



➤ **Connaître la valeur alimentaire de ses
fourrages**

Echantillonnage, analyses clés et méthodes de calcul

Gaëlle MAXIN

INRAE, UMR Herbivores

63122, Saint-Genès-Champanelle

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Du fourrage...



1. Echantillonnage

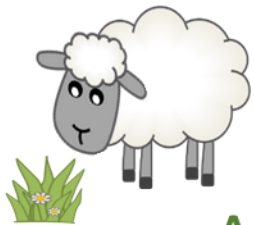


2. Méthodes d'analyse

Composition chimique

3. Equations de prévision

Valeur alimentaire



... A la ration

Optimiser les rations d'un point de vue nutritif, environnemental et économique; ajuster les quantité à distribuer; ajuster la complémentation en concentrés et/ou minérale...

➔ Connaître la valeur alimentaire des fourrages

3 étapes importantes pour obtenir des résultats fiables de valeur alimentaire d'un fourrage



INRAE

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

3 fiches méthode produites dans le cadre du RMT Prairies Demain

Méthodes

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

1. Un échantillonnage soigné

Un échantillonnage correct est essentiel pour obtenir des résultats fiables de composition chimique et de valeur alimentaire d'un fourrage. Pour cela, il faut s'assurer que l'échantillon analysé soit représentatif du fourrage qui sera distribué aux animaux. La prise d'échantillon est vraisemblablement la source d'erreur la plus importante dans l'estimation de la valeur d'un fourrage. Chaque type de fourrage doit être échantillonné en tenant compte de ses caractéristiques propres.

Définitions

- **Échantillon simple** : il correspond à un échantillon prélevé en une seule fois à un endroit du lot. Un lot correspond, par exemple, à une parcelle ou un silo.
- **Échantillon global** : il correspond au mélange de tous les échantillons simples. Le volume de l'échantillon global peut varier entre quelques kilos et quelques dizaines de kilos (fourrages humides) en fonction notamment du nombre d'échantillons simples qui le composent.
- **Échantillon représentatif** : cet échantillon issu de l'échantillon global est l'échantillon qui sera analysé du lot d'où il provient. Idéalement, il pèse environ 500 g frais pour les échantillons secs (> 80 % MS) et entre 1 et 2 kg frais pour les échantillons humides (< 80 % MS). C'est cet échantillon qui sera envoyé au laboratoire d'analyse.

1. Quel échantillonnage en fonction de l'utilisation du fourrage ?

Le tableau ci-dessous décrit les différents types d'échantillonnage possible selon le type de fourrage. Pour les prairies pâturées, l'échantillon doit être récolté peu de temps après l'entrée des animaux sur la parcelle. Pour les fourrages conservés, l'échantillonnage peut se faire sur le fourrage vert à la récolte ou lors de l'utilisation du fourrage. Si la prise d'échantillon est réalisée sur le fourrage vert, il faut privilégier un prélèvement juste avant ou après la coupe. En effet, il n'existe pas d'équations INRA adaptées pour estimer la valeur des fourrages conservés à partir d'un échantillon prélevé lors du chantier d'ensilage ou d'échantillonnage sur un fourrage à plus de 30 % MS. Il, pour des raisons pratiques, les échantillons ne peuvent être réalisés qu'après ensilage ou mi-fourrage et au moment de la mise en silo en balle, il faudra bien préciser au laboratoire qu'il s'agit d'un échantillon pré-ensilé.

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages - Un échantillonnage soigné.

Méthodes

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

2. La bonne analyse pour caractériser son fourrage

L'analyse de la composition chimique d'un fourrage permet de définir sa valeur alimentaire et ainsi d'aider la ration distribuée aux animaux. À partir de la composition chimique de fourrage, des équations de prévision (INRA, 2018), permettent de calculer des critères alimentaires liés que la digestibilité de la matière organique ou la digestibilité de l'azote. Ces critères sont ensuite utilisés pour calculer la valeur alimentaire du fourrage (en valeur UF, UF et FOD).

La composition chimique d'un fourrage permet également de calculer les quantités de fourrage à distribuer, d'aider la complémentarité en concentrés et/ou minéraux et d'évaluer la qualité de conservation des ensilages (voir tableau annexe 1).

1. Composition chimique des fourrages

Les fourrages sont composés d'eau et de matière sèche. La teneur en eau varie d'environ 10 % (sèche) à 90 % (fourrage vert). La matière sèche comprend d'une part la matière organique composée des constituants nutritifs, des glucides non cellulaires (protéine et autres solubles), des fibres, et des matières solubles totales ; et d'autre part de la matière minérale (minéraux et oligo-éléments).

Diagramme 1 : Composition d'un fourrage vert

2. Les principales méthodes biochimiques d'analyse de la composition chimique d'un fourrage

Les méthodes des principales analyses à réaliser sur un échantillon de fourrage sont présentées dans ce document. Pour chacune de ces analyses, il existe une méthode de référence décrite par l'ANOR et par le règlement européen sur l'analyse des aliments pour le bétail (CE 1831/2003). Cependant, d'autres méthodes peuvent être utilisées par les laboratoires. Les paramètres analysés sont généralement rapportés sur une base sèche et exprimés en grammes par kilogramme de matière sèche (g/kg MS) ou en pourcentage (% sec). Ceci permet de comparer les fourrages entre eux sur une base commune car l'eau n'apporte pas de nutriments.

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages - La bonne analyse pour caractériser son fourrage.

Méthodes

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

3. Le calcul de la valeur alimentaire de son fourrage

Cette fiche décrit les critères caractérisant la valeur alimentaire des fourrages. Puis elle décrit les principes généraux pour calculer la valeur alimentaire des fourrages verts et conservés à base d'herbe (prairies, grandes, Agurhauses) selon le système d'unités d'alimentation INRA (2018).

1. Valeur alimentaire des fourrages : définition, unités et mesure

La valeur alimentaire d'un fourrage est définie par trois critères essentiels : la valeur énergétique, la valeur protéique et la valeur d'encroûtement.

La valeur énergétique correspond à la teneur en énergie nette du fourrage. Elle est exprimée dans le système INRA en unité fourragère (UF) basée sur la valeur de forge de référence (1 kg d'orge = 1700 kcal d'énergie nette = 1 UF).

L'énergie nette correspond à la quantité d'énergie qui sera utilisée pour l'entretien et les productions de l'animal. Elle est obtenue à partir de l'énergie brute (EB) du fourrage en soustrayant différentes pertes d'énergie via les fibres (LF), le méthane produit lors des fermentations entériques (EM) et la chaleur associée ou métabolisme des nutriments excédentaires. L'UF est l'unité d'énergie nette pour la lactation. L'UFV est l'unité d'énergie nette pour la production de viande.

Énergie Brute (EB)

Énergie Digestible (ED)

Énergie Métabolisable (EM)

Énergie Nette (EN)

Fibrilles

Méthane (CH₄)

Urine (U)

Chaleur extra

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages - Le calcul de la valeur alimentaire de son fourrage.

<https://afpf-asso.fr/fiches-techniques>

Définitions, informations, méthodes, bonnes pratiques...

Donato Andueza (INRAE), Aloïse Celerier (CA 86), Mickaël Coquard (FIDOCL), Bertrand Daveau (Ferme expérimentale de Thorigné-d'Anjou), Luc Delaby (INRAE), Véronique Gilles (CA 71), Olivier Leray (Littoral Normand), Benoît Possémé (CRAB), Margaux Reboul-Salze (CA 70), Stéphane Violleau (CA 63)...



Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Première étape : l'échantillonnage



INRAE

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

L'échantillonnage = maillon faible



Séché et broyé 1 mm

Échantillon représentatif

= échantillon dans lequel on retrouve les caractéristiques du lot d'où il provient

≠ échantillon simple



INRAE

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

L'échantillonnage : Comment ? Quand ?

Chaque type de fourrage doit être échantillonné en tenant compte de ses caractéristiques propres

=> Le principe est le même pour tous les types de fourrage

1. Prélever plusieurs échantillons simples dans le lot (parcelle, silo, plusieurs balles...)
2. Rassembler ces échantillons = échantillon global (plusieurs kilos)
3. Prélever un échantillon représentatif

Un échantillon représentatif

environ 500 g frais pour les échantillons secs (> 80 % MS)
1-2 kg frais pour les échantillons humides (< 80 % MS)



➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Echantillonnage : Comment ? Quand ?

- **Pâtures** : juste avant utilisation par les animaux

- **Foin, ensilage, enrubannage** :

- **Vert à la fauche** (juste avant ou juste après)

- **Conservé**

Prélèvements sur plusieurs balles

Prélèvements avant ouverture du silo (carottage) ou sur le front d'attaque

- **Préfané**  Pour les calculs de la VA

À la mise en silo ou sur l'andain avant pressage



INRAE

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages


27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN



➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

L'échantillonnage : Comment ? Quand ?

• Stockage

- Mettre l'échantillon à l'abri de l'air, la lumière et la chaleur 
- Stockage rapide au frais (+4°C) ou congelé des échantillons humides
- Envoi rapide au laboratoire ou séchage

• Identification et caractérisation

- Envoyer au laboratoire les informations nécessaires pour le calcul de la valeur alimentaire
- Certains mélanges d'espèce : évaluer le % Légumineuses



INRAE

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN



Crédit photos : INRAE

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Deuxième étape : les analyses



INRAE

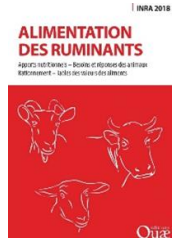
Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Quelle analyse effectuer sur l'échantillon de fourrage ?

Pour le calcul de la valeur alimentaire (INRAE, 2018), il est nécessaire de déterminer :



- Matière sèche

- Matière minérale



$$\text{Matière organique (g/kg MS)} = 1000 - \text{MM (g/kg MS)}$$

- Azote



$$\text{MAT (g/kg MS)} = 6,25 \times \text{N}$$

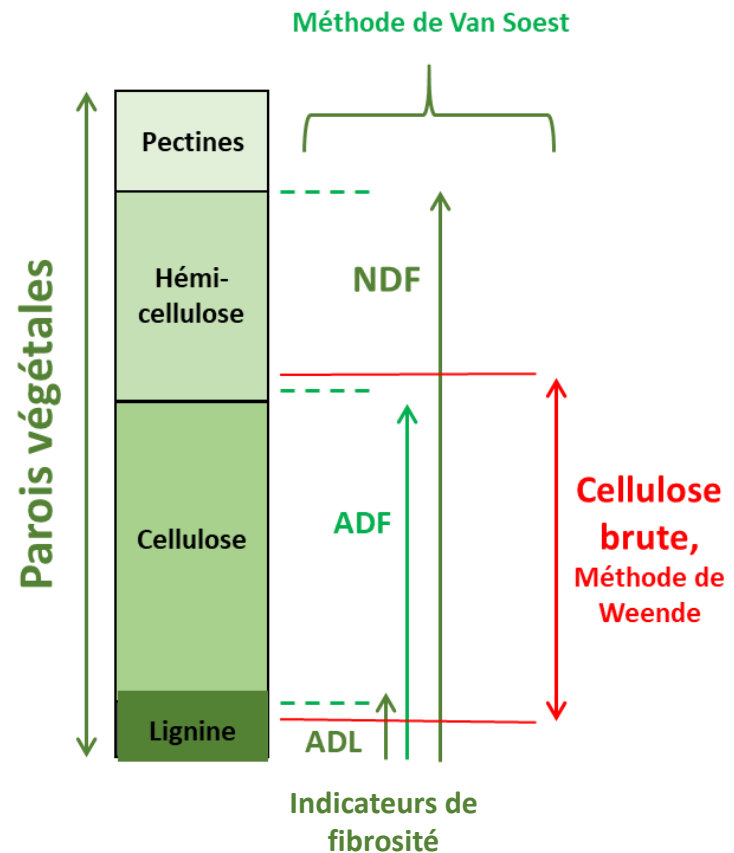


➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Quelle analyse effectuer sur l'échantillon de fourrage ?

Pour le calcul de la valeur alimentaire, il est nécessaire de déterminer :

- Matière sèche
- Matière minérale
- Azote
- Un constituant pariétal :
Cellulose brute ou fractions des parois végétales



INRAE

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Quelle analyse effectuer sur l'échantillon de fourrage ?

Pour le calcul de la valeur alimentaire, il est nécessaire de déterminer :

- Matière sèche
- Matière minérale
- Azote
- Un constituant pariétal

Il est également fortement conseillé de déterminer :

- **Digestibilité pepsine-cellulase**



INRAE

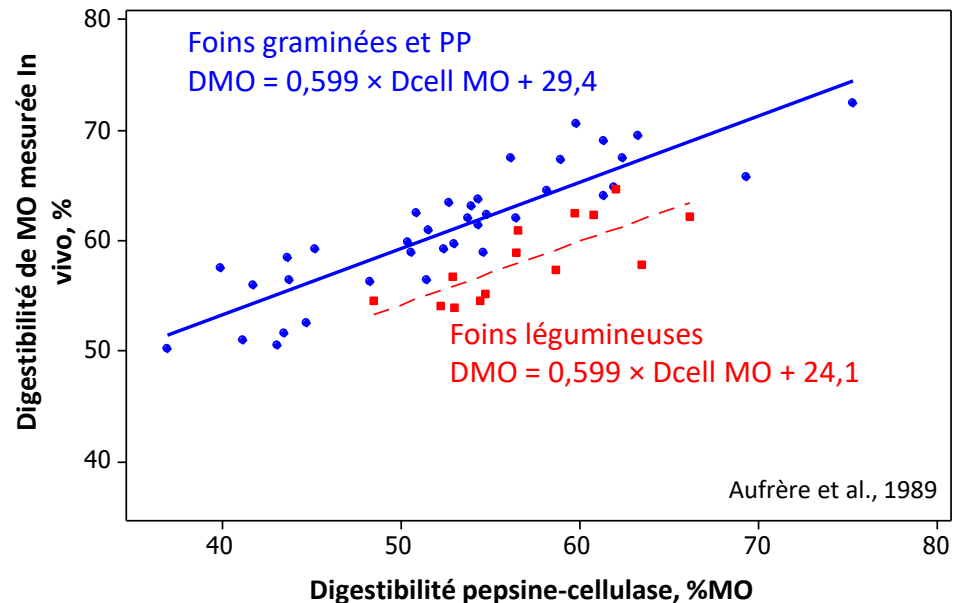
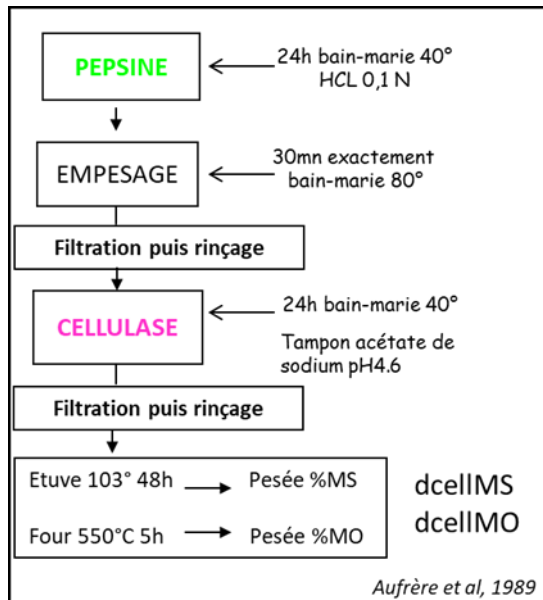
Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Quelle analyse effectuer sur l'échantillon de fourrage ?

Digestibilité pepsine-cellulase



Estimation plus précise de la dMO à partir de la dCs



➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Quelle analyse effectuer sur l'échantillon de fourrage ?

Pour le calcul de la valeur alimentaire, il est nécessaire de déterminer :

- Matière sèche
- Matière minérale
- Azote
- Un constituant pariétal

Il est également fortement conseillé de déterminer :

- Digestibilité pepsine-cellulase
- **Amidon pour maïs, méteils, sorgho, céréales fourragers**



Calcul des
PDI



INRAE

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

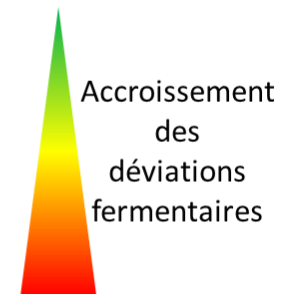
27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Quelle analyse effectuer sur l'échantillon de fourrage ?

- Minéraux
- Qualité de conservation des ensilages

	pH	AGV totaux	Ac. Acet.	Ac. Butyr.	N NH3	N soluble
		Mmoles /kgMS	g/kgMS	g/kgMS	% N tot	% N tot
Excellent	< 4	< 330	< 20	0	< 5	<50
Bon	< 4,2	330 - 660	20 - 40	< 5	5 - 10	50 - 60
Médiocre	<4,4	660 - 1000	40 - 55	>5	10 - 15	60 - 70
Mauvais	< 5	1000 - 1330	55 - 75	>5	15 - 20	> 65
Très mauvais	> 5	> 1 330	> 75	>5	> 20	> 75



INRA, 1988

Impact sur l'ingestibilité

Risque présence
flore butyrique

Intensité de la protéolyse
(lien avec la DT6_N)



Calculs du facteur de correction de la teneur en MS (FC)
et des produits de fermentations (PF = alcools + AGV + acide
lactique)



Calculs des PDI

INRAE

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages



27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Méthodes biochimiques vs spectrométrie dans le proche infra-rouge

- **Méthodes biochimiques**

- **Méthodes de référence** décrites par l'AFNOR et le règlement européen sur l'analyse des aliments des animaux (CE 152/2009)
- D'autres méthodes peuvent être utilisées par les laboratoires

Dosage	Méthodes de référence	Méthodes alternatives
Matière sèche	103°C 24h	60°C 48h ou 72h
Azote	Kjeldahl	Dumas
Parois	CB (Weende)	NDF, ADF (Van Soest)  Séchage 60°C max Pré-traitement
Amidon	 Ewers	Enzymatique



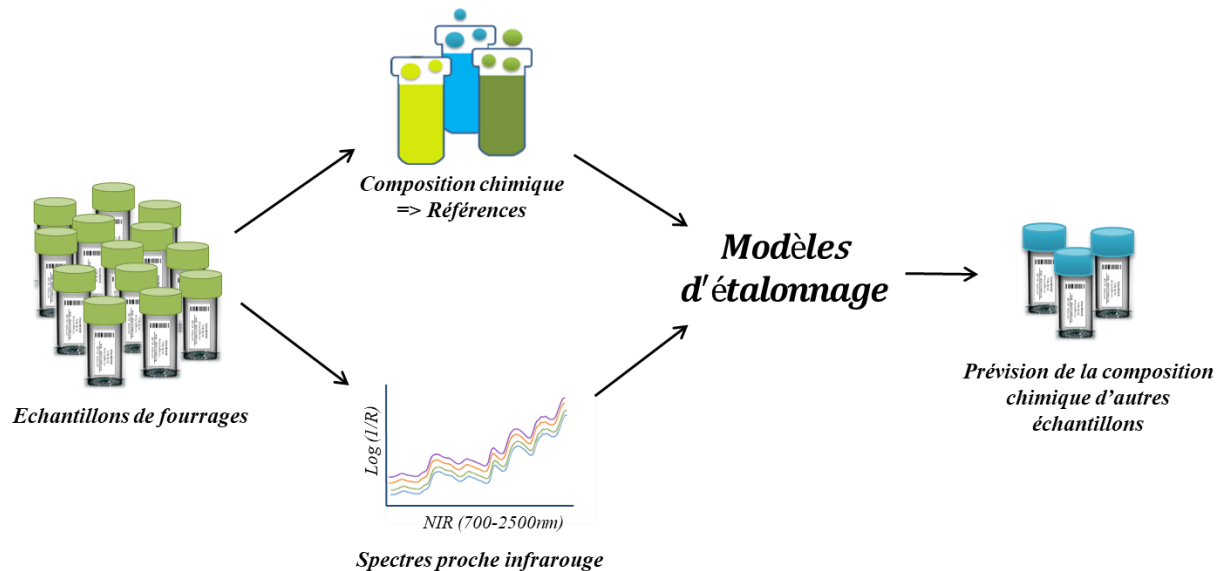
➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Méthodes biochimiques vs spectrométrie dans le proche infra-rouge

- **Méthodes biochimiques**

- **Méthodes de référence** décrites par l'AFNOR et le règlement européen sur l'analyse des aliments des animaux (CE 152/2009)
- D'autres méthodes peuvent être utilisées par les laboratoires

- **Spectrométrie dans le proche infrarouge**



➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Méthodes biochimiques vs spectrométrie dans le proche infra-rouge

Les méthodes biochimiques et la spectrométrie dans le proche infra-rouge sont des méthodes fiables pour déterminer la composition chimique des fourrages

	Biochimie	SPIR
Avantages	Méthode de référence Valeurs mesurées Erreurs faciles à contrôler	Rapide et précis Moins coûteuse Non destructive
Inconvénients	Coûts plus élevés Temps d'analyse plus long	Valeurs prédites = besoin de modèles d'étalonnage Peu robuste pour la prévision de la valeur nutritive des fourrages Minéraux

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

SPIR Labo vs SPIR portable



Echantillon séché et broyé 1 mm



➔ Précision moins bonne avec les appareils portatifs

- Hétérogénéité des échantillons
- Gamme spectrale souvent plus étroite
- Précision plus faible sur la mesure de l'absorbance (Température, luminosité)



Nombreux travaux en cours



INRAE

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Troisième étape : les calculs de la valeur alimentaire



INRAE

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

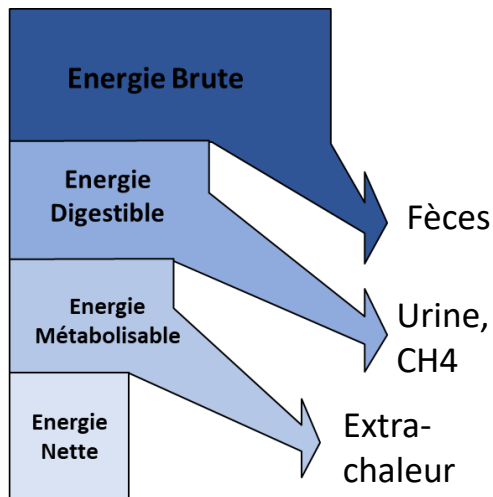
27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Calcul de la valeur alimentaire : définition

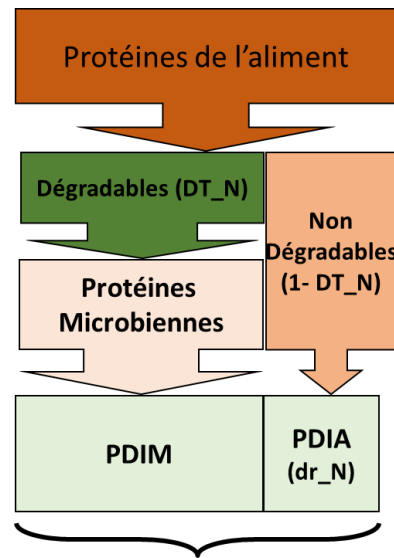
Valeur alimentaire d'un fourrage = trois critères essentiels

Valeur énergétique



UFL, UFV

Valeur protéique



PDI

Ingestibilité

Capacité d'un fourrage à être ingéré en plus ou moins grande quantité

UE (unité d'encombrement)

= inverse de l'ingestibilité

UEM, UEB et UEL



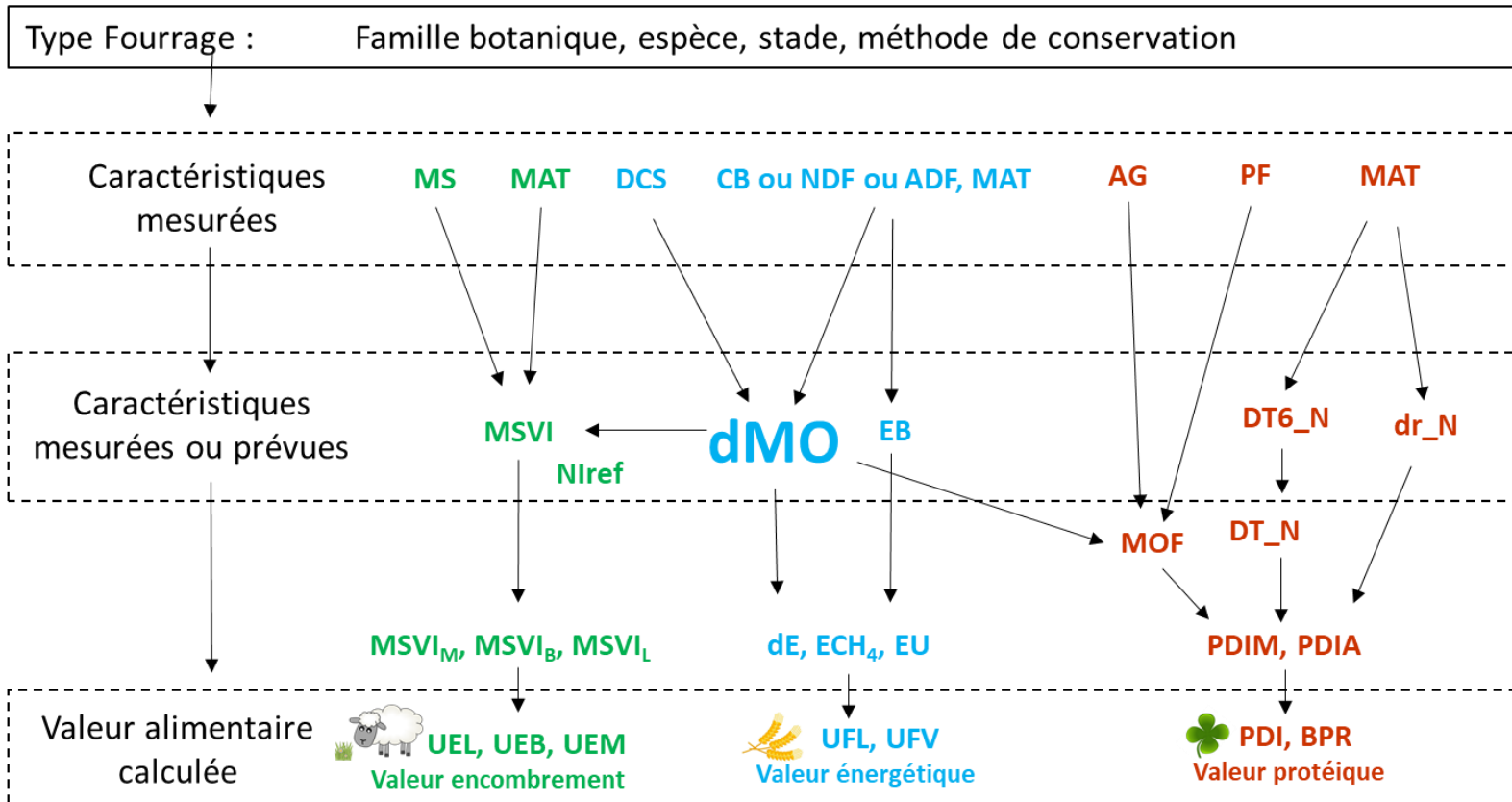
INRAE

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Calcul de la valeur alimentaire : principe



Adapté de INRA, 2018

Calculs un peu plus longs sous excel



Un exemple de calcul dans fiche 3
Outil : Prevalim



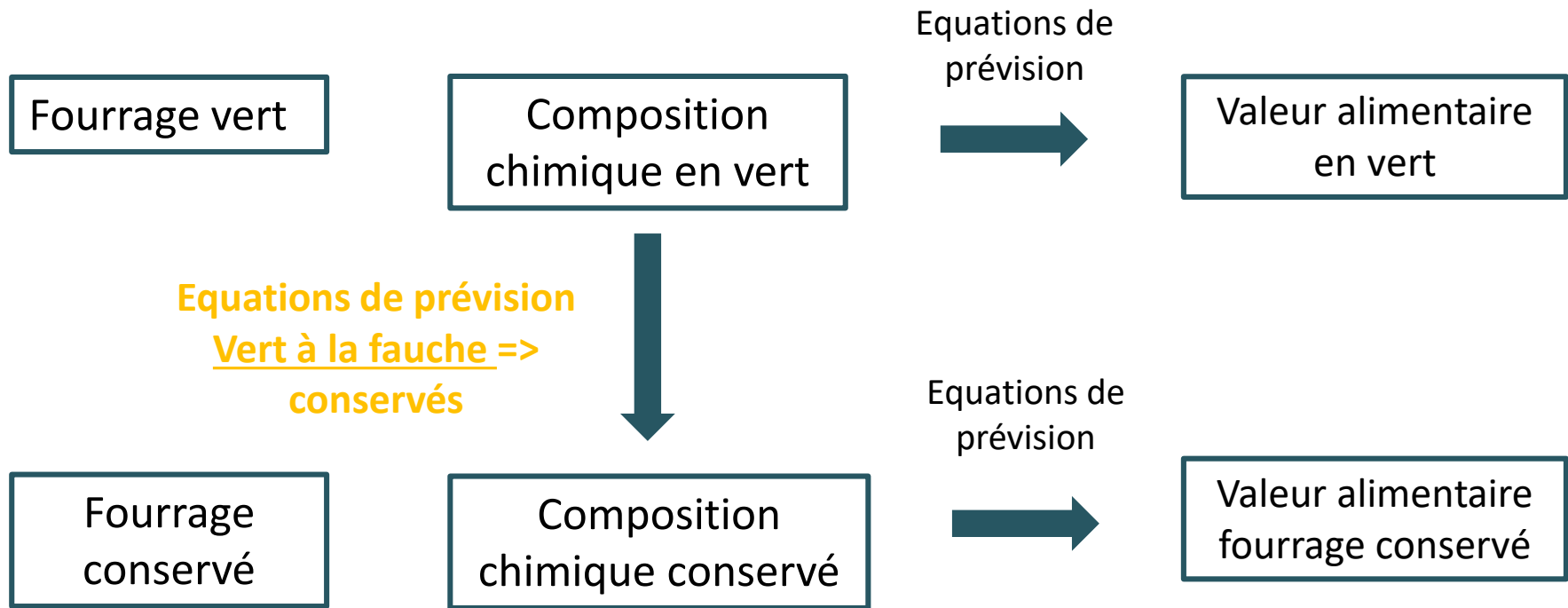
INRAE

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Calcul de la valeur alimentaire : principe



INRAE

Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

27 octobre 2021 / Biennales des conseillers fourragers / Gaëlle MAXIN

➤ Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages

Conclusion

- 3 étapes clés à connaître pour déterminer la VA des fourrages
- 3 fiches méthode avec plus de détails

- Des questions ?

