



> **Caractérisation d'un potentiel santé des aliments des ruminants**

Gaëlle Maxin

& Benoît Graulet

UMR INRAE Herbivores

63122 Saint-Genès-Champanelle

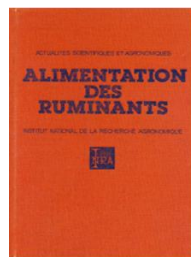
Caractérisation d'un potentiel santé des aliments des ruminants

- Pourquoi s'intéresser au potentiel santé des aliments ?
- Comment étudier ce potentiel santé des aliments ?
- Quelques résultats : fourrages classiques & feuilles d'arbre



Les systèmes d'alimentation des ruminants

- ✓ Les systèmes de production de ruminants font face à de nombreux défis : compétitivité des élevages, adaptation au changement climatique, impacts positifs et négatifs sur l'environnement, demandes de la société et des consommateurs
- ✓ L'alimentation est au cœur de ces enjeux → l'alimentation des ruminants doit aujourd'hui être raisonnée pour maîtriser la santé des animaux, les impacts sur l'environnement et la qualité des produits animaux
- ✓ Les systèmes d'alimentation ont commencé à évoluer pour intégrer ces nouvelles réponses. Ex. système d'alimentation INRAE



1978



1988



2007

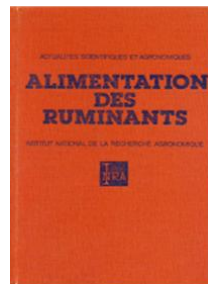
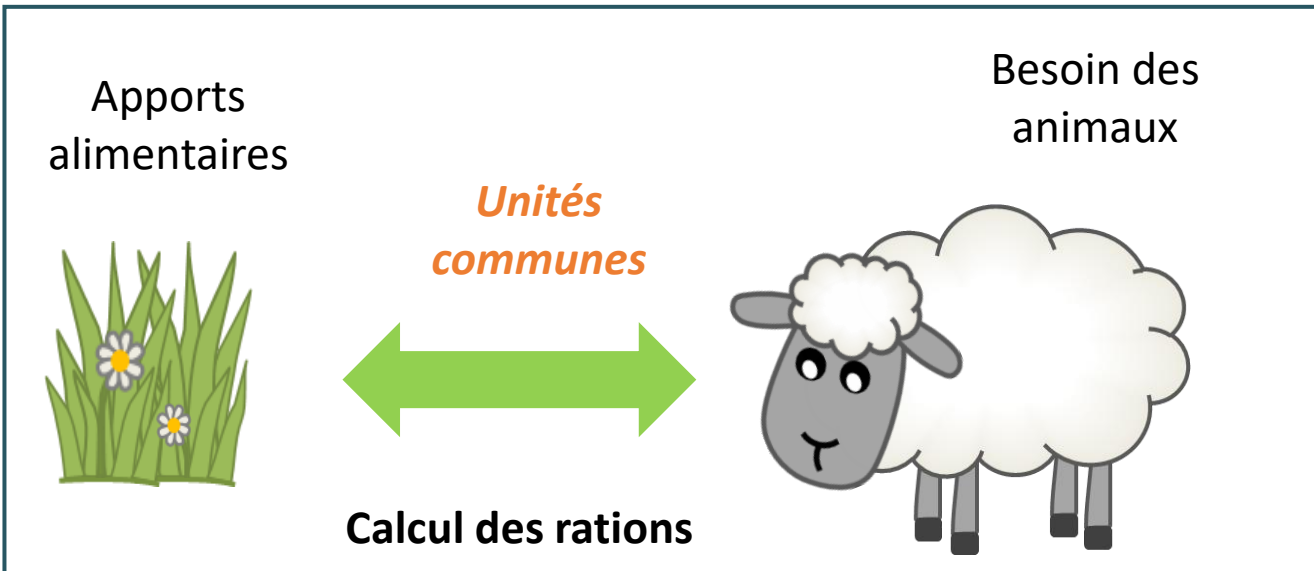


2018

INRAE

Séminaire Agroforesterie
14/05/2025 – Gaëlle MAXIN

Les systèmes d'alimentation des ruminants



1978

Les bases



1988

Recommandations alimentaires
→ couvrir les besoins



2007

Premières lois de réponses
aux pratiques alimentaires



2018

Réponses multiples des animaux
(production, efficacité, rejets, qualité, santé)
→ compromis entre objectifs



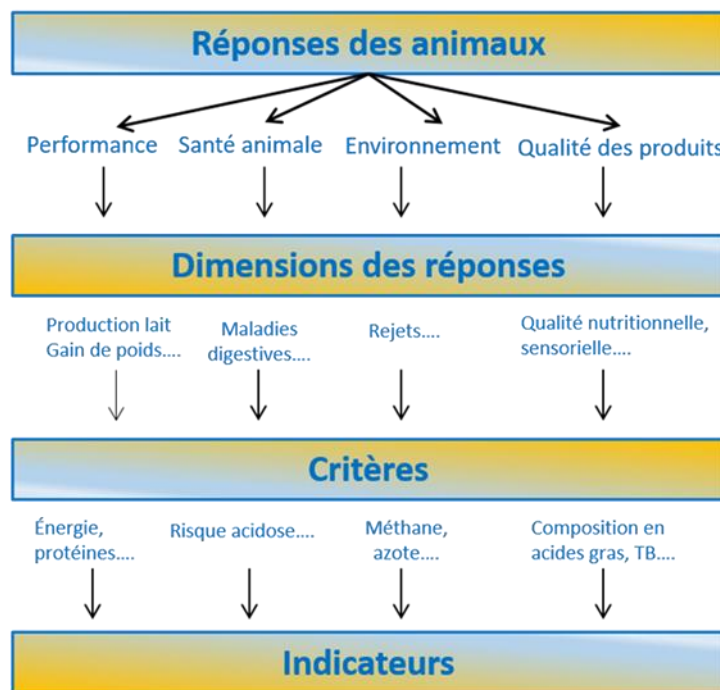
INRAE

Séminaire Agroforesterie
14/05/2025 – Gaëlle MAXIN

→ Demain, une évaluation multicritère des rations

Evaluation multicritère des rations des ruminants

Une **évaluation multicritère** consiste à déterminer simultanément le niveau de contrôle de plusieurs critères



Les indicateurs permettent de mesurer ou d'estimer un critère et ainsi différencier les rations pour ce critère

Approche participative & Bibliographie
24 critères répartis dans 10 dimensions

Réponses	Dimensions	Critères
Production animale	Production de lait	1. Assurer une ingestion permettant de couvrir les besoins énergétiques* 2. Couvrir les besoins protéiques* 3. Couvrir les besoins en minéraux et micronutriments*
Santé animale	Intoxication	5. Éviter les composés antinutritionnels des plantes 6. Éviter les risques liés à la conservation des aliments 7. Éviter les excès de minéraux et d'oligo-éléments*
	Maladies nutritionnelles	8. Limiter le risque d'acidose* 9. Limiter le risque de météorisation 10. Limiter le risque d'alcalose* 11. Limiter le risque de cétose
	Parasitisme	12. Fournir une quantité optimale de tanins
	Stress oxydant	13. Fournir une quantité optimale d'antioxydants
	Problèmes de reproduction	14. Améliorer les performances de reproduction
Environnement	Rejets dans l'environnement	15. Limiter les rejets de méthane* 16. Réduire les pertes d'azote* 17. Limiter les rejets de minéraux
Qualité du lait	Nutritionnelle	18. Améliorer la teneur en protéines* 19. Améliorer la teneur en matières grasses 20. Améliorer la teneur en acides gras d'intérêt* 21. Améliorer les teneurs en micronutriments d'intérêt
	Sensorielle	22. Éviter les aliments sources de flaveur désagréable 23. Obtenir une couleur optimale
	Stabilité du produit	24. Améliorer la teneur en antioxydants

*Ces critères sont évalués au moins partiellement dans le nouveau système INRA (2018) à partir d'indicateurs agrégés disponibles.

Exemple grille bovins lait

Evaluation multicritère des rations des ruminants

Appliquer les méthodes d'évaluation multicritère aux rations des ruminants : identification des critères à évaluer et des indicateurs à mesurer sur les aliments

Gaëlle MAXIN*, Pierre NOZIERE*, Daniel SAUVANT*, René BAUMONT*

Approche participative & Bibliographie
24 critères répartis dans 10 dimensions

Réponses	Dimensions	Critères
Production animale	Production de lait	1. Assurer une ingestion permettant de couvrir les besoins énergétiques* 2. Couvrir les besoins protéiques* 3. Couvrir les besoins en minéraux et micronutriments*
Santé animale	Intoxication	5. Éviter les composés antinutritionnels des plantes 6. Éviter les risques liés à la conservation des aliments 7. Éviter les excès de minéraux et d'oligo-éléments*
	Maladies nutritionnelles	8. Limiter le risque d'acidose* 9. Limiter le risque de météorisation 10. Limiter le risque d'alcalose* 11. Limiter le risque de cétose
	Parasitisme	12. Fournir une quantité optimale de tanins
	Stress oxydant	13. Fournir une quantité optimale d'antioxydants
	Problèmes de reproduction	14. Améliorer les performances de reproduction
Environnement	Rejets dans l'environnement	15. Limiter les rejets de méthane* 16. Réduire les pertes d'azote* 17. Limiter les rejets de minéraux
Qualité du lait	Nutritionnelle	18. Améliorer la teneur en protéines* 19. Améliorer la teneur en matières grasses 20. Améliorer la teneur en acides gras d'intérêt* 21. Améliorer les teneurs en micronutriments d'intérêt
	Sensorielle	22. Éviter les aliments sources de flaveur désagréable 23. Obtenir une couleur optimale
	Stabilité du produit	24. Améliorer la teneur en antioxydants

*Ces critères sont évalués au moins partiellement dans le nouveau système INRA (2018) à partir d'indicateurs agrégés disponibles.

Productions animales et rejets

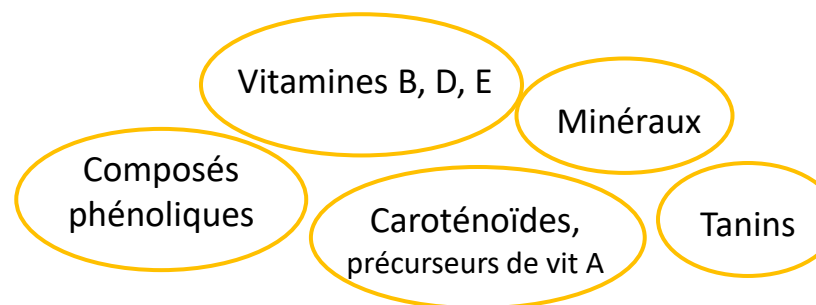
→ Indicateurs et réponses connus et caractérisés

Santé animale* → maintien d'une bonne santé

→ Réponses connues, d'autres peu de données

→ Critères santé liés à des **métabolites secondaires ou micronutriments des plantes** / des aliment : apports ?

→ Certains liens entre les apports et la santé animale : peu documentés



Les composés secondaires / micronutriments des plantes avec des effets « santé »

Ce sont des polymères de composés phénoliques

- ✓ Deux types : tanins condensés et les tanins hydrolysables
- ✓ Facteurs de variation dans les plantes : effet espèces, variétés, environnement. Ex : sainfoin, lotier



Tanins

Vitamines B, C, D, E

Vitamines C et D
Très peu étudiées dans les fourrages → plages variation des teneurs inconnues



Vitamines E

- ✓ 8 molécules liposolubles différentes, seulement 2 formes trouvées dans les plantes
- ✓ Effet de protection de la plante
- ✓ Facteurs de variation dans les plantes : espèces, mode de conservation, environnement...



Vitamines B

- ✓ Différentes molécules (B1, B2, B3, B5...)
- ✓ Très peu étudiées dans les fourrages



Composés phénoliques

Caroténoïdes, précurseurs de vit A

Plus de 800 molécules identifiées dans les plantes

- ✓ Ils ne contribuent pas à la nutrition de la plante, mais participent à des fonctions annexes
- ✓ Facteurs de variation dans les plantes mal connus : effet espèces, effet de la diversité des prairies, environnement...



Minéraux et oligo

- ✓ Certains essentiels, d'autres occasionnellement bénéfiques
- ✓ 15 considérés avec effets réels dans systèmes INRAE
- ✓ Facteurs de variation dans les plantes : espèces, pratiques, mode de conservation, environnement...



Molécules liposolubles, pigments

- ✓ Les carotènes (orange) et les xanthophylles (jaune)
- ✓ 10 molécules identifiées dans les fourrages, surtout présents dans les feuilles
- ✓ Facteurs de variation : espèces, mode de conservation, stade de végétation...



Vitamines (A, E et D), macro-éléments et oligoéléments
→ Très anciennes

INRAE

Séminaire Agroforesterie
14/05/2025 – Gaëlle MAXIN



Les effets « santé » pour les ruminants des composés secondaires / micronutriments des plantes

	Tanins	Composés phénoliques	Caroténoïdes	Vit E	Vit C	Vit D	Vit Bs
Antioxydant	✗	✗	✗	✗	✗		
Antibactérien	✗	✗	✗				
Antiviral	✗	✗					
Immunité		✗	✗	✗	✗	✗	
Antiparasitaire	✗	✗					
Anti-inflammatoire	✗	✗	✗	✗			
Vision			✗				
Reproduction			✗				
Toxicité - antinutritionnel	✗	✗					

A démontrer



Composés secondaires / micronutriments et santé des ruminants

Les objectifs de nos travaux

Caractériser les apports en composés secondaires d'intérêt santé par les fourrages / aliments

1. Déterminer la composition en composés secondaires / micronutriments des aliments → plage de variation
2. Evaluer les facteurs de variation de cette composition
3. Evaluer un potentiel antioxydant / lien entre composition en CII et potentiel antioxydant

Etudier les liens entre les apports de ces composés par la ration et la santé des animaux





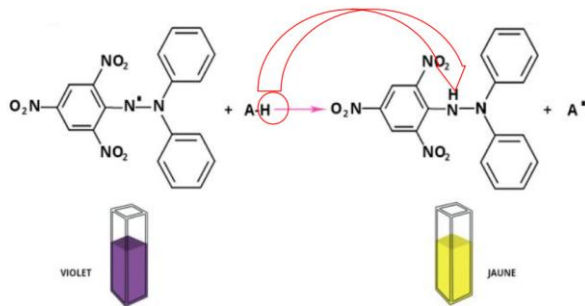
Méthodes d'analyse de ces composés secondaires

Méthodes d'analyse parfois longues à mettre en œuvre ! Elles sont onéreuses
Elles diffèrent entre labos car il n'y a pas de méthodes standardisées
Les comparaisons sont difficiles

Méthodes pour évaluer l'activité antioxydante

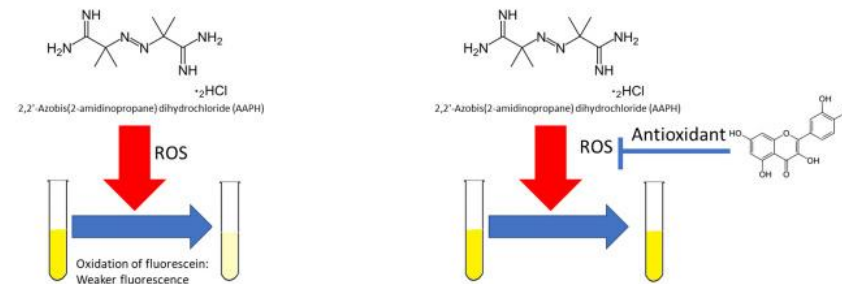
DPPH

Elle mesure la capacité des antioxydants d'un échantillon (AH) à réduire le radical chimique DPPH° par transfert d'un hydrogène. Le DPPH°, initialement violet, se transforme en DPPH-H,



ORAC

Elle évalue la capacité des antioxydants d'un échantillon à limiter l'oxydation de la fluorescéine, une sonde fluorescente sensible à l'oxydation

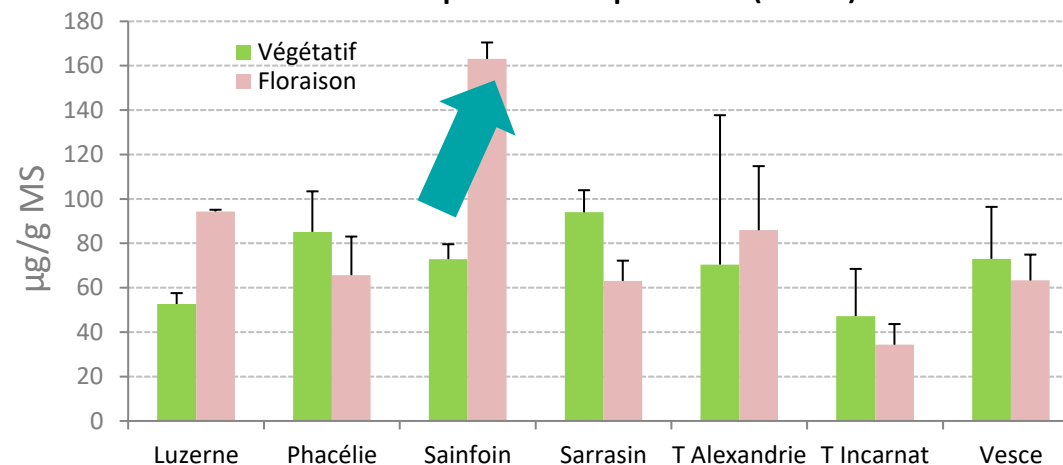


Composition en composés secondaires des aliments

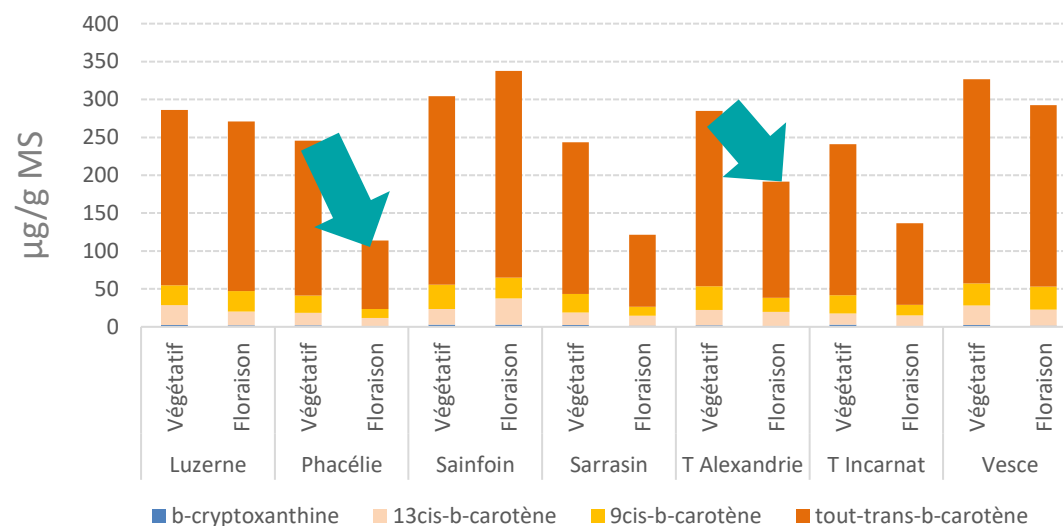
Quelques résultats : variabilité des compositions en vitamines

- ➔ Des différences notables entre plantes
- ➔ Des évolutions différentes entre plantes en fonction du stade de développement

alpha tocophérol (vit E)



Provitamines A de l'herbe



JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY

pubs.acs.org/JAFC

Article

Carotenoid, Tocopherol, and Phenolic Compound Content and Composition in Cover Crops Used as Forage

Gaëlle Maxin,* Agnès Cornu, Donato Andueza, Sophie Laverroux, and Benoit Graulet

Cite This: *J. Agric. Food Chem.* 2020, 68, 6286–6296

Read Online

ACCESS |

Metrics & More

Article Recommendations

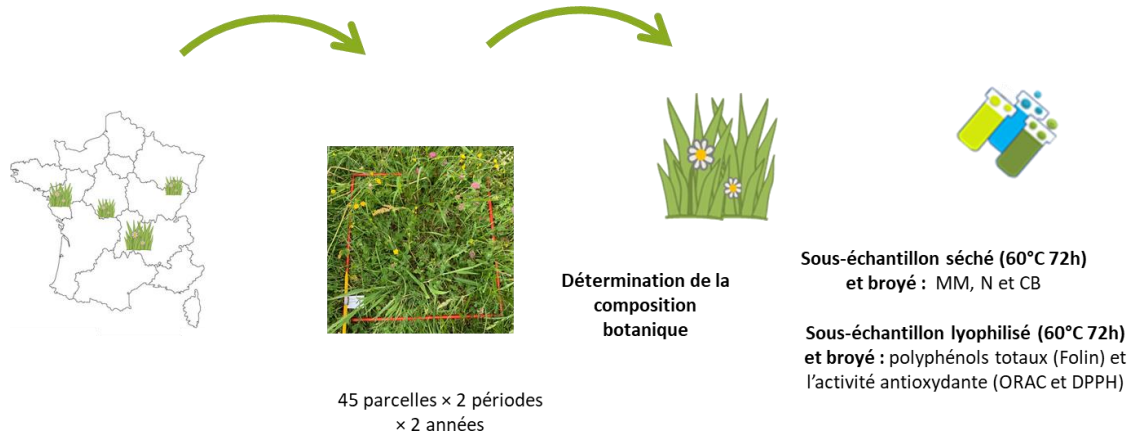
ABSTRACT: Secondary compounds of grassland and forage plant species such as vitamins or phenolic compounds are involved in different health-promoting effects in animals. However, information on their concentration and composition in forage plant species remains scarce. The objective of this study was to characterize the composition of secondary compounds of seven grazed cover crop plant species harvested at two stages of growth. Carotenoids and tocopherols were characterized and quantified using ultra-performance liquid chromatography with a photodiode array, and soluble phenolic compounds were characterized using high-performance liquid chromatography with diode-array detection. All species were rich in carotenoids, especially at the vegetative stage, even if the concentrations varied between plant species. Variations in tocopherol concentrations and phenolic composition were more important between plant species than between stages within species. Among the plant species tested, sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop) contained the most secondary metabolites.

KEYWORDS: secondary compounds, vitamins, polyphenols, fodder plant species

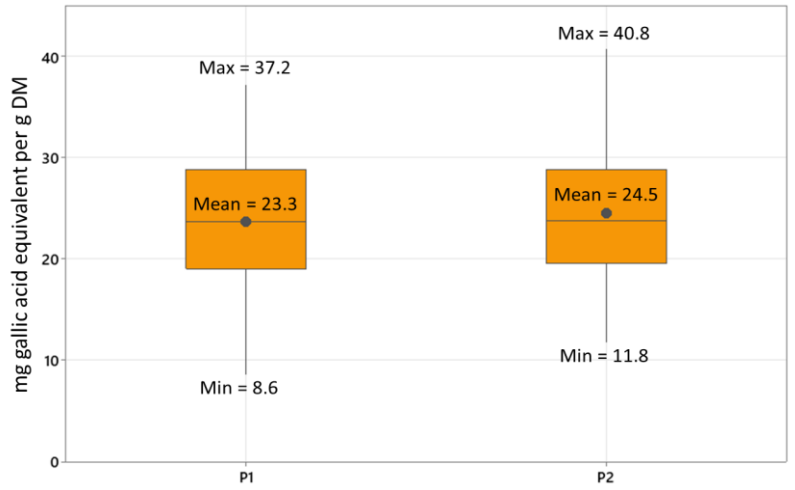
Composition en composés secondaires des aliments

Quelques résultats : variabilité des teneurs en polyphénols et activité antioxydante

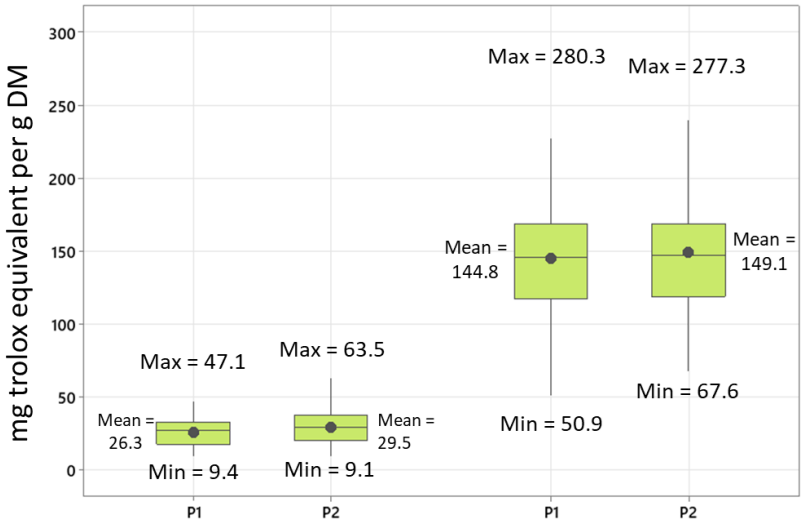
Hypothèses : la diversité botanique d'une prairie permanente augmente sa « valeur santé », l'intensité d'utilisation d'une prairie impacte sa « valeur santé »



Polyphénols totaux



Activité antioxydante



Variabilité très importante entre prairies
Non-corrélées à la valeur nutritive

Etude des liens entre ces valeurs et la diversité botanique et les pratiques en cours
D'autres analyses en cours : vit E et caroténoïdes



Composition en composés secondaires des aliments

Quelques résultats : effet de la conservation des fourrages

Pack Ambition Recherche 2021

Projet OptiVIM : Vers la définition de recommandations d'apports en minéraux et vitamines chez les ruminants dans les élevages herbagers de la Région AURA

→ Définir les principaux facteurs de variation des teneurs en vitamines, minéraux et (polyphénols, potentiel antioxydant) des fourrages

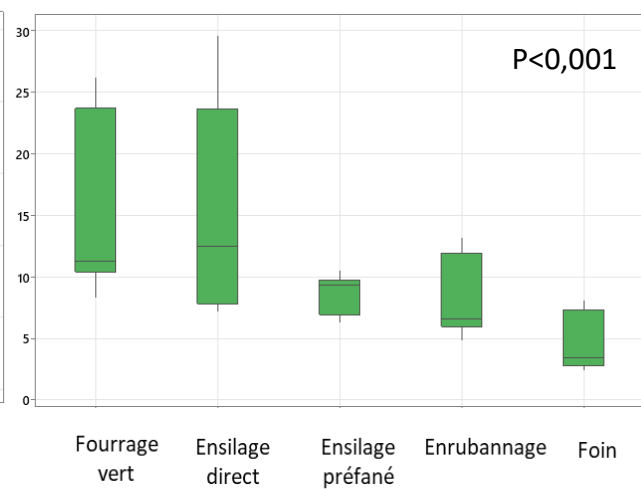
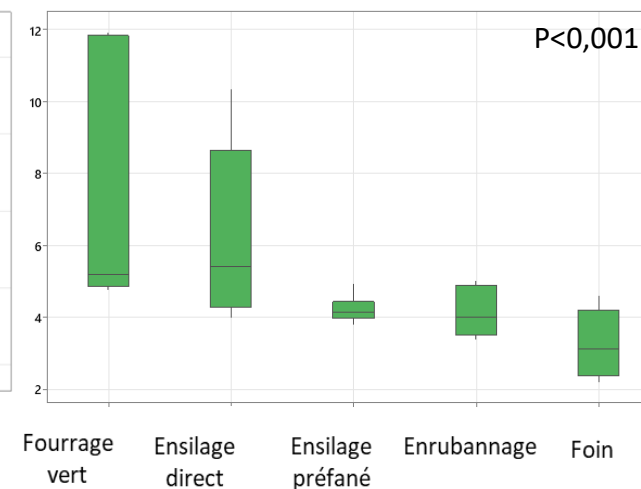
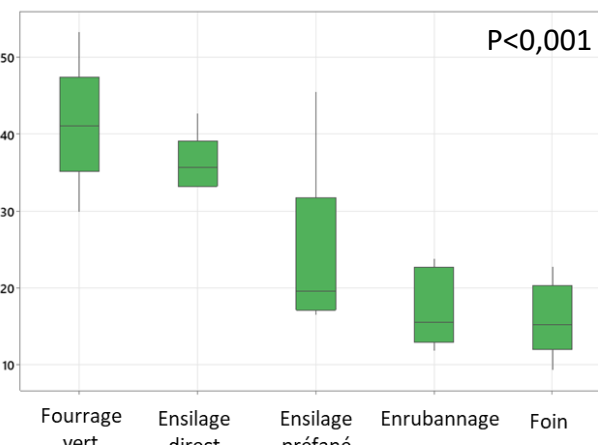
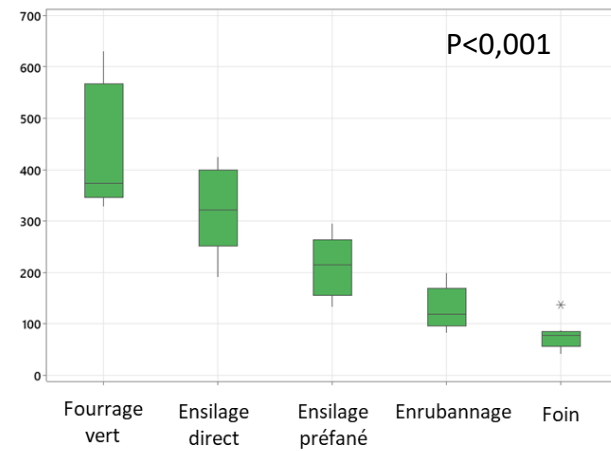
3 fourrages × 5 modes de conservation

Caroténoïdes totaux, $\mu\text{g} / \text{g MS}$

Tocophérols (vit E), $\mu\text{g} / \text{g MS}$

Polyphénols, mg eq AG /g MS

Activité AOX, mg eq Trolox /g MS



Composition en composés secondaires des aliments

Quelques résultats : ressources alternatives

3 échantillons issus de 10 ressources atypiques collectés sur des sites expérimentaux INRAE pendant l'été 2022



Feuilles d'arbres (aulne de Corse, frêne commun, murier blanc, orme Lutèce, robinier, saule Marsault) : UE FERLUS à Lusignan (86)

Echantillons lyophilisés, broyés avant analyses **de différents composés d'intérêt « santé »** (polyphénols totaux, tanins condensés, caroténoïdes, vitamines E, vitamine C) et activité antioxydante



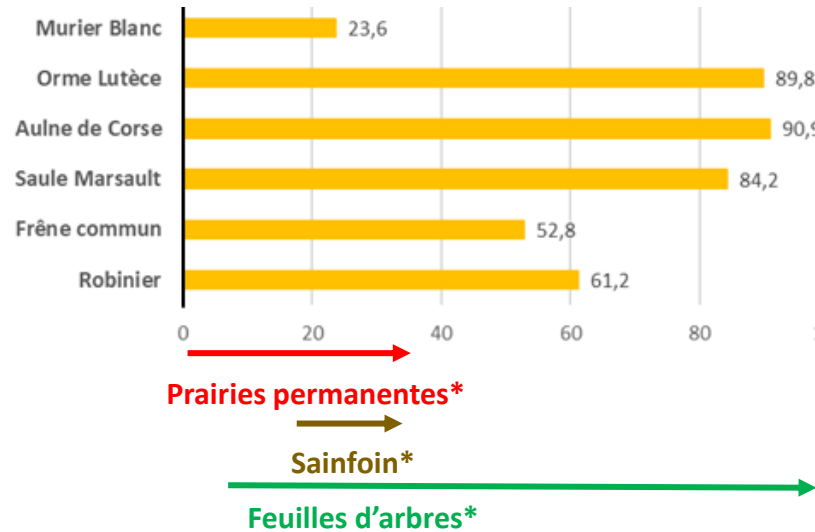
Composition en composés secondaires des aliments

Quelques résultats : ressources alternatives

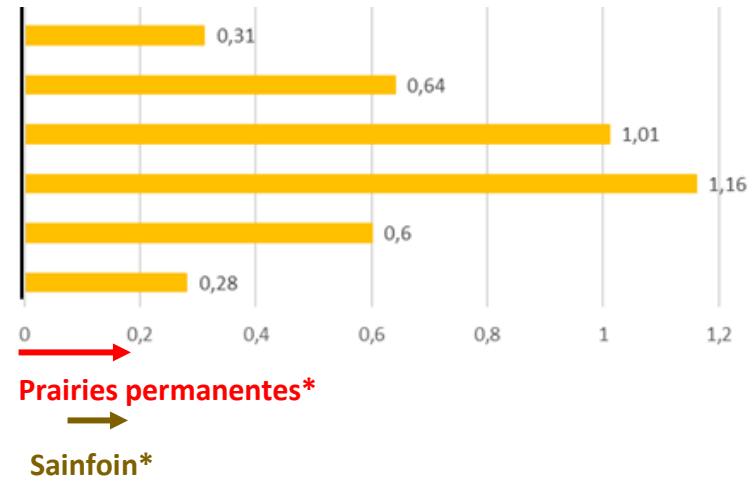
- ✓ Les feuilles d'arbre avaient des teneurs élevées en ces composés



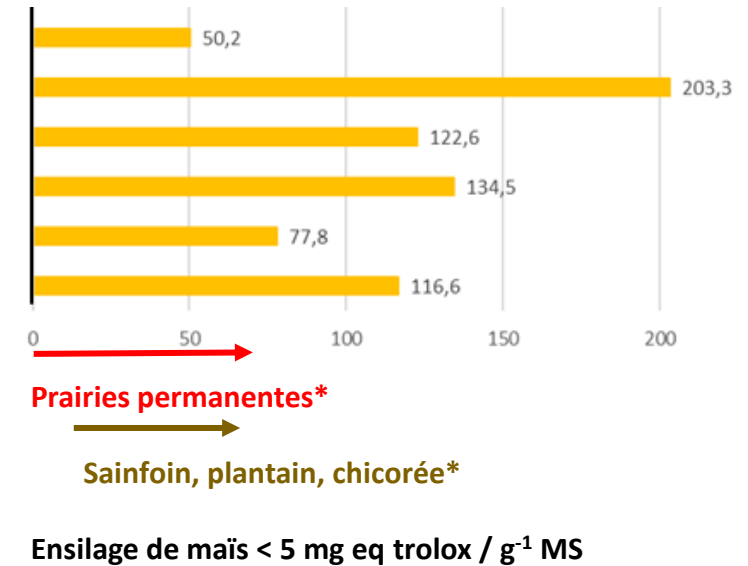
Polyphénols, mg eq AG / g MS



Tocophérols, mg / g MS



Activité AOX, mg eq trolox / g MS



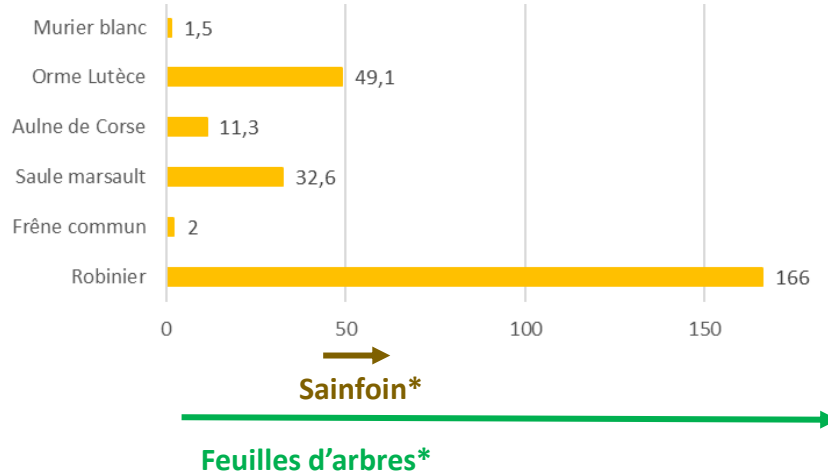
→ Profils pas étudiés

Composition en composés secondaires des aliments

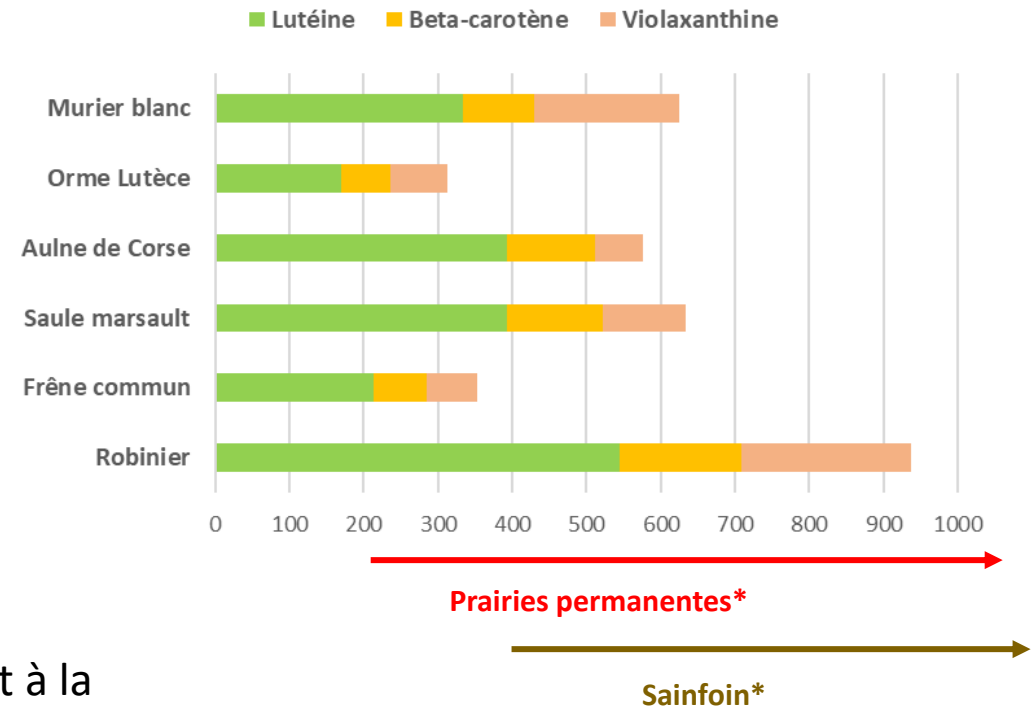
Quelques résultats : ressources alternatives

- ✓ Les feuilles d'arbre avaient des teneurs élevées en ces composés

Tanins condensés mg eq ST / g MS



Caroténoïdes, $\mu\text{g} / \text{g MS}$



→ L'activité antioxydante était corrélée aux polyphénols totaux et à la vitamine E et dans une moindre mesure aux tanins



Toxicité ou composés antinutritionnels

Substance toxique = substance capable de perturber, immédiatement ou à terme, de façon passagère ou durable, le fonctionnement normal d'un être vivant

Composés antinutritionnels sont des composés qui interfèrent avec l'absorption des nutriments chez l'homme et les animaux

Nombreux paramètres :

circonstances d'ingestion × durée × dose × animal

Composés « toxiques » = mauvais goût

Toxicité ou composés antinutritionnels

✓ **Tanins condensés**

- Ils sont astringents et peuvent se lier aux protéines → en forte quantité, effets négatifs (ingestion, digestibilité)
- Seuil : 50 g/kg MSI

✓ **Polyphénols**

- **Isoflavones ou phytoœstrogène.** Leurs activités physiologiques sont similaires aux œstrogènes endogènes → diminution des performances de reproduction (légumineuses)
- **Photosensibilité.** Ex. Sarrasin, Millepertuis

✓ **Autres composés (alcaloïdes, terpènes, glucosinolates)**



Caractérisation d'un potentiel santé des aliments des ruminants


Conclusion et perspectives

- ✓ **Travaux de recherche récents** → nombreux projets en cours pour caractériser les apports en composés secondaires par les rations et les liens entre ces apports et la santé des animaux
- ✓ **Premiers résultats sur les apports** : variabilité importante entre les aliments et identification des facteurs de variation
- ✓ **Base de données μ Feed** (Maxin & Graulet) en construction avec entre 150 et >300 données



Caractérisation d'un potentiel santé des aliments des ruminants

Conclusion et perspectives

- 
- ✓ Etablir des valeurs de référence pour les aliments et agréments les Tables INRAE
 - ✓ Etablir les liens entre apports par la ration et santé animale
 - ✓ Evaluation multicritère : lien entre ces composés secondaires et d'autres réponses (rejets CH₄, N, qualité)

Caractérisation d'un potentiel santé des aliments des ruminants

Merci



<https://www.umrh.inrae.fr/internet/public/fr/>

Contact : gaelle.maxin@inrae.fr



INRAE

Séminaire Agroforesterie
14/05/2025 – Gaëlle MAXIN