe à 0,3-0,5m) ou en têtard/trogne (protège l'arbre du pâturage sur un tronc de 1,5-2,5m). Traditionnellement utilisé en Grèce sur les chênes et les hêtres, ces techniques sont progressivement tombées en désuétude (Vandermeulen et al., 2017).

De par la gestion de taillis comme c'est le cas en Nouvelle-Zélande sur des saules ou des peupliers plantés contre l'érosion, les vaches peuvent ingérer de 0,5 à plus de 3kg MS/jour de

branchages laissés entiers au sol. Aux Pays-Bas, des méthodes de récolte mécanisée pour les saules, les frênes et les noisetiers sont apparues pour la coupe et le transport vers les vaches laitières.

Enfin, faire un mixte entre les arbres et l'herbe permet de diversifier la ration des animaux en satisfaisant des préférences et nécessités individuelles, notamment pour faire face aux toxines et parasites. Ainsi, l'agneau parasité effectue une automédication en ingérant davantage de plantes contenant des tanins (Vandermeulen et al., 2017).

8.3 Conservation des fourrages ligneux

La récolte de feuilles et brindilles (y compris des conifères) pour nourrir le bétail l'hiver est probablement la plus vieille méthode de récolte de fourrages en Europe. Elle est encore utilisée dans les régions subtropicales d'Asie et d'Afrique (Hejcman et al., 2016). D'autres articles scientifiques mentionnent l'usage de foin de feuilles issues du frêne, du tilleul et surtout de l'orme comme nourriture pour les moutons, chèvres et chevaux en Autriche, France, Grèce, Italie mais aussi en Suède et dans les autres pays scandinaves (Luske et Van Eekeren, 2018 ; Hejcmanová et al., 2014). Le temps nécessaire à l'emploi de cette méthode a entraîné sa disparition. De plus, le séchage peut diminuer la digestibilité, comme c'est le cas pour *Calliandra calothyrsus* une légumineuse exotique. L'ensilage de saule a, quant à lui, été testé aux Pays-Bas et en Angleterre mais l'appétence et la digestibilité en reste inconnues. Notons encore que les légumineuses ligneuses pourraient présenter un ensilage de qualité de par une faible dégradation protéique lors de la fermentation anaérobie grâce à leur teneur en tanins (Vandermeulen et al., 2017).

9 Conclusion

Il ressort de ce travail que l'alimentation à base d'arbres et arbustes ne permet pas d'atteindre un objectif de production maximal car le bovin, contrairement à la chèvre, ne peut pas entièrement baser sa ration sur des fourrages ligneux. En effet, leur valeur fourragère est généralement inférieure à l'herbe. Cependant, une complémentation à l'aide d'un mélange réfléchi des espèces les plus digestes (saule, frêne, aulne, ...) peut être bénéfique. Une amélioration de leurs performances de production ou au minimum une limite des pertes en cas de sécheresse est possible grâce à une teneur en énergie métabolisable et en azote relativement stable au cours des saisons.

Par ailleurs, les tanins présents peuvent aussi apporter de nombreux avantages en fonction de leur origine et de leur concentration : une augmentation en quantité et en qualité des productions

(lait, viande), une amélioration des paramètres de reproduction et un point important : ils limitent le parasitisme de façon naturelle. Une réduction des émissions de gaz à effet de serre est aussi constatée.

D'autres substances, espèces dépendantes pourraient avoir un effet anti-inflammatoire intéressant. De plus, un effet positif direct sur le bien-être animal est possible suite à l'expression du comportement de choix et la formation d'abris naturels par les arbres. Il peut donc être très utile de développer, en fonction de la ferme, un système fonctionnel (pâturage ou coupe contrôlée) d'usage de cette ressource.

Bibliographie

- Abdel-Razik M, Ayyad M, Heneidy S. Preference of grazing mammals for forage species and their nutritive value in a Mediterranean desert ecosystem (Egypt). *Journal of Arid Environments*. 1988;15(3):297-305. doi:10.1016/S0140-1963(18)31066-8
- Altınyay, Ç., Süntar, I., Altun, L., Keleş, H., & Akkol, E. K. (2016). Phytochemical and biological studies on *Alnus glutinosa* subsp. *glutinosa*, *A. orientalis* var. *orientalis* and *A. orientalis* var. *pubescens* leaves. *Journal of ethnopharmacology*, 192, 148-160.
- Attia, M. F., El-Din, A. N. N., El-Zarkouny, S. Z., El-Zaiat, H. M., Zeitoun, M. M., & Sallam, S. M. (2016). Impact of Quebracho tannins supplementation on productive and reproductive efficiency of dairy cows. *Open Journal of Animal Sciences*, 6(04), 269. doi : 10.4236/ojas.2016.64032
- Barry TN, McNabb WC. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *Br J Nutr*. 1999;81(4):263-272. doi:10.1017/S0007114599000501
- Bedford, A., & Gong, J. (2018). Implications of butyrate and its derivatives for gut health and animal production. *Animal Nutrition*, 4(2), 151-159. doi : 10.1016/j.aninu.2017.08.010
- Besharati M, Maggiolino A, Palangi V, et al. Tannin in Ruminant Nutrition: Review. *Molecules*. 2022;27(23):8273. doi:10.3390/molecules27238273
- Bestman M, Eekeren NV, Luske B, et al. Introducing trees in dairy and poultry farms. Experiences dairy and poultry farmers' networks in The Netherlands. Published online 2014.
- Cardot, V, Le Roux, Y, & Jurjanz, S (2008). Drinking behavior of lactating dairy cows and prediction of their water intake. *Journal of dairy science*, 91(6), 2257-2264. doi:10.3168/jds.2007-0204.
- Chebli Y, El Otmani S, Chentouf M, Hornick JL, Cabaraux JF. Temporal Variations in Chemical Composition, In Vitro Digestibility, and Metabolizable Energy of Plant Species Browsed by Goats in Southern Mediterranean Forest Rangeland. *Animals*. 2021;11(5):1441. doi:10.3390/ani11051441
- Correa, P. S., Mendes, L. W., Lemos, L. N., Crouzoulon, P., Niderkorn, V., Hoste, H., ... & Louvandini, H. (2020). Tannin supplementation modulates the composition and function of ruminal microbiome in lambs infected with gastrointestinal nematodes. *FEMS Microbiology Ecology*, 96(3), fiaa024. doi : 10.1093/femsec/fiaa024
- Cuvelier, C., Hornick, J. L., Beckers, Y., Froidmont, E., Knapp, E., Istasse, L., & Dufrasne, I. (2015). L'alimentation de la vache laitière physiologie et besoins. *Livret de l'agriculture*, université de Liège. 67p.
- Douglas GB, Barry TN, Faulknor NA, et al. Willow coppice and browse blocks: establishment and management. *NZGA R&P Series*. 2003;10:41-51. doi:10.33584/rps.10.2003.2984
- Drury S. Herbal Remedies for Livestock in Seventeenth and Eighteenth Century England: Some Examples. *Folklore*. 1985;96(2):243-247. doi:10.1080/0015587X.1985.9716353
- Drury, Susan. "Herbal remedies for livestock in seventeenth and eighteenth century England: some examples." *Folklore* 96.2 (1985): 243-247. doi:10.1080/0015587X.1985.9716353

- Emile JC, Barre P, Delagarde R, Niderkorn V, Novak S. Les arbres, une ressource fourragère au pâturage pour des bovins laitiers? Published online 2017.
- Eppe J, Bayrou C, Casalta H, et al. Oak Acorn Poisoning in Cattle during Autumn 2022: A Case Series and Review of the Current Knowledge. *Animals*. 2023;13(16):2678. doi:10.3390/ani13162678
- Eroksuz Y, Dabak M, Eroksuz H, Baydar E, Turkoglu I, Yilmaz I. Acute oak (*Quercus infectoria*) toxicosis in lambs. *Revue Méd Vét*. Published online 2013.
- Farney JK, Mamedova LK, Coetzee JF, et al. Anti-inflammatory salicylate treatment alters the metabolic adaptations to lactation in dairy cattle. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2013;305(2):R110-R117. doi:10.1152/ajpregu.00152.2013
- Frias C, Simões PBA, Cota J, et al. Case Report - Chronic oak toxicity (*Quercus suber*) in beef cattle in the south of Portugal: 17 cases (2014- 2018). Published online 2019.
- García EM, Cherry N, Lambert BD, Muir JP, Nazareno MA, Arroquy JI. Exploring the biological activity of condensed tannins and nutritional value of tree and shrub leaves from native species of the Argentinean Dry Chaco. *J Sci Food Agric*. 2017;97(14):5021-5027. doi:10.1002/jsfa.8382
- Giger S, Sauvant D, Hervieu J, Dorleans M. Étude de la prévision de la digestibilité des rations mixtes distribuées à des chèvres laitières par ses caractéristiques analytiques. *Ann Zootech*. 1986;35(2):137-160. doi:10.1051/animres:19860204
- Hejzman M, Hejzmanová P, Pavlů V, Thorhallsdottir AG. Forage quality of leaf fodder from the main woody species in Iceland and its potential use for livestock in the past and present. *Grass and Forage Science*. 2016;71(4):649-658. doi:10.1111/gfs.12224
- Hejzman M, Hejzmanová P, Stejskalová M, Pavlů V. Nutritive value of winter-collected annual twigs of main European woody species, mistletoe and ivy and its possible consequences for winter foddering of livestock in prehistory. *The Holocene*. 2014;24(6):659-667. doi:10.1177/0959683614526904
- Hejzmanová P, Stejskalová M, Hejzman M. Forage quality of leaf-fodder from the main broad-leaved woody species and its possible consequences for the Holocene development of forest vegetation in Central Europe. *Veget Hist Archaeobot*. 2014;23(5):607-613. doi:10.1007/s00334-013-0414-2
- Hoste H, Brunet S, Paolini V, et al. Compared in vitro anthelmintic effects of eight tannin-rich plants browsed by goats in the southern part of France. (85).
- Informations sur les médicaments vétérinaires en Belgique | VetCompendium. <https://www.vetcompendium.be/fr> (accessed 25.05.24)
- Kemp PD, Mackay AD, Matheson LA, Timmins ME. The forage value of poplars and willows. *ProNZG*. Published online January 1, 2001:115-119. doi:10.33584/jnzc.2001.63.2444
- Khosroyar, S., & Arastehnodeh, A. (2018). Comparison of anti-inflammatory and antioxidant capacity of alcoholic extraction of *fraxinus fxcelsior* and *melilotus officinalis* plant. *Plant Archives*, 18(1), 443-448.

- Kovács, L., Pajor, F., Bakony, M., Fébel, H., & Edwards, J. E. (2023). Parturition Magnesium Butyrate Supplementation of Dairy Cows Improves Colostrum Yield, Calving Ease, Fertility, Early Lactation Performance and Neonatal Vitality. *Animals*, 13(8), 1319. doi : 10.3390/ani13081319
- Lans, C., Turner, N., Khan, T., Brauer, G., & Boepple, W. (2007). Ethnoveterinary medicines used for ruminants in British Columbia, Canada. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 3, 1-22. doi : 10.1186/1746-4269-3-11
- Luske B, Van Eekeren N. Nutritional potential of fodder trees on clay and sandy soils. *Agroforest Syst.* 2018;92(4):975-986. doi:10.1007/s10457-017-0180-8
- Mahieu, Stéphanie. "Mineral composition of ash leaves (*Fraxinus excelsior* L.) used as fodder for the ruminants in summer." European Agroforestry Conference-Agroforestry as Sustainable Land Use, 4th. EURAF, 2018.
- Manteca X, Villalba JJ, Atwood SB, Dziba L, Provenza FD (2008) Is dietary choice important to animal welfare? *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research* 3, 229–239. doi:10.1016/j.jveb.2008.05.005
- Meuret, M, & Agreil, C (2007). Des broussailles au menu. Des broussailles au menu (2007).
- Middletona, P., Stewart, F., Al-Qahtania, S., Egana, P., O'Rourke, C., Abdulrahmana, A., ... & Sarker, S. D. (2005). Antioxidant, Antibacterial Activities and General Toxicity of *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior* and *Papaver rhoeas*. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 2, 81-86. Doi : 10.22037/ijpr.2010.620
- Moore KM, Barry TN, Cameron PN, Lopez-Villalobos N, Cameron DJ. Willow (*Salix* sp.) as a supplement for grazing cattle under drought conditions. *Animal Feed Science and Technology*. 2003;104(1-4):1-11. doi:10.1016/S0377-8401(02)00326-7
- Mupeyo B, Barry TN, Pomroy WE, Ramirez-Restrepo CA, López-Villalobos N, Pernthaner A. Effects of feeding willow (*Salix* spp.) upon death of established parasites and parasite fecundity. *Animal Feed Science and Technology*. 2011;164(1-2):8-20. doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.11.015
- Myking, T, Solberg, EJ, Austrheim, G, Speed, JD, Bøhler, F, Astrup, R, & Eriksen, R (2013). Browsing of willow (*Salix caprea* L.) and rowan (*Sorbus aucuparia* L.) in the context of life history strategies: a literature review. *European Journal of Forest Research*, 132, 399-409. doi:10.1007/s10342-013-0684-3
- Phillips, HN, Sharpe, KT, Endres, MI, & Heins, BJ (2022). Effects of oral white willow bark (*Salix alba*) and intravenous flunixin meglumine on prostaglandin E2 in healthy dairy calves. *JDS communications*, 3(1), 49-54. doi:10.3168/jdsc.2021-0138.
- Pitta DW, Barry TN, Lopez-Villalobos N, Kemp PD. Effects on ewe reproduction of grazing willow fodder blocks during drought. *Animal Feed Science and Technology*. 2005;120(3-4):217-234. doi:10.1016/j.anifeedsci.2005.02.030
- Prodanović, R., Nedić, S., Vujanac, I., Bojkovski, J., Nedić, S., Jovanović, L., ... & Borozan, S. (2023). Dietary supplementation of Chestnut tannins in Parturition dairy cows improves antioxidant defense mechanisms interacting with thyroid status. *Metabolites*, 13(3), 334. doi : 10.3390/metabo13030334

Qasaymeh, R. M., Rotondo, D., & Seidel, V. (2023). Phytochemical study and immunomodulatory activity of *Fraxinus excelsior* L. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 75(1), 117-128.

Renaud B, Kruse CJ, François AC, et al. *Acer pseudoplatanus*: A Potential Risk of Poisoning for Several Herbivore Species. *Toxins*. 2022;14(8):512. doi:10.3390/toxins14080512

Sanon HO, Kaboré-Zoungrana C, Ledin I. Behaviour of goats, sheep and cattle and their selection of browse species on natural pasture in a Sahelian area. *Small Ruminant Research*. 2007;67(1):64-74. doi:10.1016/j.smallrumres.2005.09.025

Selogatwe KM, Asong JA, Struwig M, Ndou RV, Aremu AO. A Review of Ethnoveterinary Knowledge, Biological Activities and Secondary Metabolites of Medicinal Woody Plants Used for Managing Animal Health in South Africa. *Veterinary Sciences*. 2021;8(10):228. doi:10.3390/vetsci8100228

SPW. Eco-régime maillage écologique (Nouveauté 2024) - Portail de l'agriculture wallonne. Agriculture en Wallonie. <http://agriculture.wallonie.be/cms/render/live/fr/sites/agriculture/home/aides/pac-2023-2027-description-des-interventions/eco-regimes-nouveaute-2024/eco-regime-maillage-ecologique-nouveaute-2024.html> (accessed 25.05.24)

Tedeschi, L. O., Ramírez-Restrepo, C. A., & Muir, J. P. (2014). Developing a conceptual model of possible benefits of condensed tannins for ruminant production. *Animal*, 8(7), 1095-1105. doi: 10.1017/S1751731114000974

Vandermeulen S, Ramírez-Restrepo CA, Beckers Y, Claessens H, Bindelle J. Agroforestry for ruminants: a review of trees and shrubs as fodder in silvopastoral temperate and tropical production systems. *Anim Prod Sci*. 2018;58(5):767. doi:10.1071/AN16434

Vandermeulen S, Ramírez-Restrepo CA, Marche C, Decruyenaere V, Beckers Y, Bindelle J. Behaviour and browse species selectivity of heifers grazing in a temperate silvopastoral system. *Agroforest Syst*. 2018;92(3):705-716. doi:10.1007/s10457-016-0041-x