



HAL
open science

The French nutrition system for ruminants: animal requirements and feed evaluation

Dominique Pomiès, Yayu Huang

► **To cite this version:**

Dominique Pomiès, Yayu Huang. The French nutrition system for ruminants: animal requirements and feed evaluation. Séminaire technique franco-chinois sur l'alimentation animale et l'évaluation des besoins nutritionnels des ruminants, Apr 2014, Shenyang, Chine. 47 p. hal-02792521

HAL Id: hal-02792521

<https://hal.inrae.fr/hal-02792521v1>

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



THE FRENCH NUTRITION SYSTEM FOR RUMINANTS: ANIMAL REQUIREMENTS AND FEED EVALUATION



Dominique POMIÈS & Yayu HUANG

Shenyang
18 April 2014

INRA: French National Institute for Agricultural Research

- INRA is a “targeted” research institute with 3 working areas: Agriculture, Environment and Food
- 3 main missions: **to produce** and **disseminate** scientific knowledge and innovation;
to contribute to training and scientific culture;
to support decision-making by public and private sectors through its expertise
- The leading agricultural research institute in Europe, 2nd largest in the world (*nb publications*)
- 8 500 permanent staff in 17 regional centers; 13 scientific divisions and 200 research units

Herbivores Joint Research Unit

(Inra – VetAgro Sup)

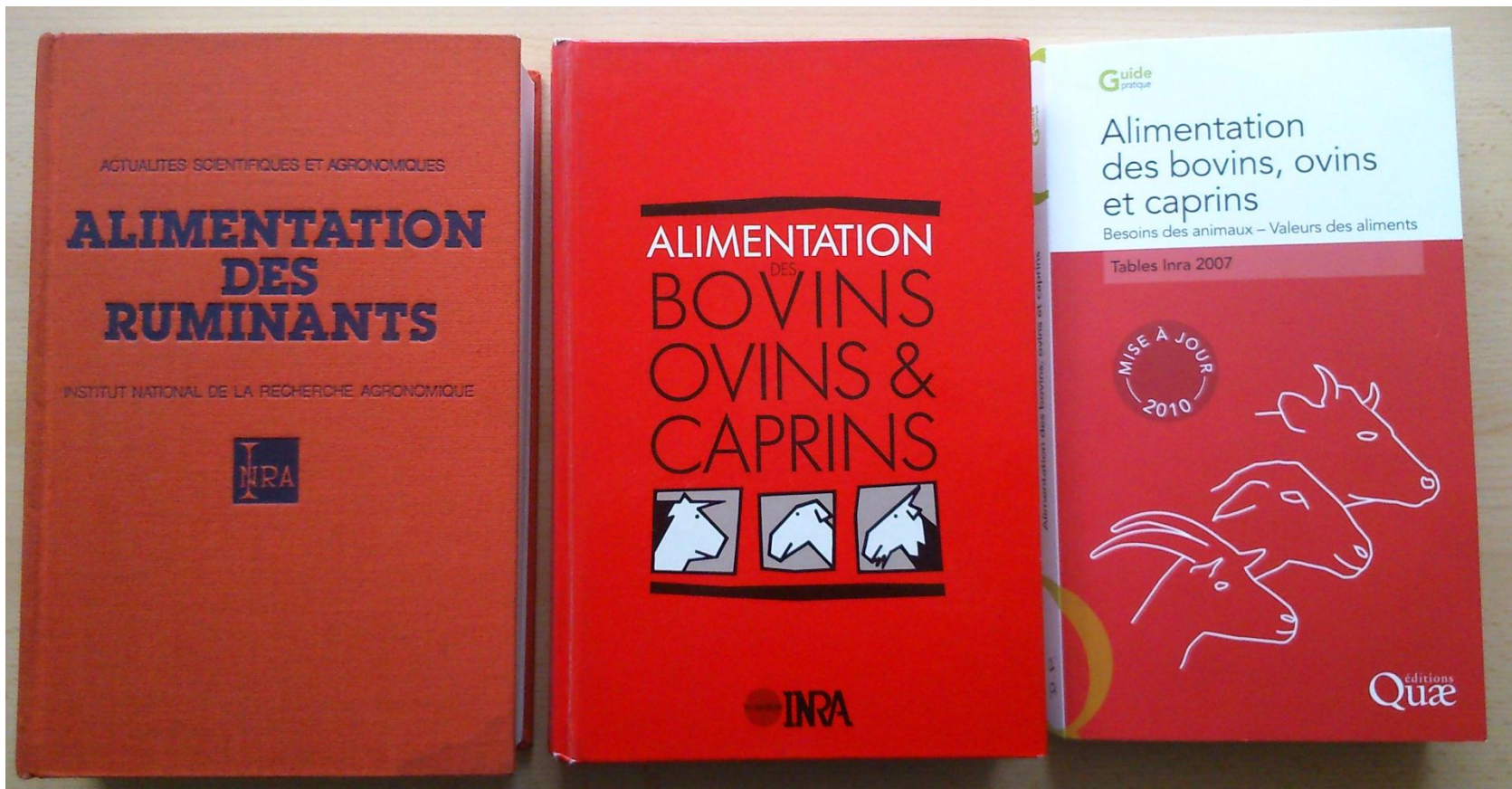


- Located in Auvergne *(mid-mountain area in the center of France)*
- 135 permanent staff and 100 temporary staff *(PhD students, post-doctoral fellows...)*, 7 research teams
- Research on ruminants from genomic to economic *(through digestive processes, production efficiency, milk and meat quality, animal welfare, sustainable systems...)*
- Contributes to develop the French system for ruminants feeding and works on the evolution of feeding recommendations

Le système français d'alimentation des ruminants et ses spécificités

- Publié dès 1978, en constante évolution avec l'amélioration des connaissances
- Non pas 1 système mais 4 systèmes :
 - **UF** (**U**nités **F**ourragères → énergie)
 - **UE** (**U**nités d'**E**ncombrement → ingestibilité)
 - **PDI** (**P**rotéines **D**igestibles dans l'**I**ntestin → azote)
 - **Ca_{abs} - P_{abs}** (→ principaux minéraux)
- Un système cohérent : besoins des animaux + valeurs des aliments exprimés dans les mêmes unités → facilité de rationnement

Le « Livre rouge » de l'INRA la référence sur le système français



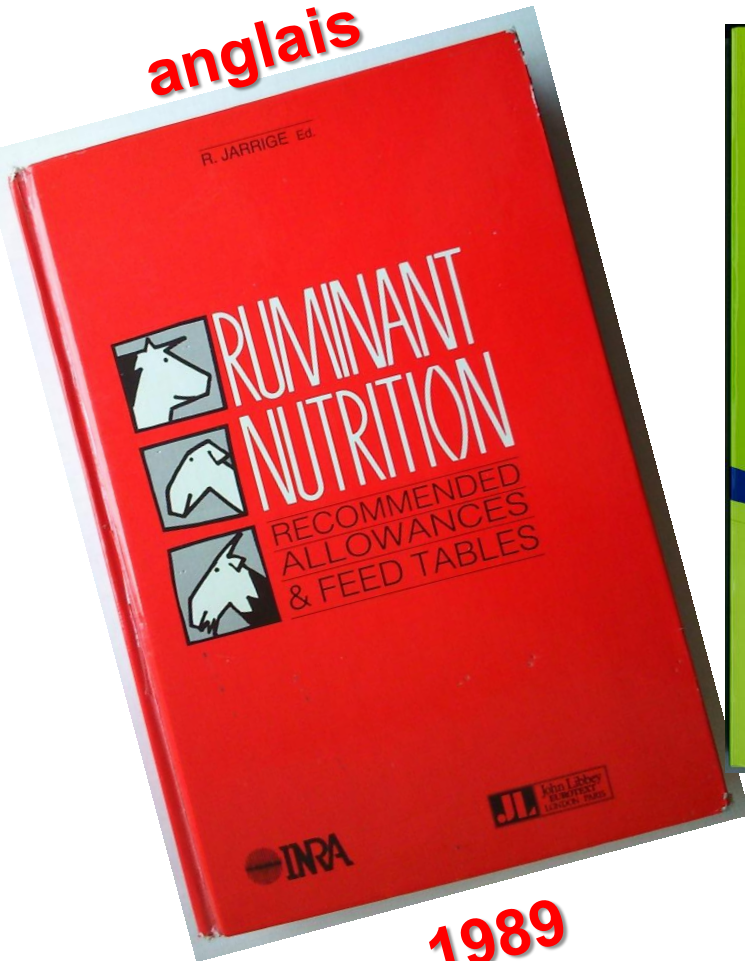
1978 / 1980

1988

2007 / 2010

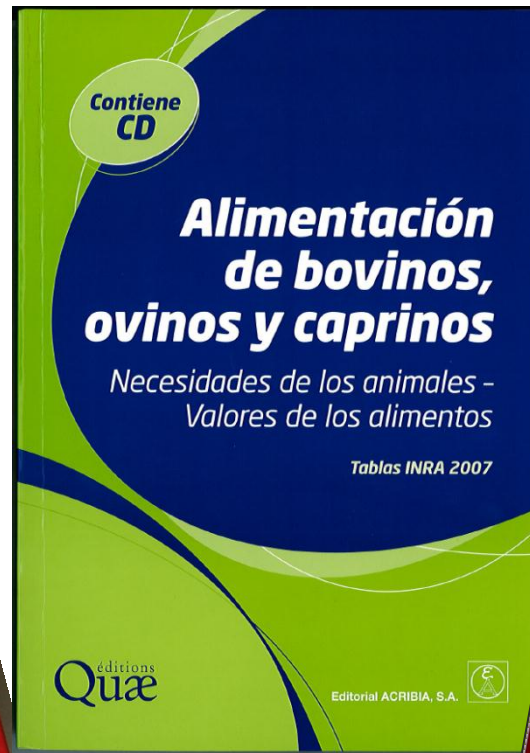
Le « Livre rouge » de l'INRA un ouvrage à vocation internationale

anglais



1989

español



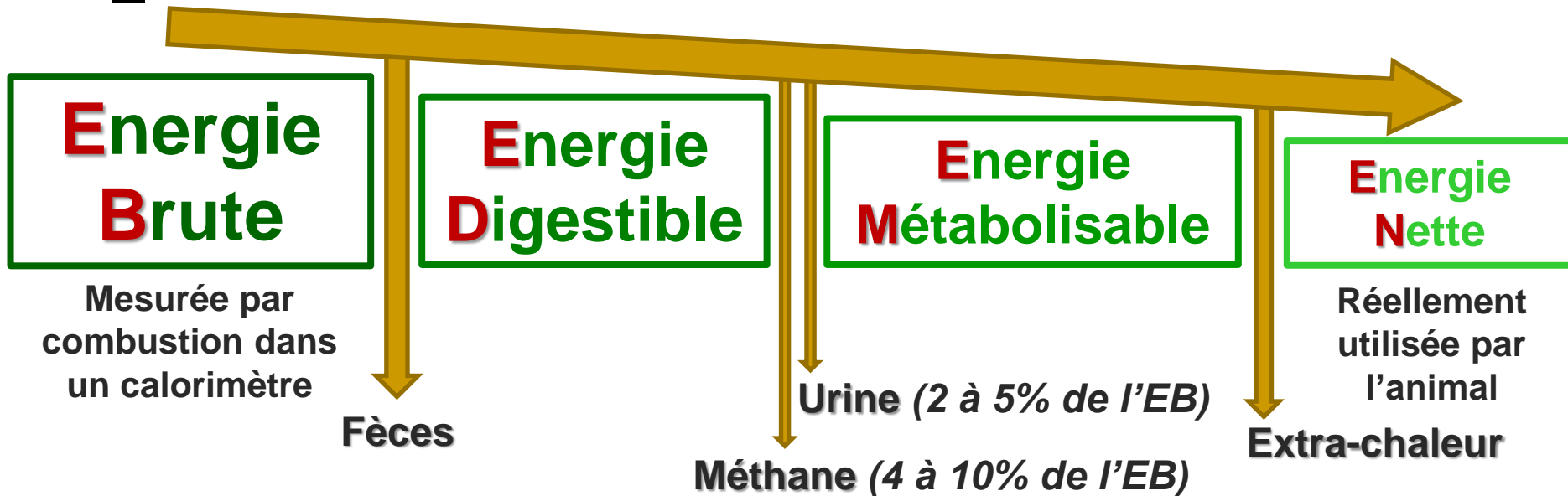
2010

chinois



2013

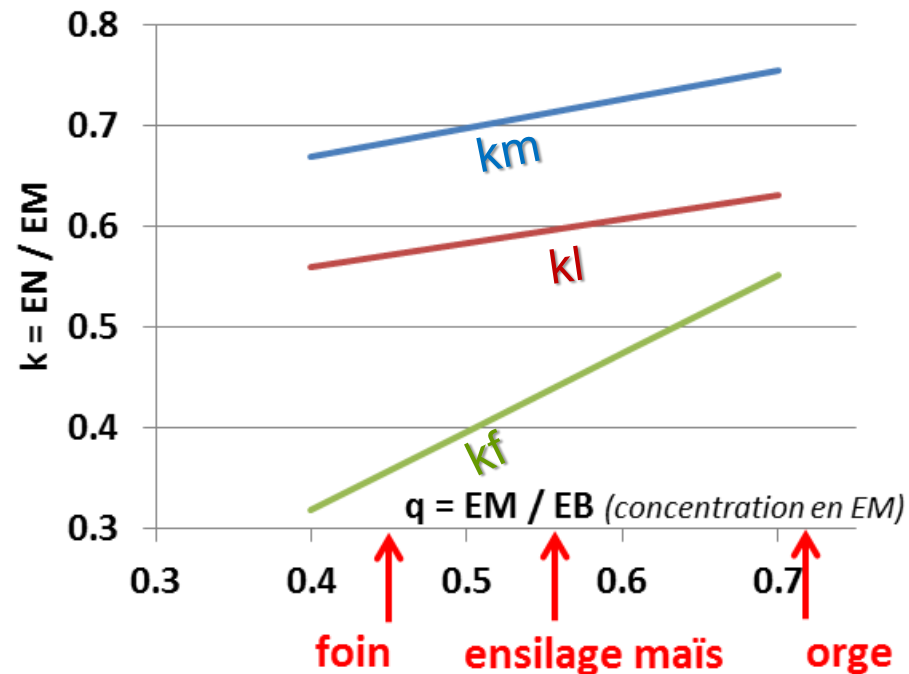
Utilisation de l'énergie des aliments par les ruminants



- Digestibilité de l'énergie : $dE = ED / EB$
(ex : 88% pour le maïs ; 40% pour la paille)
- L'extra-chaleur (et donc l'EN) dépend de la nature des nutriments et de leur utilisation (entretien, croissance ou production)

Les rendements d'utilisation de l'EM en EN (km, kl, kf)

- EN d'entretien = EM x **km** (*maintenance*)
- EN de lactation = EM x **kl** (*lactation*)
- EN d'engraissement = EM x **kf** (*fat*)
- **km** > **kl** > **kf** (*moins de perte d'énergie pour l'entretien et la lactation que pour la croissance*)



On ne peut pas donner 1 valeur unique d'énergie
→ **Tables Inra 2007** : 2 valeurs d'EN par aliment

Le systèmes UFL et UFV

Unités Fourragères Lait et Viande

- Le système **UFL** basé sur l'EN de lactation (**kl**) → pour les femelles productrices de lait (*toutes espèces*) et tous les animaux à l'entretien ou à croissance modérée ($<750 \text{ g/j}$)
- Le système **UFV** basé sur une combinaison d'EN engraissement/entretien (**kmf**) → pour les animaux ayant une forte croissance (*taurillons, génisses à viande, bœufs...*)
- Un repère clé : l'énergie d'un kilo d'orge
→ **1 UFL = EN de 1 kg d'orge à 86% MS**
(= **1700 kcal d'EN de lactation**)

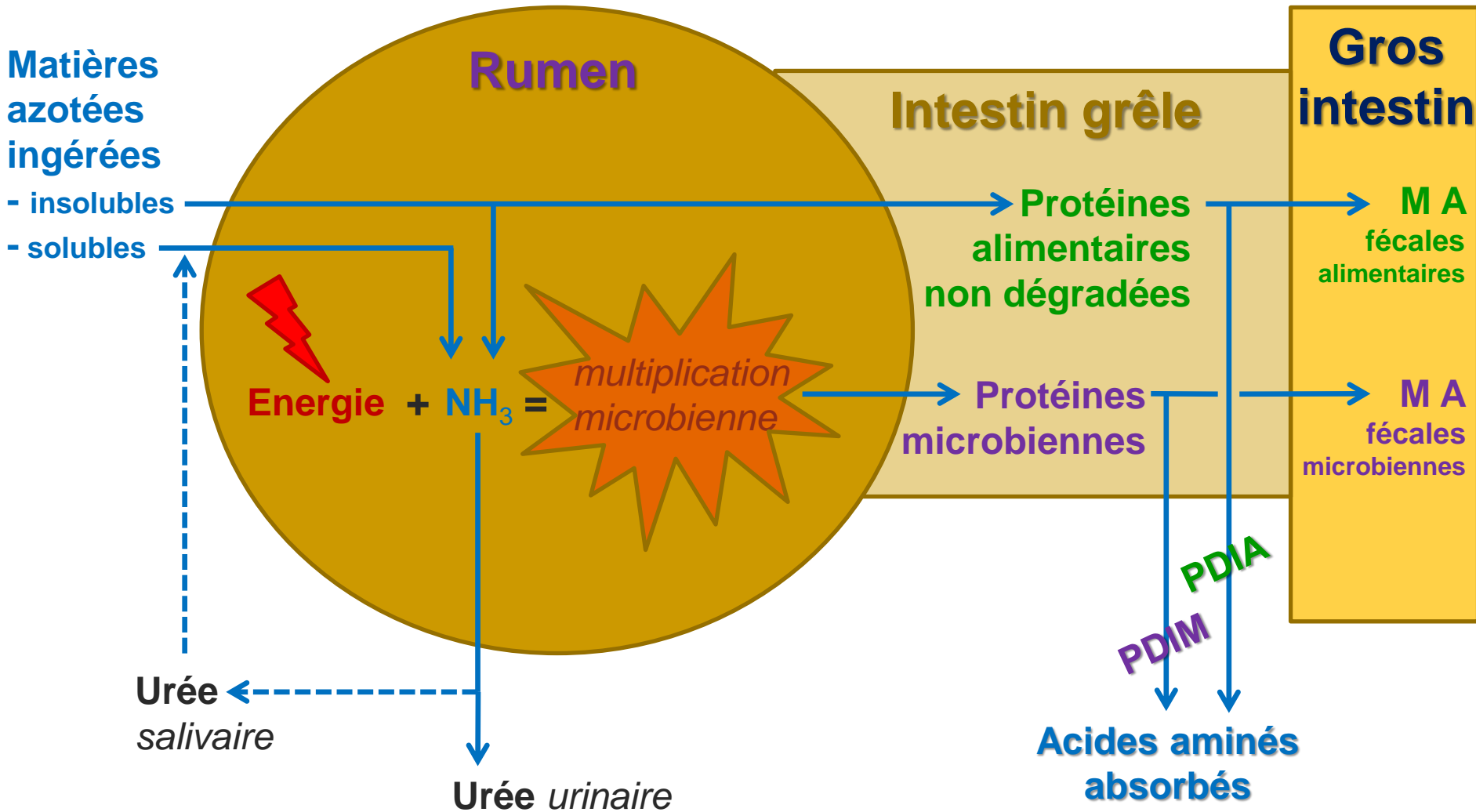
L'ingestion des fourrages et les Unités d'Encombrement

- La capacité d'ingestion d'un animal varie :
 - ☑ selon la taille de son rumen, ses besoins, ses réserves corporelles, son appétit...
 - ☑ selon le fourrage ingéré (*herbe fraîche ↗ / paille ↘*)
 - L'Inra a donc choisi un animal et un fourrage standard pour créer les **UE** (*Unité d'Encombrement*) :
 - ☑ bélier castré de 60 kg (*en fin de croissance*)
 - ☑ bonne herbe de pâturage (*15% MAT, 25% CB*)
- **par définition, 1 kg MS de cette herbe a une valeur d'encombrement de 1 UE Mouton (= UEM)**

Les valeurs d'encombrement des autres fourrages et types d'animaux

- Les valeurs **UEM** des autres fourrages ont été calculées (*règle de 3*) à partir de mesures d'ingestion sur le même mouton standard :
 - ☑ herbe standard = 1,62 kg MS/j → 1,0 UEM
 - ☑ paille = 0,70 kg MS/j → 2,31 UEM (= 1,62 / 0,70)
 - Des valeurs **UEL** (*vache laitière*) et **UEB** (*bovin allaitant/ croissance*) ont été calculées idem :
 - ☑ vache adulte (600 kg, pleine lactation, 25 kg/j de lait à 4% de MG) → 17 kg MS/j (d'herbe standard à 1 **UEL**)
 - ☑ génisse laitière d'élevage (400 kg) → 8,5 kg MS/j
- **Tables Inra 2007** : 3 valeurs d'UE par fourrage

Nutrition azotée des ruminants



La valeur azotée des aliments

- Valeur exprimée en **PDI** (***P**rotéines **D**igestibles au niveau de l' **I**ntestin*)
- $PDI = PDIA + PDIM$ (protéines d'origines *alimentaire et microbienne*)
- Valeur exprimée en g/kg MS
- **PDIA** dépend de la digestibilité réelle (**dr**) des protéines alimentaires (de 0,60 à 0,95)
- **PDIM** dépend de l'azote fermentescible et de l'énergie fermentescible disponibles dans le rumen pour la synthèse microbienne

Les 2 valeurs PDI d'un aliment

- Chaque aliment apporte de l'**azote** fermentescible au niveau du rumen : il est donc caractérisé par une valeur **PDIMN**
- Chaque aliment apporte aussi de l'**énergie** fermentescible au niveau du rumen : il est donc caractérisé par une valeur **PDIME**
- **Tables Inra 2007** : 2 valeurs PDI par aliment
PDIN = **PDIMN** + **PDIA**
PDIE = **PDIME** + **PDIA**
- La valeur PDI la plus faible est limitante

Les principaux minéraux calcium et phosphore

- Ca et P sont les 2 minéraux pour lesquels les besoins des animaux sont bien connus
- Selon la nature de l'aliment, seule une fraction de Ca et P est absorbable
- En moyenne $Ca_{abs} = 0,40 Ca$ et $P_{abs} = 0,65 P$

(en g/kg MS)	Ca	Ca_{abs}	P	P_{abs}
Foin de prairie permanente	5.1	1.8 35%	2.7	1.9 70%
Ensilage de maïs	2.0	0.8 40%	1.8	1.3 72%
Tourteau de tournesol	4.4	2.4 55%	11.3	7.4 65%
Pulpe de betterave	14.8	3.0 20%	1.0	0.9 90%

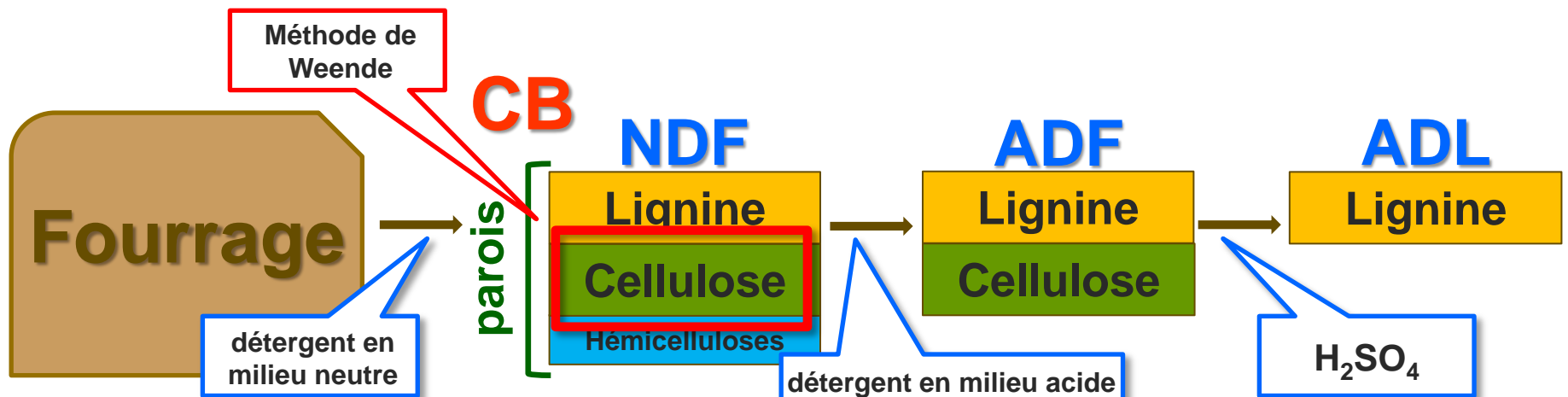
Analyse des fourrages

la répartition chimique des constituants

Fourrage	Eau				
	Matière sèche	Matières minérales MM <i>6h / 550°C</i>	Macro-éléments	Ca, P, Mg, K, Na, Cl	
			Oligo-éléments	Fe, Cu, Zn, Mn, Se...	
	MS	Matière organique	Glucides	du cytoplasme	glucose, fructose, saccharose, amidon...
				des parois CB, ADF, ADL...	lignine, cellulose, hémicelluloses...
			Matières grasses	MG (=lipides)	triglycérides...
			Matières azotées	protéiques	(poly)peptides, acides aminés, protéines
	MAT	non protéiques		urée, ammoniac, bases azotées	
		MO			
		=MS-MM			
	<i>4h</i> <i>103°C</i>				

Composition des parois

- Cellulose **B**rute (*méthode de Weende = double hydrolyse, acide → basique*) : **CB** = cellulose + petite fraction hémicelluloses et lignine (*Fr*)
- Fractionnement des parois (**NDF, ADF, ADL**) : méthode de Van Soest (*USA*)



[Analyses complémentaires] microbiologiques et enzymatiques

→ Visent à reproduire la digestion des aliments dans le rumen

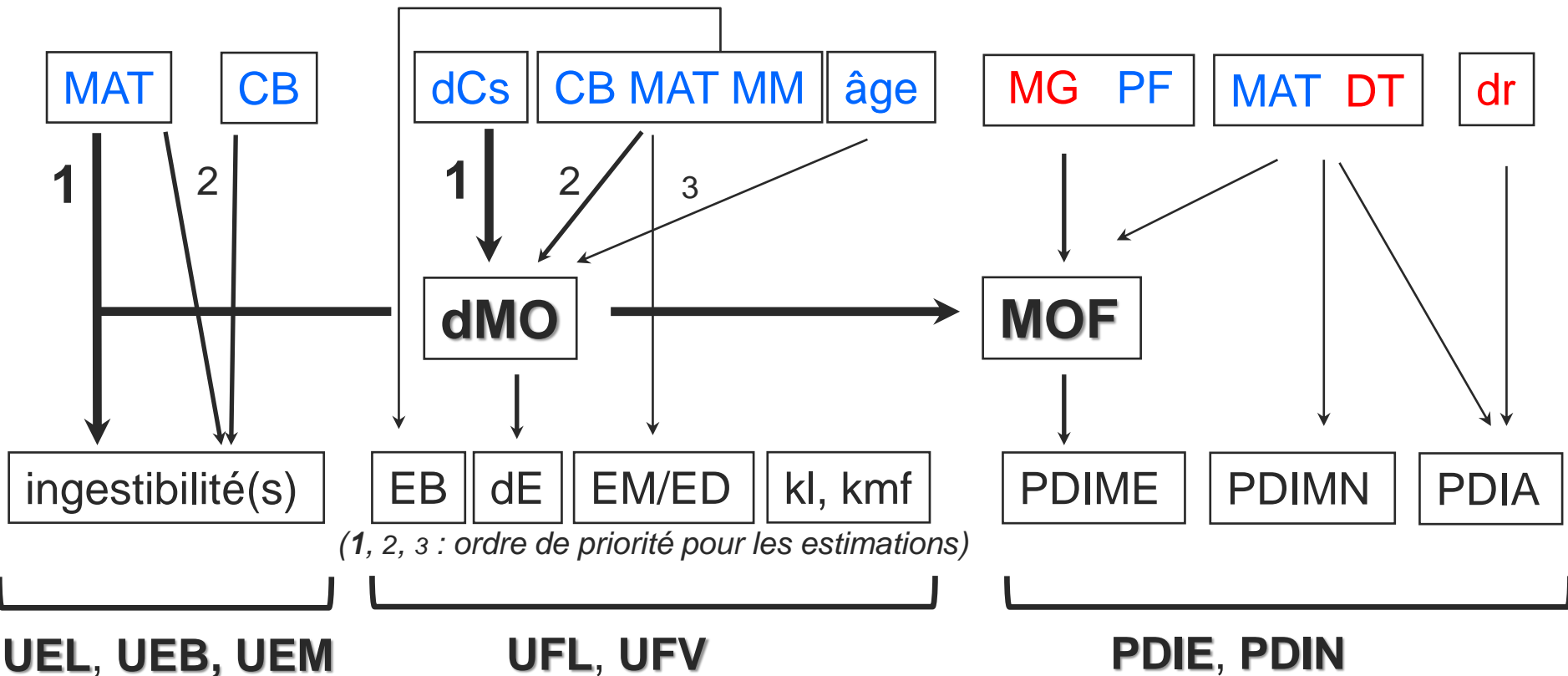
- Digestibilité de la MO (**dMO**) : digestibilité en sachets nylon
(nécessite des animaux canulés du rumen)
- Dégradabilité enzymatique (**dCs** ou **dCo**) : par la pepsine-cellulase
(améliore la précision des analyses chimiques)
- Dégradabilité enzymatique de l'azote à 1 heure (**dE1**)

Exemples de composition (%)

	parois	MAT	MG	amidon	sucre
Fourrage de graminées	40-80	6-15	<3	0-3	4-25
Ensilage de maïs	40-60	6-11	3-4	15-30	10-20
Fourrage de légumineuses	35-75	15-20	<3	0-3	4-25
Pailles	70-90	2-6	<2	0	0
Racines et tubercules	20-50	5-15	<3	0-70	2-65
Graines de céréales	15-45	8-16	<4	45-85	1-6
Graines de protéagineux	15-25	20-30	<10	1-50	1-6
Graines d'oléagineux	15-25	15-25	15-40	<1	1-6
Tourteaux	15-80	20-60	2-8	5-25	1-10
Co-produits de céréales	40-90	5-20	2-6	0-60	1-5

Paramètres nécessaires à la prévision des valeurs nutritives

Critères **mesurés** ou lus dans les **Tables Inra 2007**



Concentrés : idem + dCo et dE1 ; pas de valeur UE

Les besoins des ruminants

Entretien, production, gestation

- Bien alimenter un ruminant consiste avant tout à nourrir correctement sa flore ruminale
- Bactéries ($10^{10}/mL$) et protozoaires ($10^6/mL$) baignent dans un milieu tampon et dégradent en continu les aliments
- C'est l'équilibre des apports énergétiques et azotés (*quantité, qualité, disponibilité...*) qui favorise le bon fonctionnement de ce fermenteur

Les facteurs de variations de ces besoins

- Les caractéristiques de l'animal

Espèce (*bovin, ovin, caprin*), race (*laitière, allaitante*), sexe
Age (\rightarrow *croissance*)

Poids

Etat corporel d' "engraissement" (*NEC de 0 à 5*)

- Le gain de poids (*et sa composition*)

- Le stade de lactation (*et/ou de gestation*)

- La quantité de lait produite

- La composition du lait (*TB et TP*)

Exemple de la vache laitière

Le cas le plus complexe



Pour les bovins en croissance et les vaches allaitantes → **Tables Inra 2007**

L'expression et le calcul des besoins énergétiques

■ **Energie** en Unités Fourragères Lait (**UFL**)

$$\text{BesUFL} = (0,041 \times PV^{0,75}) \times I_{\text{act}} + (0,44 \times PL_{4\%}) + (0,00072 \times PV_{\text{nais}} \times e^{0,116 \times \text{semG}}) + (3,25 - 0,08 \times \text{âge})$$

- ⇒ $PV^{0,75}$ = poids métabolique (ex : $600^{0,75} = 121$ kg)
 I_{act} = indice d'activité (entravée = 1 ; libre = 1,1 ; pâturage = 1,2)
- ⇒ $PL_{4\%}$ = lait standard en kg/j (40 g/kg de TB et 31 de TP)
- ⇒ PV_{nais} = poids du veau à la naissance en kg
 $e = 2,718$
 semG = semaine de gestation
- ⇒ âge en mois (jusqu'à 40 mois)

L'expression et le calcul des besoins azotés

- **Protéines** en g de Protéines Digestibles au niveau de l'Intestin [**PDI** (*PDIN* et *PDIE*)]

$$\text{BesPDI} = (3,25 \times PV^{0,75}) + (PL \times \boxed{TP / 0,64}) + 48 \text{ g/L}$$

$(0,07 \times PV_{\text{nais}} \times e^{0,111 \times \text{semG}}) + (422 - 10,4 \times \text{âge})$

- **Equilibre PDIN PDIE** ($R_{mic} = PDIN - PDIE / UF$)

pour le bon fonctionnement du rumen

$R_{mic} \gg 0 \rightarrow$ fuite d'azote urinaire

$R_{mic} \leq 0 \rightarrow$ ok avec recyclage de l'urée salivaire

$R_{mic} \ll 0 \rightarrow$ modifier la ration : urée, concentré...)

- **Lys**_{dig} et **Met**_{dig} : 7,3 et 2,5% des PDIE

Quelques chiffres clés

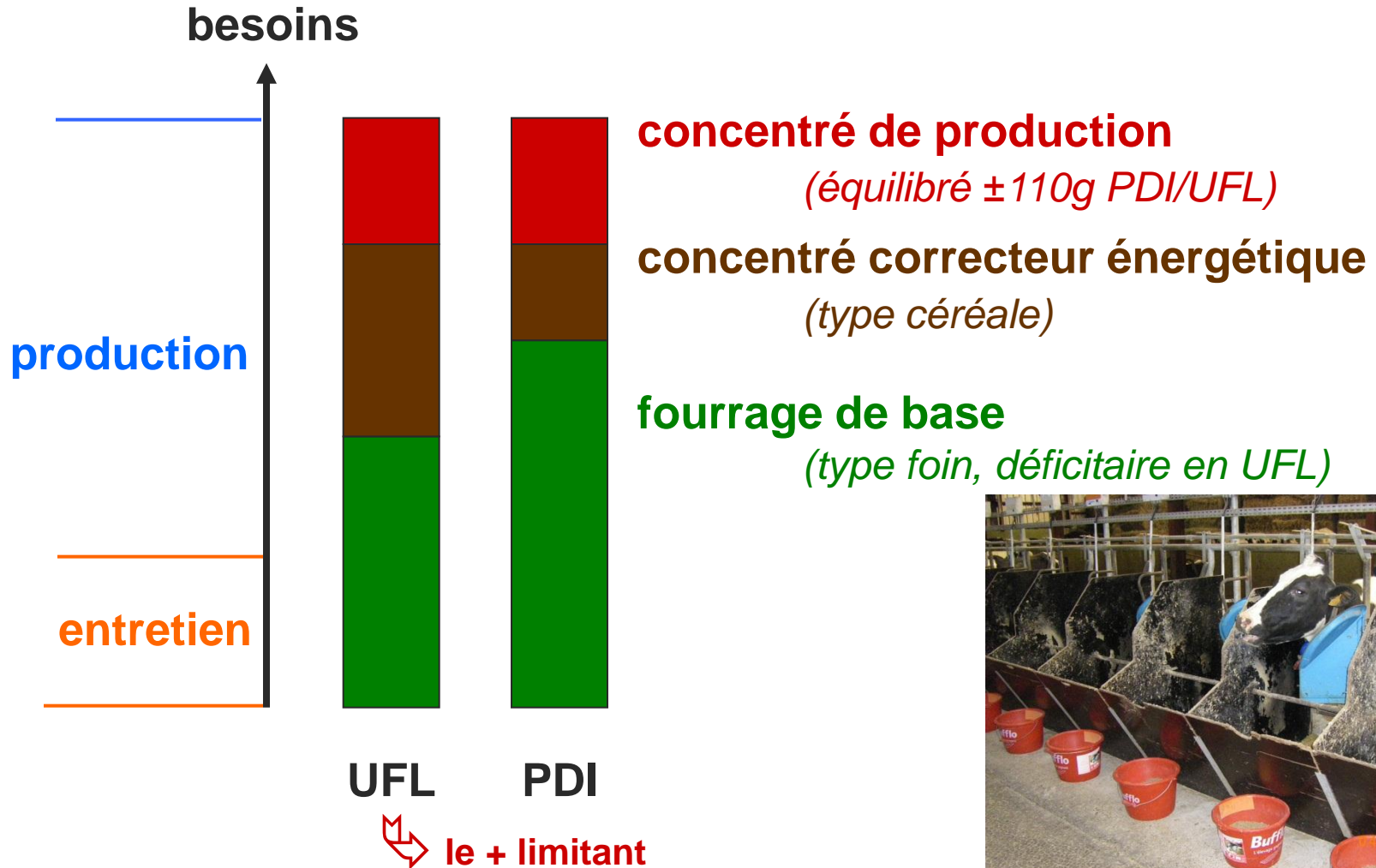
- **0,44 UFL par kg de lait** et
5 UFL pour 600 kg PV ($\pm 0,6 / 100$ kg)
- **48 g de PDI par kg de lait** et
400 g PDI pour 600 kg PV ($\pm 50 / 100$ kg)
- Ration équilibrée à **± 100 g PDI / UFL**

[Le rationnement des ruminants]

- Calculer les quantités de fourrages, concentrés et minéraux à distribuer à un animal pour assurer au mieux la couverture des besoins **UF**, **PDI**, **Ca** et **P** (*associés à un objectif de production*)
- Prendre en compte la capacité d'ingestion de l'animal et la valeur d'encombrement des fourrages (**UE**)

Illustration du rationnement

(correcteur énergétique + concentré de production)



[Le rationnement pratique



- Les notions de base du rationnement des ruminants sont simples
- Leur mise en œuvre est possible à partir des **Tables Inra 2007** et d'un tableur Excel mais
 - nombreuses productions, espèces, cas particuliers
 - calculs itératifs et systèmes d'équations complexes
- Il existe des outils développés par l'Inra
 - logiciel **INRAtion** (*pour le calculs à partir d'aliments connus*)
 - logiciel **PrévAlim** (*pour les valeurs de nouveaux aliments*)
 - CD **INRAlim** (*livré avec les Tables Inra 2007*)

INRAlim et PrévAlim

1250 fourrages, 150 co-produits, 50 minéraux

The screenshot shows the 'Consult feedstuffs' window with the following fields:

- Database: INRA
- Feedstuff code: [empty]
- Type of Feedstuff: Forages
- Preservation method: Straws stovers, husks
- Type of forage: Com canes
- Species or Region: [empty]
- Year: [empty]
- Harvesting process: [empty]
- Out number: [empty]
- Growth stage: [empty]
- Growth stage details: [empty]

The 'Feedstuff nutrient values' table is shown below:

Name	DM %	UFL	PDIE	PDIN	Pabs	Caabs	PDIA	CP	CF	OM
Straws stovers, husks, Com canes Fresh	52.4	0.60	60	30	0.8	1.2	15	48	310	914
Straws stovers, husks, Com canes Ensiled	31.0	0.61	46	38	0.8	1.2	15	66	337	907
Straws stovers, husks, Com canes Ammonia-treated 5%	60.0	0.73	68	62	0.8	1.2	15	144	340	908

Plus de 60 critères disponibles

Buttons: Find, Details ..., Close

Possibilité avec **PrévAlim 3.23** de saisir ses propres valeurs d'analyse

Forrage FF0320

INRA Code 88 486 Feedstuff Code FF0320

Feedstuff name: Hays Hills (Auvergne) Field-cured, no rain First growth 07/10: flowering

Type of feedstuff: Forages

Harvesting process: Hays

Type of forage: Natural grassland

Species or Region: Hills (Auvergne)

Year:

Preservation method: Field-cured, no rain

Cut number: First growth

Growth stage: with ears or buds

Growth stage details: 07/10: flowering

Analysis method: Chemical composition Hays

Values	Reference	Analysis	Predicted
Age d			
DM %	85.0	85.0	
CP g	88	90	
CF g	342	320	
Ash g	81	80	
dCs %			
OMD %	56.0		56.7
UFL	0.63		0.64
UFV	0.53		0.54
PDIA g	23		24
PDIN g	55		56
PDIE g	68		69
SFU	1.49		1.45
LFU	1.11		1.07
CFU	1.20		1.13
LysDi	7.09		7.07
MetDi	1.91		1.91

DM as fed

CE/ADF

Equations

Save

Print...

Close

[0 .. 100]Unknown unit

Possibilité avec **PrévAlim 3.23** de saisir ses propres valeurs d'analyse

Forrage FF0320

INRA Code 88 486 Feedstuff Code FF0320

Feedstuff name: Hays Hills (Auvergne) Field-cured, no rain First growth 07/10: flowering

Type of feedstuff: Forages

Harvesting process: Hays

Type of forage: Natural grassland

Species or Region: Hills (Auvergne)

Year:

Preservation method: Field-cured, no rain

Cut number: First growth

Growth stage: with ears or buds

Growth stage details: 07/10: flowering

Analysis method: Chemical composition Hays

Values	Reference	Analysis	Predicted
Age d			
DM %	85.0	85.0 «	
CP g	88	90 «	
CF g	342	320 «	
Ash g	81	80 «	
dCs %		56.0 «	
OMD %	56.0		59.9
UFL	0.63		0.68
UFV	0.53		0.59
PDIA g	23		24
PDIN g	55		56
PDIE g	68		71
SFU	1.49		1.48
LFU	1.11		1.08
CFU	1.20		1.15
LysDi	7.09		7.10
MetDi	1.91		1.92

DM as fed

CE/ADF

Equations

Save

Print...

Close

[0 .. 100]%

Possibilité avec **PrévAlim 3.23** d'accéder au détail des équations

The screenshot shows the PrévAlim 3.23 software interface. The main window is titled 'Equations' and contains a table with two columns: 'Values' and 'Equations'. The table lists various variables and their corresponding equations. A red arrow points from the 'Equations' button in the right-hand panel to the 'Equations' window.

Values	Equations
DM	
DM	
CP	
CF	
Ash	
OMD	$dMO = 20.40 + (0.706 \times dCs)$
UFL	$EB = 4400 \quad dE = 0.56 \quad ED = 2485 \quad NA = 1.21 \quad EM/ED = 0.81 \quad EM = 2025 \quad ENL = 1161 \quad UFL = ENL / 1700$
UFV	$EB = 4400 \quad dE = 0.56 \quad ED = 2485 \quad NA = 1.21 \quad EM/ED = 0.81 \quad EM = 2025 \quad ENEV = 1074 \quad UFL = ENL / 1820$
PDIA	$DT = 0.66 \quad dr = 0.70 \quad PDIA = MAT \times (1 - DT) \times 1.11 \times dr$
PDIN	$PDIMN = MAT \times (1 - 1.11 \times (1 - DT)) \times 0.9 \times 0.8^2 \quad PDIN = PDIA + PDIMN$
PDIE	$MOF = 0.513 \quad PDIME = MOF \times 145 \times 0.8^2 \quad PDIE = PDIA + PDIME$
SFU	$QIM = 13.80 + (0.0759 \times MAT) + (0.5025 \times dMO) \quad UEM = 75 / QIM$
LFU	$QIL = 71.66 + (0.0449 \times MAT) + (0.8903 \times dMO) \quad UEL = 140 / QIL$
CFU	$QIB = 16.12 + (0.0512 \times MAT) + (1.0319 \times dMO) \quad UEB = 95 / QIB$
LysDI	
MetDI	

The right-hand panel shows a control area with a radio button for 'DM' (selected) and 'as fed'. Below this are several buttons: 'CE/ADF', 'Equations', 'Save', 'Print...', and 'Close'. A red arrow points from the 'Equations' button to the 'Equations' window.

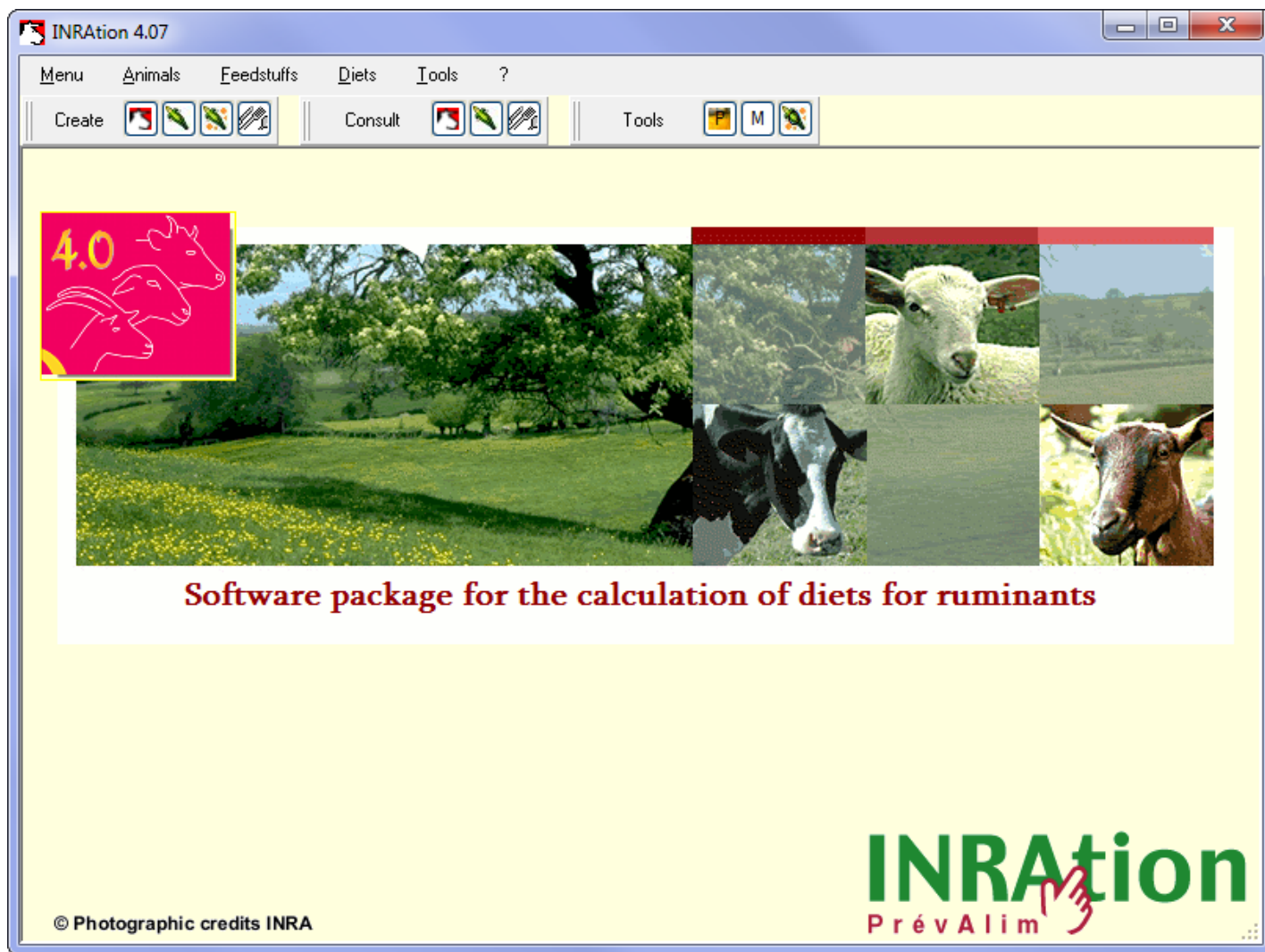
At the bottom of the interface, there is a table with the following data:

Variable	Value
LysDI	7.09
MetDI	1.91
	7.10
	1.92

The status bar at the bottom left shows '[0 .. 100]%'. The 'Quit' button is visible in the bottom right corner of the 'Equations' window.

INRAtion 4.07

le logiciel de rationnement



INRAtion 4.07

création de nouveaux animaux

Choix du type d'animal

Personalisation et sauvegarde

Name: China cow

Lactating cow Dry cow

Parity: multiparous Activity: free housing

Calving

Age	40	Live weight	600
Body condition score	2.5	Week of insemination	13
Calf live weight	42	Milk potential at peak	30

Fat content: 40 Protein content: 31

Print ... Apply OK Cancel

© Phd [350..900] kg

INRAtion 4.07

création de fourrages personnalisés

New feedstuff

Feedstuff name: Hays. Hills (Auvergne), Field-cured, rain<10d, 3rd growth, leafy regrowth 7 w.

Type of feedstuff: Forages

Preservation method: Hays

Database: USER FEEDSTUFFS

Feedstuff code: FF2650 FF code: FV0220

Main values Additional values dry as fed

DM %	85.0	Ca	5.8	CP	166	Na	2.7
SFU	1.34	Caabs	2.0	CF	281	Cu	7
LFU	1.04	PDIA	54	OM	900	Zn	80
CFU	1.06	LysDI	6.88	OMD	66.0	Mn	110
UFL	0.76	MetDI	1.76	Starch		Co	0.10
UFV	0.68	degN	65.2	Sugar		Se	0.02
PDIE	103	dsi	84.7	EE	13	Iodine	0.10
PDIN	113	NDF	578	FP		VitA	1 500
P	2.4	ADF	310	Mg	2.0	VitD	5
Pabs	1.6	ADL		S	3.6	VitE	10

Complete... Print ... Apply OK Cancel

A partir de la base Inra ou de sa propre base

Personnalisation et sauvegarde

INRAtion 4.07

création des rations

Choix et personnalisation de l'animal
(*stade, production...*)

The screenshot displays the 'New diet' dialog box in the INRAtion 4.07 software. The 'Animal' tab is active, showing a 'Dairy cow' with the name 'Demonstration animal'. The cow is a 'Lactating cow' with a parity of 'Multiparous' and 'free housing' activity. The 'Estimate milk yield' section shows a 'Week of lactation' of 13 and a 'Potential milk production' of 26 kg/d. A graph plots 'Potential milk production (kg/d)' against 'Week of lactation', showing a peak of approximately 30 kg/d at week 5. The 'Name of diet' is 'USER DIETS' and the fat content is 40 g/kg of milk.

Parameter	Value
Species	Dairy cow
Name	Demonstration animal
Stage	Lactating cow
Parity	Multiparous
Activity	free housing
Calving Age	40
Live weight	650
Body condition score	2.5
Week of insemination	13
Calf live weight	42
Milk potential at peak	30
Fat content	40
Protein content	31
Week of lactation	13
Potential milk production	26
Body condition score	0.0

Graph: Potential milk production (kg/d) vs Week of lactation

Week of lactation	Potential milk production (kg/d)
0	25
5	30
10	28
15	25
20	22
25	20
30	18
35	16
40	14
45	11
50	8

INRAtion 4.07

choix des fourrages et concentrés

The screenshot shows the 'Consult feedstuffs' dialog box in the INRAtion 4.07 software. The dialog box is divided into two main sections: 'Feedstuff identification' and 'Feedstuff nutrient values'.

Feedstuff identification section:

- Database: INRA
- Feedstuff code: [empty]
- Type of Feedstuff: Ingredients
- Type of Ingredient / Mixture: Oilseed meals
- Ingredient: [empty]
- Species or Region: [empty]
- Year: [empty]
- Harvesting process: [empty]
- Cut number: [empty]
- Growth stage: [empty]
- Growth stage details: [empty]

Feedstuff nutrient values section:

Name	Feedstuff c	FF code	DM %	SFU	LFU	CFU	UFL	UFV	PDIE	PD
Oilseed meals, Groundnut meal, detox	CX0010		89.6	0.00	0.00	0.00	1.12	1.08	240	
Oilseed meals, Groundnut meal, detox	CX0020		89.2	0.00	0.00	0.00	1.06	1.01	237	
Oilseed meals, Cocoa meal	CX0030		88.2	0.00	0.00	0.00	0.49	0.38	75	
Oilseed meals, Rape seed meal	CX0040		88.7	0.00	0.00	0.00	0.96	0.90	155	
Oilseed meals, Copra meal, expeller	CX0050		91.2	0.00	0.00	0.00	1.04	1.00	159	
Oilseed meals, Cotton seed meal, extr.	CX0060		91.3	0.00	0.00	0.00	1.03	0.97	229	
Oilseed meals, Cotton seed meal, extr.	CX0070		90.1	0.00	0.00	0.00	0.89	0.81	192	
Oilseed meals, Linseed meal, extracte	CX0080		88.6	0.00	0.00	0.00	1.00	0.95	202	
Oilseed meals, Linseed meal, expeller	CX0090		90.4	0.00	0.00	0.00	1.07	1.02	190	
Oilseed meals, Palm kemel meal, exp	CX0100		90.6	0.00	0.00	0.00	0.93	0.85	124	

Buttons at the bottom of the dialog box: Find, Add, Details..., Delete, OK, Close.

Buttons at the bottom of the main window: Name of diet [empty], USER DIETS, Calculate, Save, Close.

INRAtion 4.07

choix des contraintes sur les aliments

The screenshot shows the 'New diet' window in INRAtion 4.07. The 'Feedstuffs' tab is active, displaying a table with the following data:

Quantity	distrib.	Name	DM %	UFL	UFV	PDIN	PDIE	SFU	LFU	CFU	O
	ad libitum	Hays, Hills (Auvergne), Field-cure	85.0	0.63	0.53	58	72	1.49	1.11	1.20	
	first	Cereals, Barley	86.7	1.09	1.08	79	101	0.00	0.00	0.00	
	second	Oilseed meals, Cotton seed meal,	90.1	0.89	0.81	281	192	0.00	0.00	0.00	
	mineral	Calcium products, Ground limesto	95.0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	

A green box highlights the 'mineral' row. A green arrow points from this box to the text: 'A volonté, en quantités fixes ou limitées, pour couvrir les besoins énergétiques, azotés ou minéraux'.

At the bottom of the window, the 'Calculate' button is highlighted with a red arrow and the text: 'Lancement du calcul'.

INRAtion 4.07

la ration proposée

The screenshot shows the INRAtion 4.07 software interface. The main window is titled 'New diet' and contains a table of feedstuff quantities. A blue box highlights the first four rows of this table. A blue arrow points from the text 'Quantités en kg MS ou kg bruts' to the 'dry' radio button in the top right corner of the table. Below the table, a red box highlights a table of deviations. A red arrow points from the text 'Écarts par rapport à la ration idéale' to the 'PDIE' row in this table. The interface also includes a menu bar, a toolbar, and a status bar at the bottom.

Solutions	Feedstuffs	distrib.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
	Hays, Hills (Auvergne), Field-cure	ad libitum	12.5							
	Cereals, Barley	first	8.58							
	Oilseed meals, Cotton seed meal,	second	1.57							
	Calcium products, Ground limestc	mineral	0.227							

Quantités en kg MS ou kg bruts

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
UF	98.4							
PDIN	109.8							
PDIE	123.1							
Pabs	116.4							
Caabs	100.0							

Écarts par rapport à la ration idéale

INRAtion 4.07

une analyse fine des résultats

The screenshot shows the INRAtion 4.07 software interface. The main window is titled 'New diet' and has tabs for 'Animal', 'Feedstuffs', 'Targets', and 'Solution (1)'. The 'Solution (1)' tab is active, displaying a table of solutions. A context menu is open over the table, listing various analysis options. A green arrow points from the word 'Détail' to the 'Detail' option in the menu. A blue arrow points from the words 'Module troupeau' to the 'Herd module' option in the menu. The table below shows the following data:

Feedstuffs	distrib.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Hays, Hills (Auvergne), Field-cure	ad libitum	12.5							
Cereals, Barley	first	8.58							
Oilseed meals, Cotton seed meal,	second	1.57							
Calcium products, Ground limesto	mineral	0.227							

Additional data shown in the bottom right of the table:

	S1	S7	S8
UF	98.4		
PDIN	109.8		
PDIE	123.1		
Pabs	116.4		
Caabs	100.0		
Cost (as fed))			

INRAtion 4.07

les détails de la solution proposée

The screenshot displays the INRAtion 4.07 software interface. The main window is titled "New diet" and shows a "Diet details" window for a single diet. The diet details window is divided into two sections: "Proportion of supply" and "Diet summary".

Proportion of supply table:

Feedstuffs	distrib.	AS FED	DMI	UF	PDIN	PDIE	FU	Pabs	Caabs	Cost
Hays, Hills (Auvergne), Field-cured, no	ad libitum	14.0	11.9	7.48	689	855	13.19	11.9	11.9	
Cereals, Barley	first	10.04	8.71	9.49	688	879	3.38	26.1	4.4	
Oilseed meals, Cotton seed meal, extra	second	1.73	1.56	1.39	438	300	0.61	12.3	2.3	
Calcium products, Ground limestone	mineral	0.238	0.226					0.0	33.4	

Diet summary table:

	DMI	UFc	PDIN	PDIE	FU	Pabs	Caabs	Cost
Supplies	22.37	16.67	1815	2034	17.17	50.3	52.0	
Requirements		16.94	1655	1655	17.17	43.0	52.0	
Balance		-0.27	160	379	0.00	7.3	0.0	
% requirements		98.4	109.7	122.9	100.0	117.1	100.0	
Density	0.75	81	91	0.77	2.2	2.3		
Balance (obj)		-0.27	160	379				
% requirements (obj)		98.4	109.7	122.9				

UF correction: 1.69

(PDIN - PDIE) / UF: -13.1

Substitution: 0.35

Rmic < 0

→ ok avec recyclage de l'urée

INRAtion 4.07

le module « troupeau »

Step 3.0

Targets	14.0	17.0	20.0	23.0	26.0	29.0	32.0	35.0	38.0
Milk yield	14.0	17.0	20.0	23.0	26.0	29.0	32.0	35.0	38.0
UF % requirements	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
PDI % requirements	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Solutions

dry (selected) as fed

Feedstuffs	distrib.	14.0	17.0	20.0	23.0	26.0	29.0	32.0	35.0	38.0
Hays, Hills (Auvergne), Field-cure	ad libitum	12.900	12.700	12.600	12.500	12.500	12.500	12.700	13.000	13.400
Cereals, Barley	first	3.170	4.540	5.910	7.240	8.580	9.900	9.930	9.580	9.150
Oilseed meals, Cotton seed meal,	second	0.810	1.010	1.190	1.380	1.570	1.750	2.070	2.420	2.850
Calcium products, Ground limesto	mineral	0.123	0.149	0.175	0.201	0.227	0.253	0.276	0.298	0.319

Pour différents niveaux de production

Niveaux de production impossibles avec ce type de ration

	14.0	17.0	20.0	23.0	26.0	29.0	32.0	35.0	38.0
UF	98.7	98.6	98.5	98.4	98.4	98.3	94.0	88.9	84.6
PDIN	111.4	110.9	110.3	110.0	109.8	109.5	106.8	103.7	101.9
PDIE	127.6	126.1	124.8	123.8	123.1	122.5	117.6	112.1	107.9
Pabs	103.2	108.1	111.5	114.2	116.4	118.1	116.3	113.7	112.0
Caabs	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Buttons: Add..., Remove, Calculation, % (selected), balance, Reset the window, Print..., Close

INRAtion 4.07

parfois pas de solution

The screenshot shows the INRAtion 4.07 software interface. A red box highlights an error message: "The calculated diet is too rich in PDIE. Upper threshold allowed = 2482g Calculated value = 2764g (+282)". Below this, a red arrow points to the text "Expertise nécessaire du formulateur".

The interface displays several data tables and charts:

- Use feedstuffs with lower PDIE values:** A chart showing horizontal bars for DMI, FU, UF, and PDIE, with a red arrow pointing to the PDIE bar.
- Calculated supplies table:**

	DMI	FU	UFc	PDIE	PDIN
fixed forages					
fixed ingredients	4.00	1.49	4.36	404	316
Hays, Hills (Auvergne),	11.45	12.71	7.21	824	664
X Oilseed meals, Cotton :	8.00	2.98	7.12	1535	2247
✓ Oilseed meals, Cotton :					
✗ Oilseed meals, Cotton :					
Total	23.45	17.17	16.73	2764	3227

UF correction: 1.96

Requirements table:

	FU	UF	PDIE	PDIN
(N-E)	17.17	16.94	1655	1655
UF				

INRAtion 4.07

parfois plusieurs solutions possibles

Animal Feedstuffs Targets Solutions(3)

Solutions dry as fed

Feedstuffs	distrib.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Hays, Hills (Auvergne), Field-curr	ad libitum	12.5	12.5	12.4					
Cereals, Barley	first	8.58	6.11						
Oilseed meals, Cotton seed meal,	second	1.57							
Calcium products, Ground limestc	mineral	0.227	0.224	0.202					
Cereal by-product, Corn gluten fe	first		4.04	10.59					

UF 98.4 99.5 100.2
PDIN 109.8 106.6 133.6
PDIE 123.1 118.0 125.6
Pabs 116.4 134.0 192.9
Caabs 100.0 100.0 100.0
Cost (as fed)

Print ... % balance

Name of diet USER DIETS

1 nouvel
ingrédient
= 3 solutions

Choix sur des critères nutritionnels,
pratiques (*quantités disponibles*) ou économiques

Conclusion sur le système Inra et sur son intérêt pour la filière chinoise

- Un système universel (*espèces, aliments*), adapté à des productions et des régions géographiques variées (*notamment les zones de moyenne montagne*)
- Un système qui maximise l'utilisation des fourrages (*ressource la plus économique et qui n'entre pas en compétition avec l'alimentation humaine*)
- Un système qui peut intégrer de nouveaux fourrages et co-produits (*avec un minimum d'analyses chimiques*)



THANK YOU FOR YOUR ATTENTION



Dominique POMIÈS & Yayu HUANG