



# Arbres et buissons fourragers

**Pierre Mariotte**  
Julie Botzas-Coluni  
Elisa Manzocchi  
Myriam Rothacher  
Patrick Ledermann  
Massimiliano Probo

Journée annuelle de  
l'IG Agroforst 2024

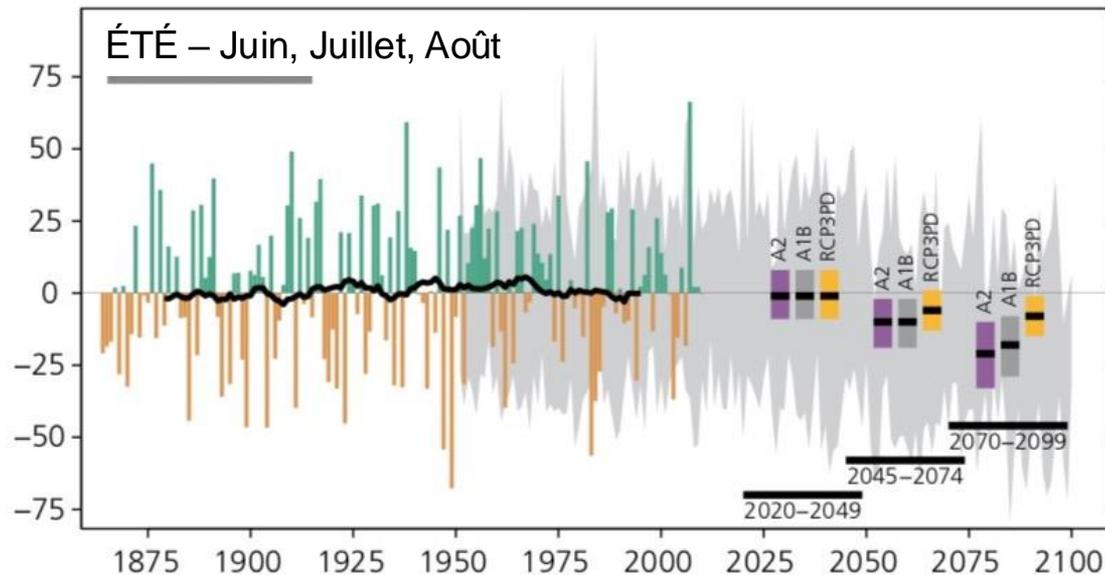
*Oberrüti, 27.09.2024*



# Défis de la production fourragère

- Augmentation des sécheresses estivales depuis quelques années
- Besoin en fourrages indigènes augmente fortement (100% en Bio en 2022)

## Sécheresse en Suisse



Rapport CH2018

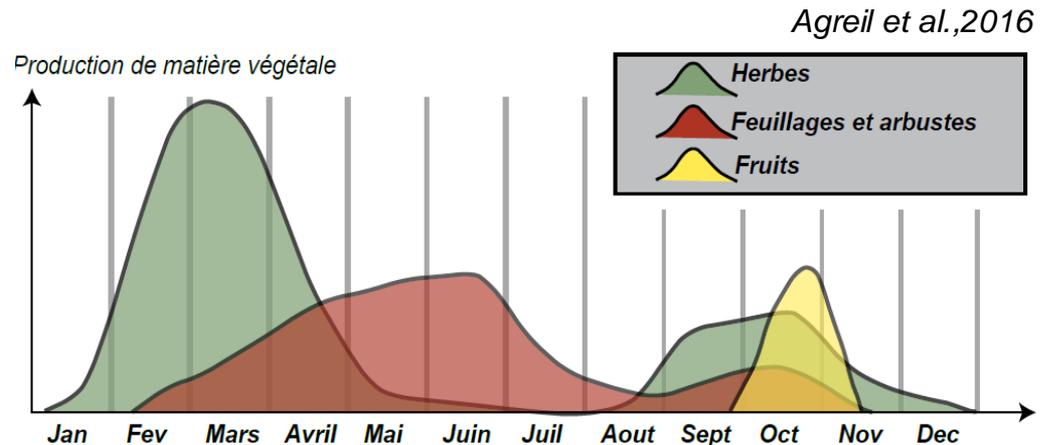
Sécheresses estivales pouvant aller jusqu'à -70% de précipitation à la fin du siècle



# Intérêt des arbres fourragers



- Résistance à la sécheresse et maintien de la production et qualité des feuilles en été.
- Système racinaire profond permettant de puiser l'eau et les éléments nutritifs en profondeur.
- Consommé par plusieurs catégories animales.
- Bonne qualité fourragère des feuilles d'arbres, souvent meilleure que l'herbe, surtout en été.





# Critères de choix des arbres fourragers

- Caractéristiques pédo-climatiques
- Production de MS
- Résistance à la coupe - broutage
- Caractéristiques chimiques des feuilles :
  - Protéine élevée)
  - Lignocellulose faible
  - Tannins modérés
  - Toxicité faible
- Digestibilité élevée (jusqu'à 80%, comparable aux herbages)
- Préférences des animaux





# Projet AgroForageTree

Arbres fourragers	Digestibilité	Protéine	P	K	Ca	Mg	Tannins condensés
Murier blanc ( <i>Morus alba</i> )	87	153	2.4	23.7	31.3	3.0	2
Tilleul à grandes feuilles ( <i>Tilia platyphyllos</i> )	87	161	3.1	14.0	31.6	4.3	26
Frêne à fleurs ( <i>Fraxinus ornus</i> )	75	140	1	13.5	35.0	6.0	2
Aulne de Corse ( <i>Alnus cordata</i> )	61	171	1.4	11.9	15.6	1.8	13
Saule marsault ( <i>Salix caprea</i> )	77	160	3.5	17.6	15.4	1.5	39

**Table 1 : Valeurs moyennes de fin d'été pour la digestibilité enzymatique (% matière sèche, MS), la teneur en protéines, le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) (g/kg MS) et la teneur en tanins condensés (g/kg MS) des cinq espèces d'arbres fourragers sélectionnées pour l'expérience. Coût par arbre 2.5 à 3 CHF.**

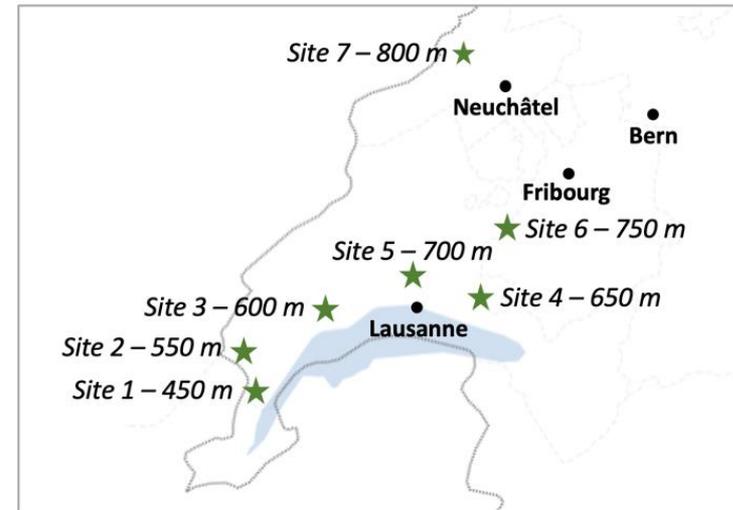
- Sélection basée sur :
  - la meilleure qualité fourragère
  - l'adaptation au climat suisse
  - les besoins limités en eau et la croissance sur tous types de sols
  - la résistance au gel et à la sécheresse



# Sites expérimentaux

7 sites représentatifs des situations de croissance bien différenciées en suisse romande

6 sites inclus dans le projet Agro4estrie + la ferme école bio de Sorens (Grangeneuve, FR)



Site	Altitude (m)	Precip. moy. annuelle (mm)	Température moy. annuelle (°C)	Catégorie d'animaux
Crassier	450	900	11	Vaches laitières
Chéserex	550	1000	9.5	Chevaux
Yens	600	1100	9	Vaches allaitantes, chevaux
Palézieux	650	1300	8.5	Chèvres
Carrouge-Vaud	700	1300	8	Vaches allaitantes, chevaux
Sorens	750	1400	7	Vaches laitières
Cernier	800	1600	5	Vaches laitières

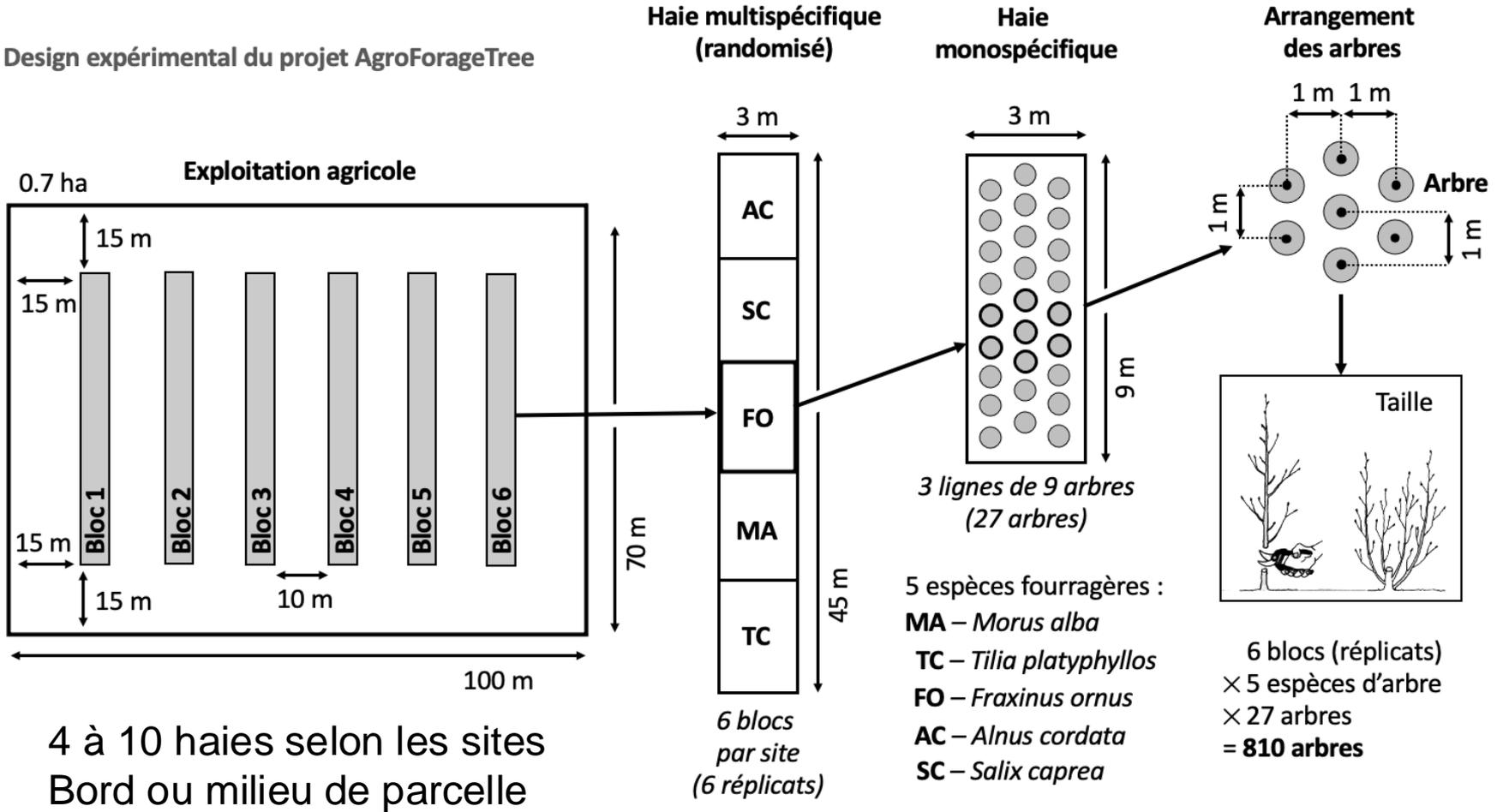
Gradient d'altitude et climatique

Différentes catégories d'animaux



# Design expérimental

Design expérimental du projet AgroForageTree





# Protocole technique

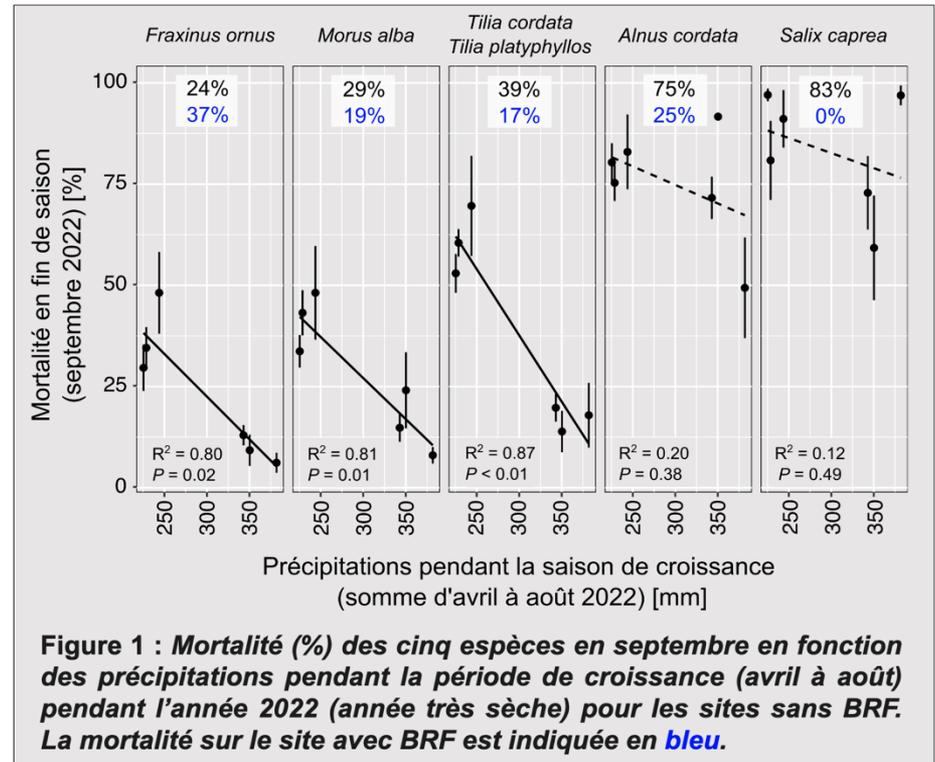
## Plantation mécanisée (2021)





# Impacts de la sécheresse (2022)

- Impact très négatif de la sécheresse la première année après la plantation.
- Plus forte mortalité aux sites de basse altitude (sécheresse plus marquée).

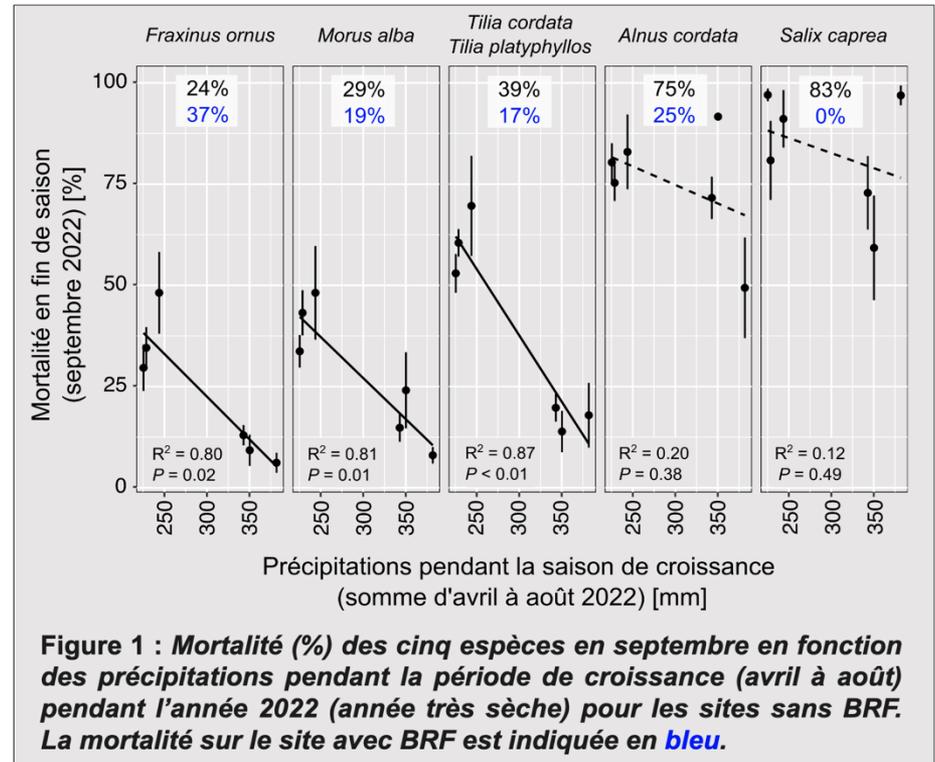


**Figure 1 : Mortalité (%) des cinq espèces en septembre en fonction des précipitations pendant la période de croissance (avril à août) pendant l'année 2022 (année très sèche) pour les sites sans BRF. La mortalité sur le site avec BRF est indiquée en bleu.**



# Impacts de la sécheresse (2022)

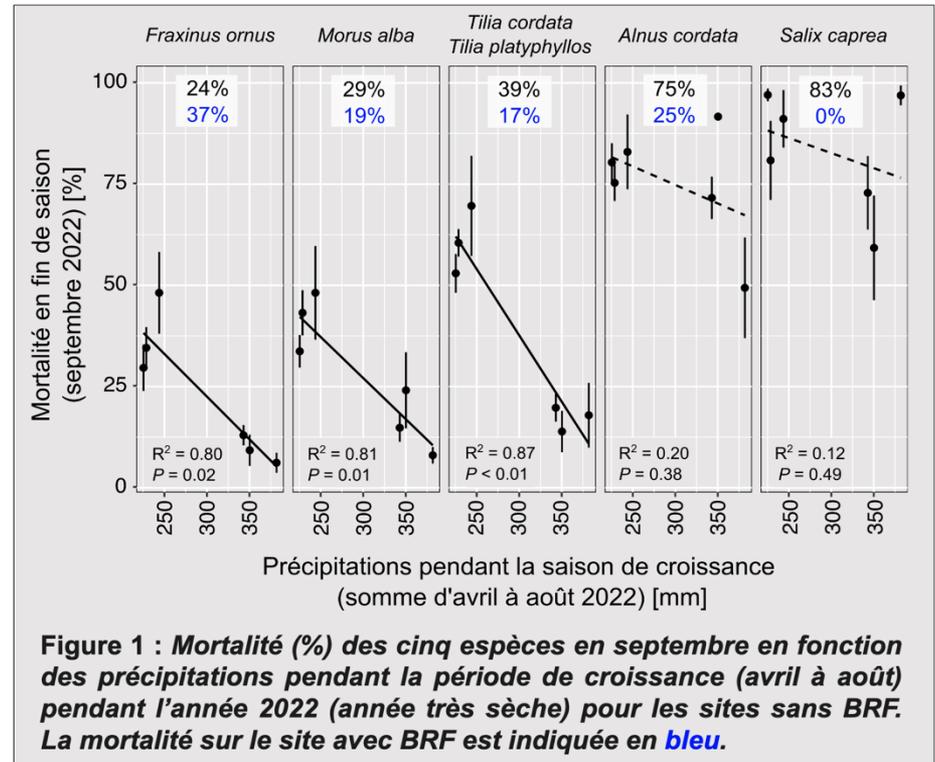
- Impact très négatif de la sécheresse la première année après la plantation.
- Plus forte mortalité aux sites de basse altitude (sécheresse plus marquée).
- Mortalité différente selon les espèces.
- Le frêne à fleurs est le plus résistant à la sécheresse alors que les jeunes saules et aulnes ne sont pas résistants à la sécheresse.
- L'ajout de BRF et l'arrosage permettent de limiter la mortalité.





# Impacts de la sécheresse (2022)

- Impact très négatif de la sécheresse la première année après la plantation.
- Plus forte mortalité aux sites de basse altitude (sécheresse plus marquée).
- Mortalité différente selon les espèces.
- Le frêne à fleurs est le plus résistant à la sécheresse alors que les jeunes saules et aulnes ne sont pas résistants à la sécheresse.
- L'ajout de BRF et l'arrosage permettent de limiter la mortalité.



Remplacement de tous les arbres morts fin 2022. Quelques arrosages en 2023 et ajout de BRF en 2023-2024 sur tous les sites. Mortalité faible en 2023 et 2024 (<10%).



# Objectifs et mesures

1

Suivi de la survie et de la croissance des espèces d'arbres fourragers le long d'un gradient climatique et altitudinal

Diamètre et nombre de branches, absorption de carbone au niveau des feuilles et efficacité de l'utilisation de l'eau pour chaque espèce d'arbre sur chaque site.



2

Détermination de la production de feuilles, qualité fourragère et digestibilité des feuilles des arbres fourragers

Nombre de feuilles, traits fonctionnels foliaires (SLA, LDMC), composition proximale, phénols et tannins condensés.



3

Étude de l'impact des haies fourragères sur la biodiversité et les services écosystémiques

Humidité et respiration du sol, carbone organique et azote du sol sous et autour des haies, biodiversité (oiseaux, chauves-souris, sauterelles, pollinisateurs, plantes) et production herbagère



4

Évaluer l'appétence et la sélection des espèces d'arbres par les différentes catégories de bétail

Digestibilité des feuilles et émissions de gaz à effet de serre (*in vitro*), consommation de feuilles (comptage des feuilles avant/après pâture), suivi GPS des animaux.



5

Évaluation économique à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation selon différents scénarios climatiques

Coût de plantation et d'entretien (arrosage, paillage, main d'œuvre) et bénéfices (rendements fourragers, biochar avec les branches, production de lait)



Durée du projet : 4 ans (2024-2028)

1 doctorante et 2 postdocs



# Mesures de terrain (2024)

- Mesure du diamètre des arbres (5 individus x 5 espèces x 4 haies x 6 sites) en août 2024, 600 arbres au total (20 arbres par espèce par site).

→ Calcul de l'aire basale des arbres.

- Comptage du nombre de feuilles des 600 arbres en août et calcul de la biomasse moyenne des feuilles de chaque espèce sur chaque site.

→ Estimation du rendement fourrager.

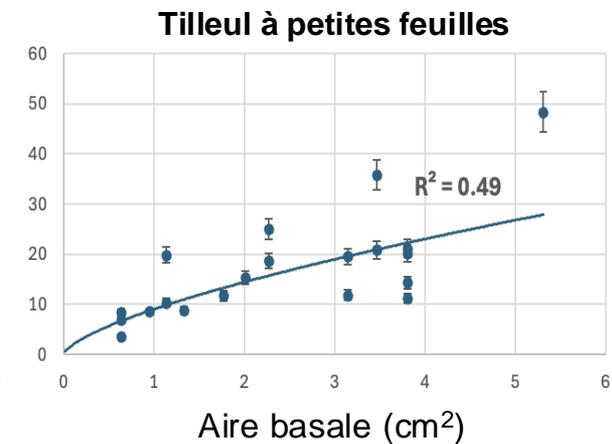
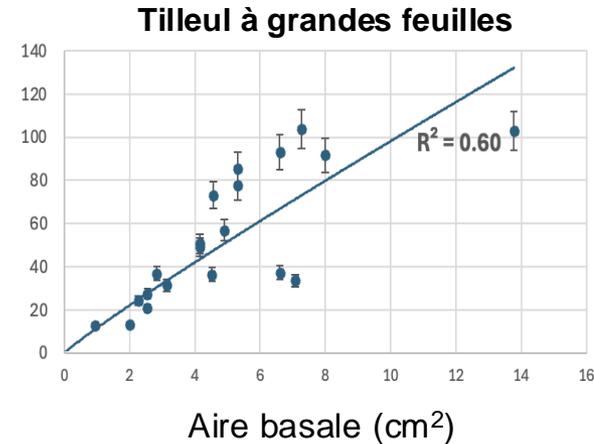
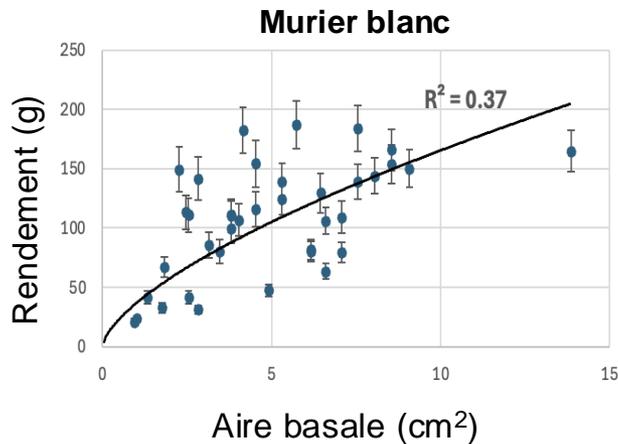
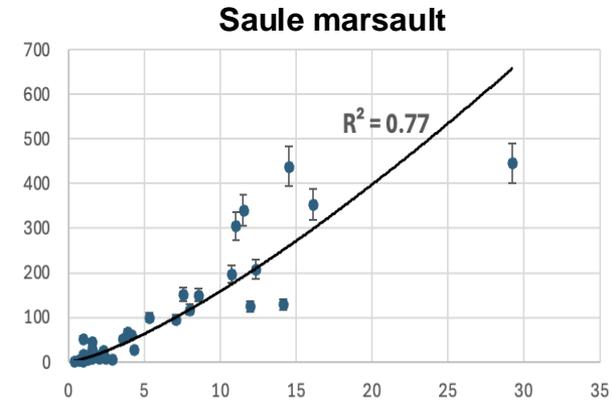
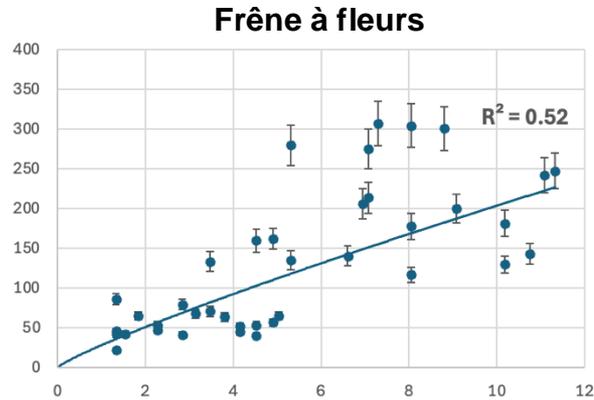
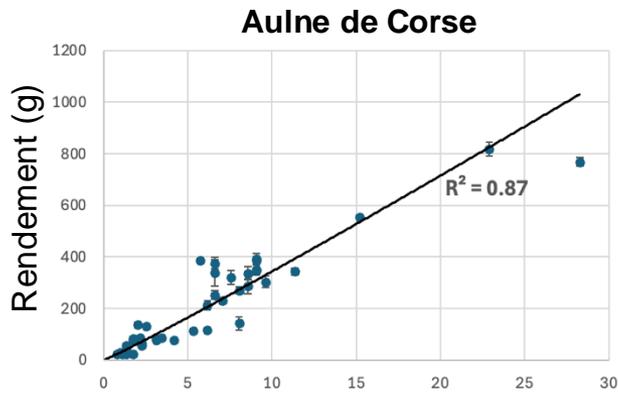
- Prélèvement des feuilles des 5 espèces sur chaque site en juin, juillet et août.

→ Analyse de la qualité fourragère





# Rendement fourrager (août 2024)



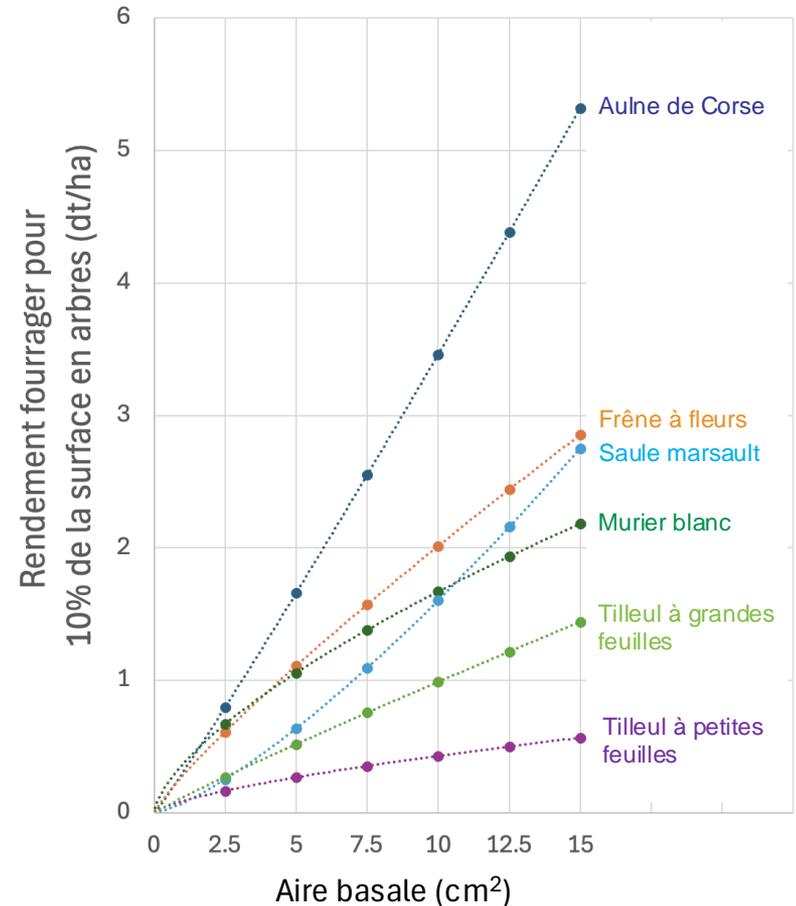
*Données pour deux sites de basse altitude (Chésereux et Crassier)*



# Rendement fourrager (août 2024)

- Calcul du rendement fourrager pour 10% de la surface de prairie plantée en arbres (base légale Agro4estrie) – 1 arbre / m<sup>2</sup> (1000 / ha).

Aire basale (cm <sup>2</sup> )	Diamètre tronc. (env. cm)	Rendement fourrager pour 10% de la surface en arbres (dt/ha)					
		Aulne de Corse	Frêne à fleurs	Saule marsault	Murier blanc	Tilleul à grandes feuilles	Tilleul à petites feuilles
2.5	2.0	0.8	0.6	0.3	0.7	0.3	0.2
5	2.5	1.7	1.1	0.6	1.1	0.5	0.3
7.5	3.0	2.6	1.6	1.1	1.4	0.8	0.4
10	3.5	3.5	2.0	1.6	1.7	1.0	0.4
12.5	4.0	4.4	2.4	2.2	1.9	1.2	0.5
15	4.5	5.3	2.9	2.8	2.2	1.4	0.6



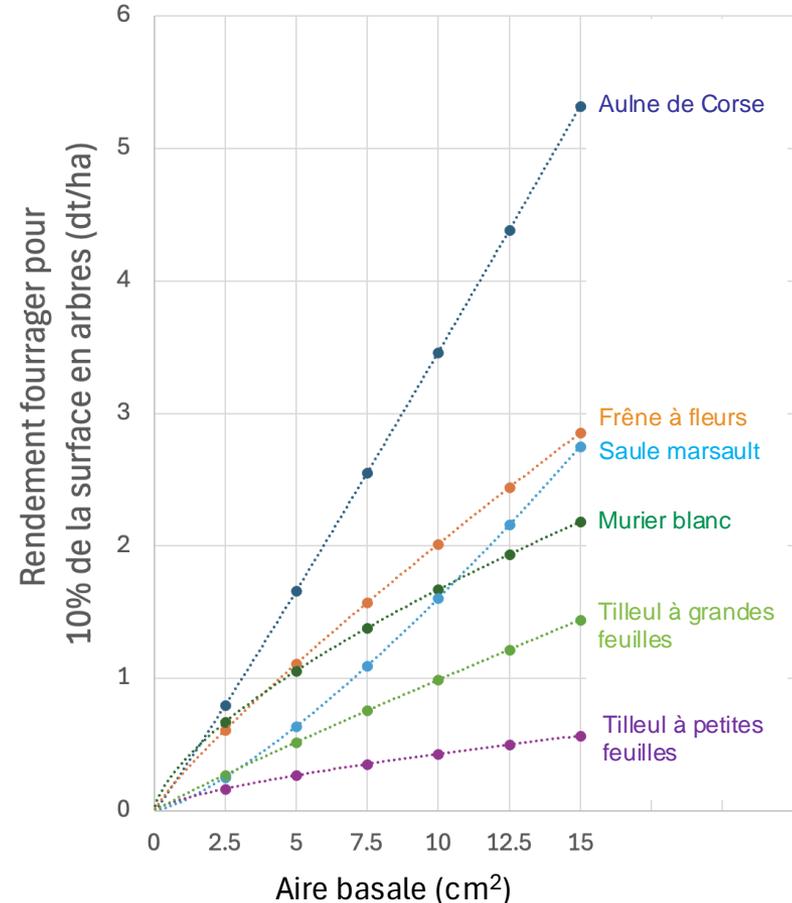
*Données pour deux sites de basse altitude (Chésereux et Crassier)*



# Rendement fourrager (août 2024)

- Calcul du rendement fourrager pour 10% de la surface de prairie plantée en arbres (base légale Agro4estrie) – 1 arbre / m<sup>2</sup> (1000 / ha).
- L'aulne de Corse est l'espèce la plus productive alors que les tilleuls sont les moins productifs.
- Plus de 2 dt/ha pour des diamètres de 3 cm pour l'aulne, 3.5 cm pour le frêne, 4 cm pour le saule et 4.5 cm pour le murier.

Aire basale (cm <sup>2</sup> )	Diamètre tronc. (env. cm)	Rendement fourrager pour 10% de la surface en arbres (dt/ha)					
		Aulne de Corse	Frêne à fleurs	Saule marsault	Murier blanc	Tilleul à grandes feuilles	Tilleul à petites feuilles
2.5	2.0	0.8	0.6	0.3	0.7	0.3	0.2
5	2.5	1.7	1.1	0.6	1.1	0.5	0.3
7.5	3.0	2.6	1.6	1.1	1.4	0.8	0.4
10	3.5	3.5	2.0	1.6	1.7	1.0	0.4
12.5	4.0	4.4	2.4	2.2	1.9	1.2	0.5
15	4.5	5.3	2.9	2.8	2.2	1.4	0.6

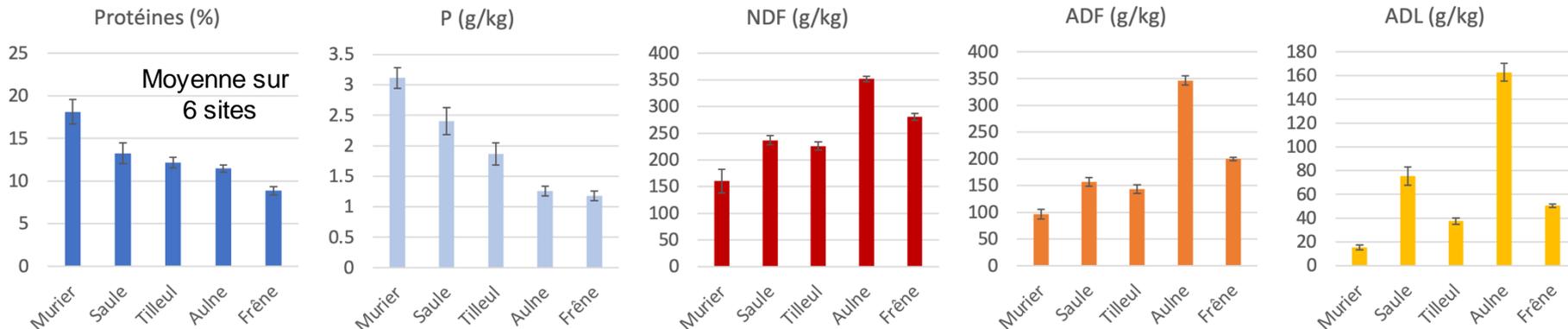


*Données pour deux sites de basse altitude (Chésereux et Crassier)*



# Qualité fourragère (juin 2024)

- Très faible variation de la qualité fourragère le long du gradient altitudinal et climatique.

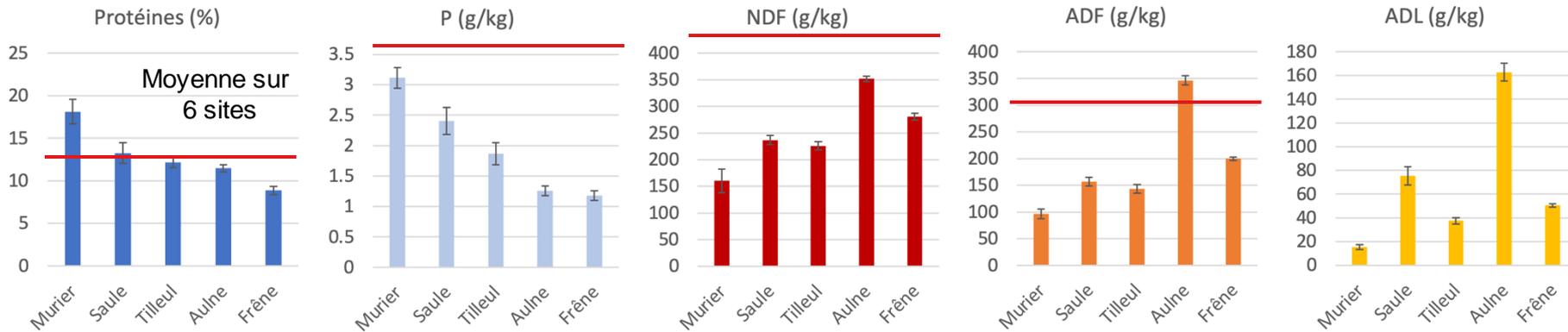


*Murier : pas d'analyse pour les sites > 600 m, peu de feuilles*

*Matière sèche entre 30 et 40% (> herbe en été)*

# 🇨🇭 Qualité fourragère (juin 2024)

- Très faible variation de la qualité fourragère le long du gradient altitudinal et climatique.
- Qualité fourragère similaire ou meilleure que l'herbe à la même période. Fibres bien inférieures au fourrage d'herbe.



*Murier : pas d'analyse pour les sites > 600 m, peu de feuilles*

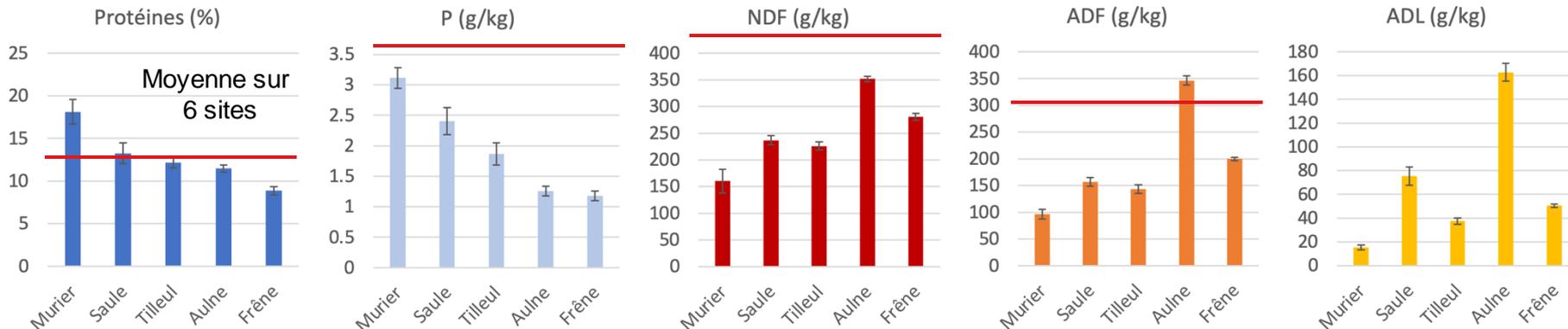
*Matière sèche entre 30 et 40% (> herbe en été)*

*— Valeurs de référence des fourrages (2<sup>ème</sup> coupe)*



# Qualité fourragère (juin 2024)

- Très faible variation de la qualité fourragère le long du gradient altitudinal et climatique.
- Qualité fourragère similaire ou meilleure que l'herbe à la même période. Fibres bien inférieures au fourrage d'herbe.
- Le murier est l'espèce avec la meilleure qualité mais peu de feuilles au-dessus de 600 m (gelées tardives), suivi par le saule et les tilleuls. L'aune et le frêne ont la moins bonne qualité.



*Murier : pas d'analyse pour les sites > 600 m, peu de feuilles*

*Matière sèche entre 30 et 40% (> herbe en été)*

*— Valeurs de référence des fourrages (2<sup>ème</sup> coupe)*

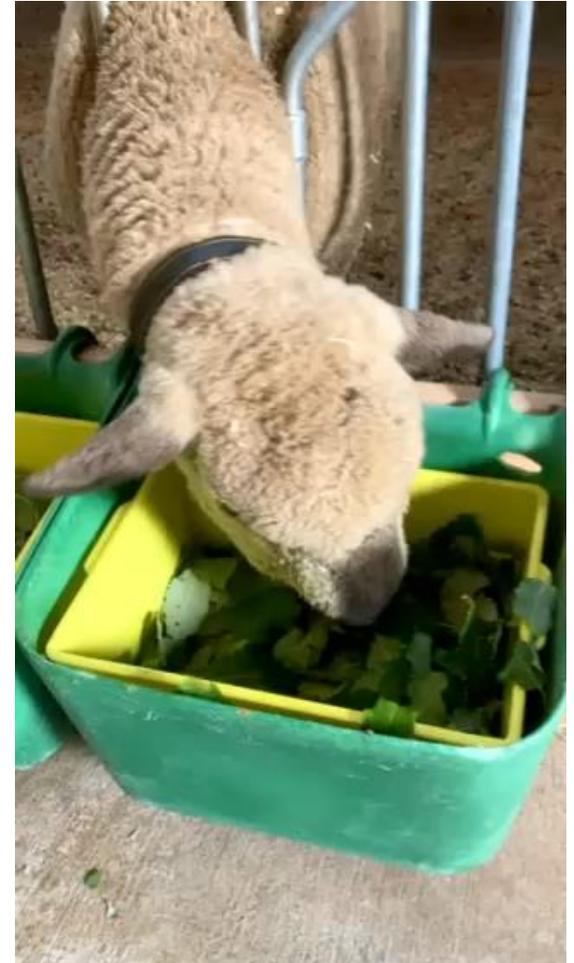
# Palatabilité (août 2024)

- Essai de palatabilité avec des moutons à l'écurie.
- 3 jours d'habituance aux feuilles d'arbres avant l'essai.
- 1 espèce d'arbre affouragée chaque jour pour chacun des **6 moutons** inclus dans l'essai. **5 jours d'affouragement** par semaine (5 espèces, mardi à samedi). Répété 3 fois (3 semaines successives).
- Feuilles affouragées à **20% de la ration** (20% feuilles et 20% foin le matin, 60% foin le soir).



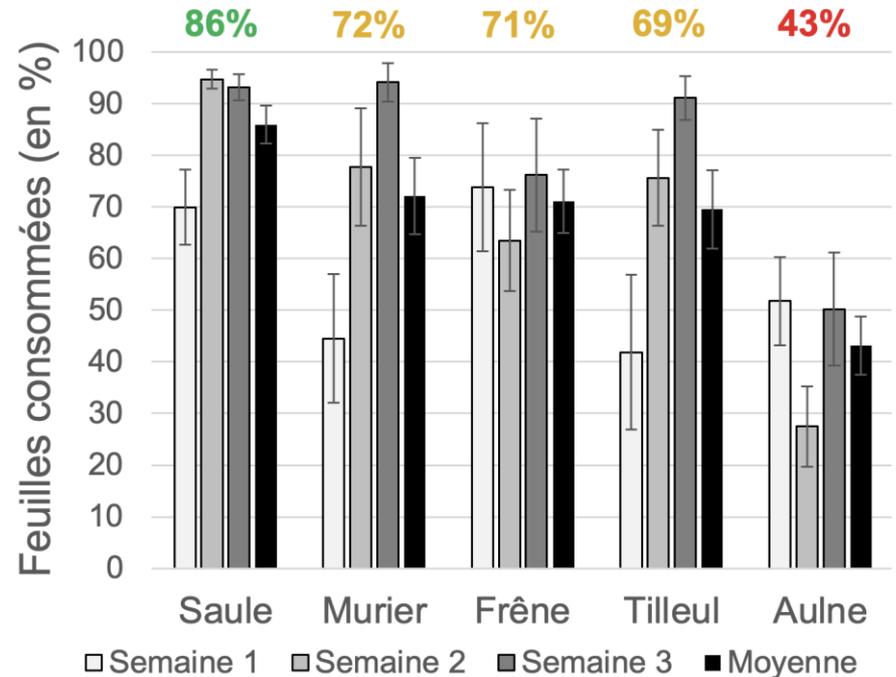
# Palatabilité (août 2024)

- Essai de palatabilité avec des moutons à l'écurie.
- 3 jours d'habituations aux feuilles d'arbres avant l'essai.
- 1 espèce d'arbre affouragée chaque jour pour chacun des **6 moutons** inclus dans l'essai. **5 jours d'affouragement** par semaine (5 espèces, mardi à samedi). Répété 3 fois (3 semaines successives).
- Feuilles affouragées à **20% de la ration** (20% feuilles et 20% foin le matin, 60% foin le soir).
- Collecte des feuilles des 5 espèces chaque début de semaine dans les haies ou arbres plus mûres (murier et tilleul à petites feuilles).
- Mesure de la quantité offerte puis de la quantité restante après **1h d'affouragement**.
- **Calcul du % de feuilles consommées par chaque mouton pour chaque espèce d'arbre.**



# Palatabilité (août 2024)

- La consommation du saule, murier et tilleul augmente au cours des semaines alors que celle du frêne et de l'aulne reste constante.
- Le **saule** (> 85%) est l'espèce préférée par les moutons alors que l'**aulne** (< 50%) est la moins consommée. Le **murier**, **frêne** et **tilleul** sont consommés de façon identique (70%).





# Conclusions

- La mise en place de **BRF** et l'**arrosage** (1-2 ans) sont recommandés dès la plantation pour réduire la mortalité. Le murier blanc n'est pas adapté au-dessus de 600 m.
- Les haies produisent déjà une **bonne quantité de fourrage** après 2-3 ans (sauf les tilleuls).
- La qualité fourragère de toutes les espèces est **meilleure que l'herbe** (sauf peut-être l'aulne) et la **palatabilité des feuilles est bonne à très bonne** (sauf pour l'aulne).
- Les effets sur la **santé animale**, la **biodiversité** et les services écosystémiques doivent aussi être pris en compte.



# Conclusions

- La mise en place de **BRF** et l'**arrosage** (1-2 ans) sont recommandés dès la plantation pour réduire la mortalité. Le murier blanc n'est pas adapté au-dessus de 600 m.
- Les haies produisent déjà une **bonne quantité de fourrage** après 2-3 ans (sauf les tilleuls).
- La qualité fourragère de toutes les espèces est **meilleure que l'herbe** (sauf peut-être l'aulne) et la **palatabilité des feuilles est bonne à très bonne** (sauf pour l'aulne).
- Les effets sur la **santé animale**, la **biodiversité** et les services écosystémiques doivent aussi être pris en compte.



<span style="color: green;">Très bon</span> <span style="color: orange;">Bon</span> <span style="color: red;">Moins bon</span>	Résistance à la sécheresse après plantation	Rendement (arbres 2-3 ans)	Qualité	Palatabilité (moutons)
Murier blanc				
Saule marsault				
Frêne à fleurs				
Tilleul à petites feuilles				
Tilleul à grandes feuilles				
Aulne de Corse				



**Merci pour votre attention**

**Pierre Mariotte**

**pierre.mariotte@agroscope.admin.ch**

**Agroscope** une bonne alimentation, un environnement sain

[www.agroscope.admin.ch](http://www.agroscope.admin.ch)

