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-02792521

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)*

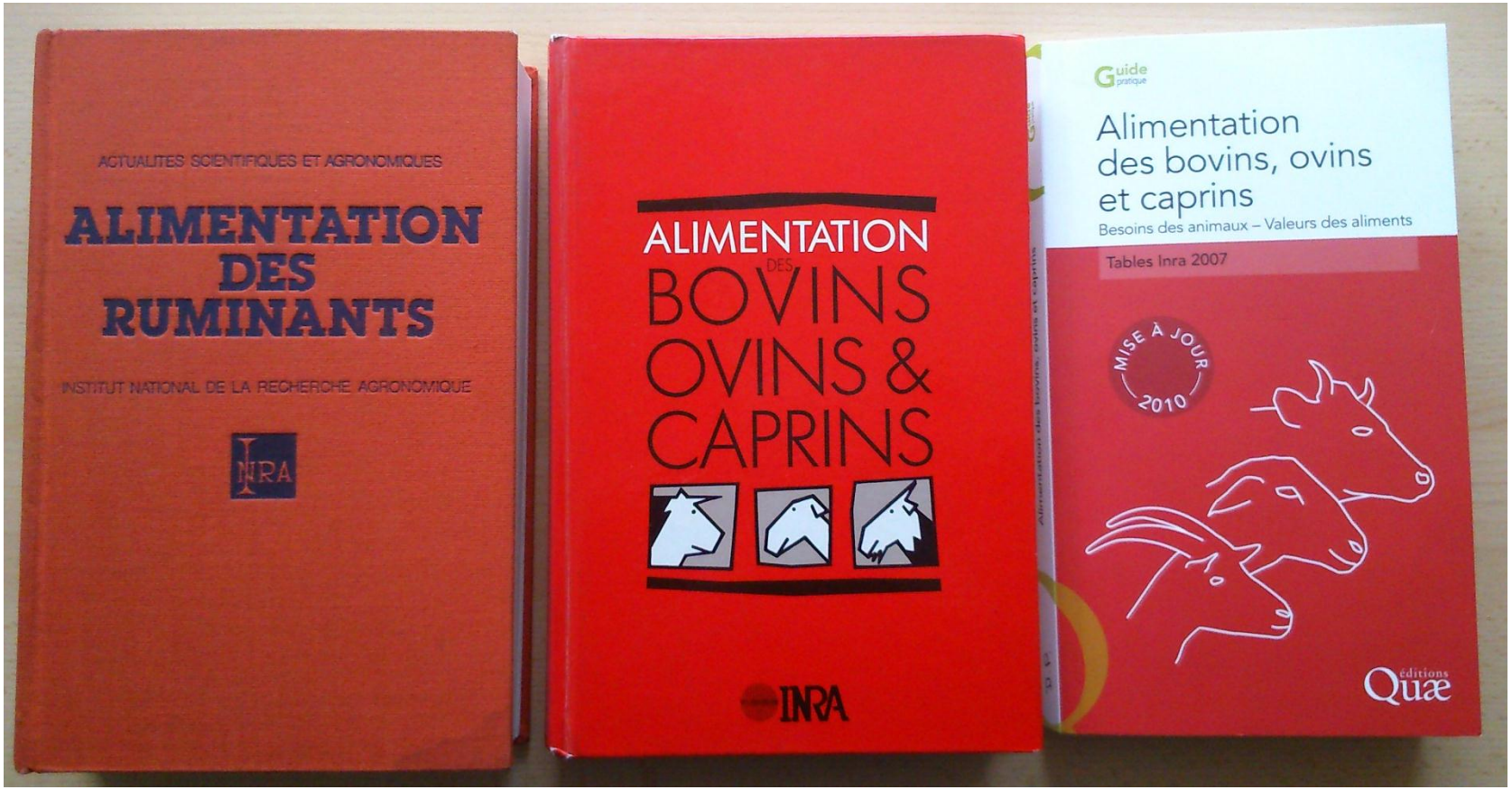
  - **UE** *(**U**nités d'**E**ncombrement → ingestibilité)*

  - **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

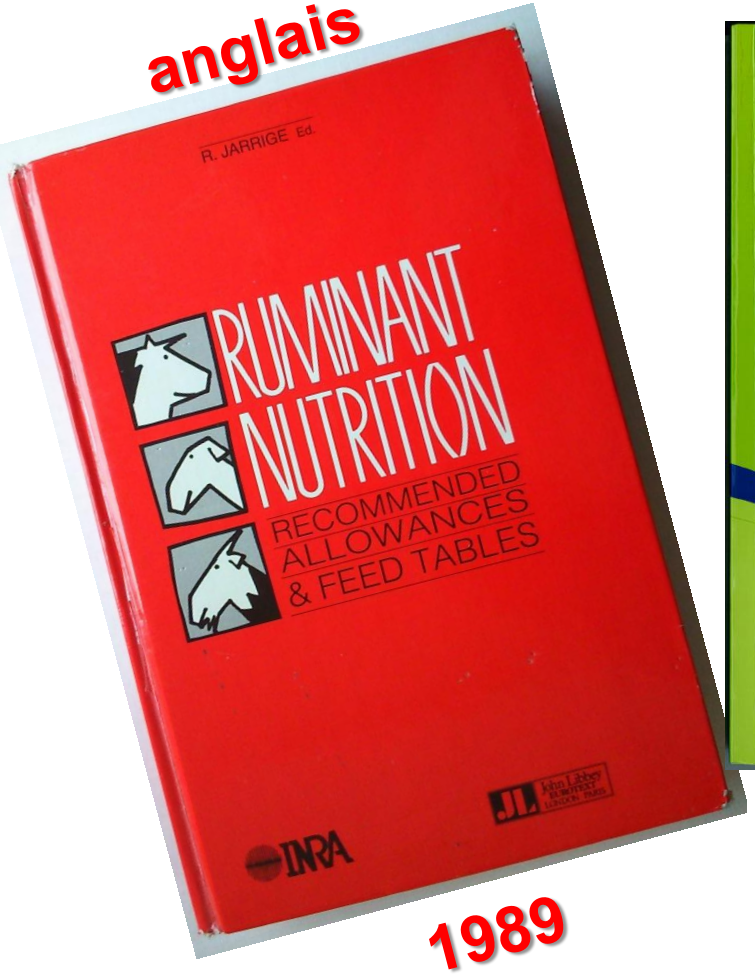
Le « Livre rouge » de l'INRA
la référence sur le système français



1978 / 1980 **1988** **2007 / 2010**

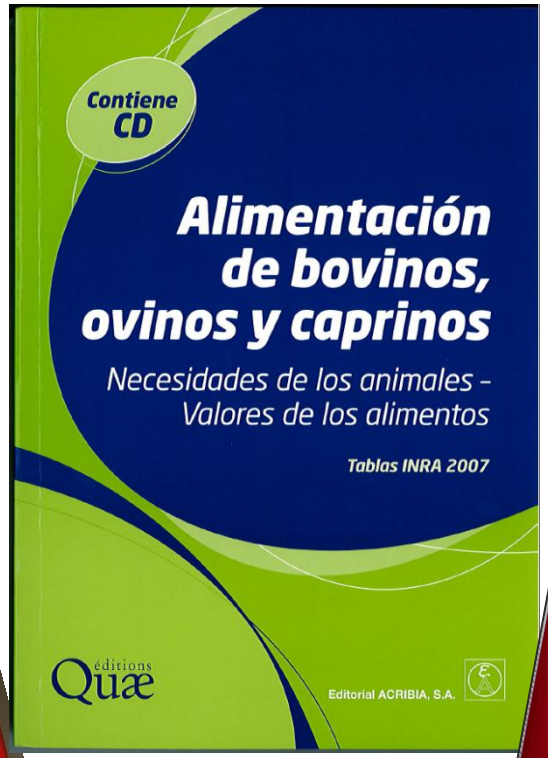
Le « Livre rouge » de l'INRA
un ouvrage à vocation internationale

anglais



1989

espagnol

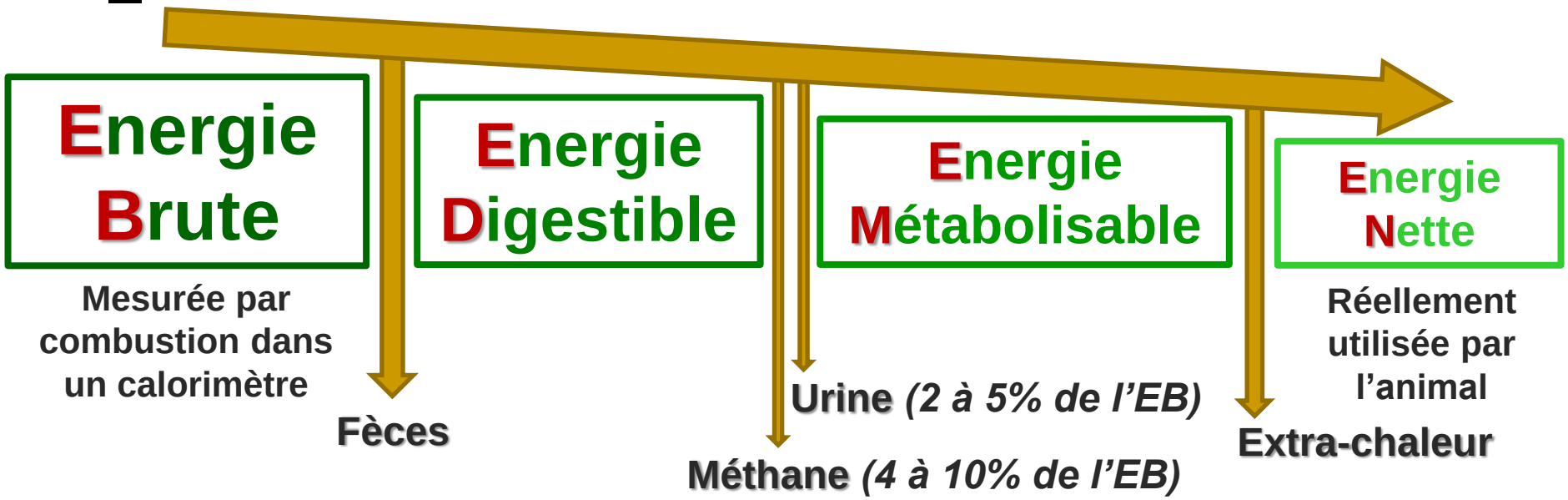


2010

chinois

2013

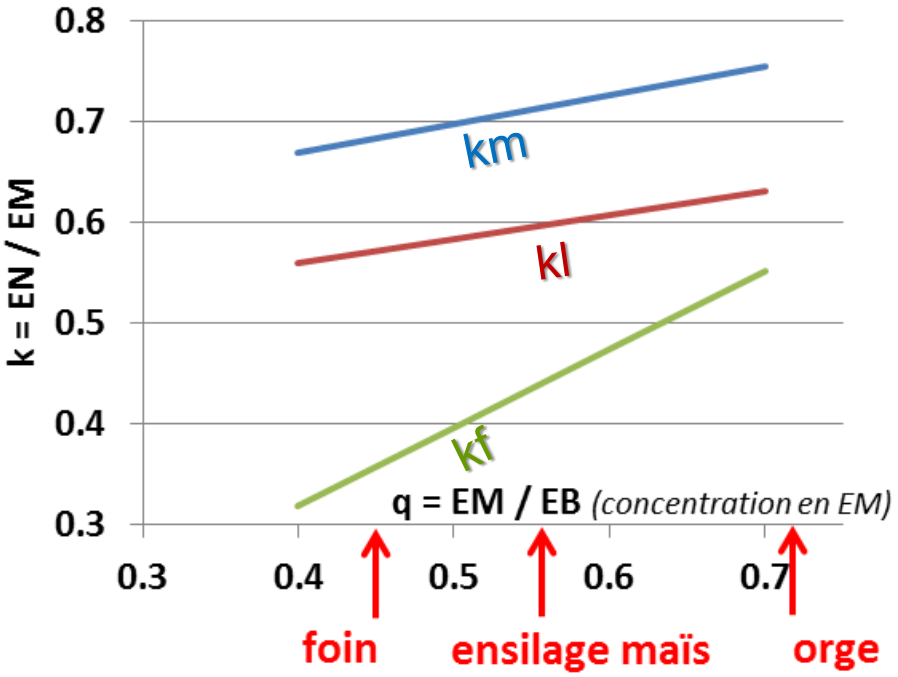
Utilisation de l'énergie
des aliments par les ruminants



- 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** (**m***aintenance*)
- EN de lactation
  = EM x **kl** (**l***actation*)
- EN d'engraissement
  = EM x **kf** (**f***at*)



- **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 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 fraiche ↗ / paille ↘)*
- L'Inra a donc choisi un animal et un fourrage standard pour créer les **UE** *(**U**nité d'**E**ncombrement)* :
  - ☑ bélier castré de 60 kg *(en fin de croissance)*
  - ☑ bonne herbe de pâturage *(15% MAT, 25% CB)*

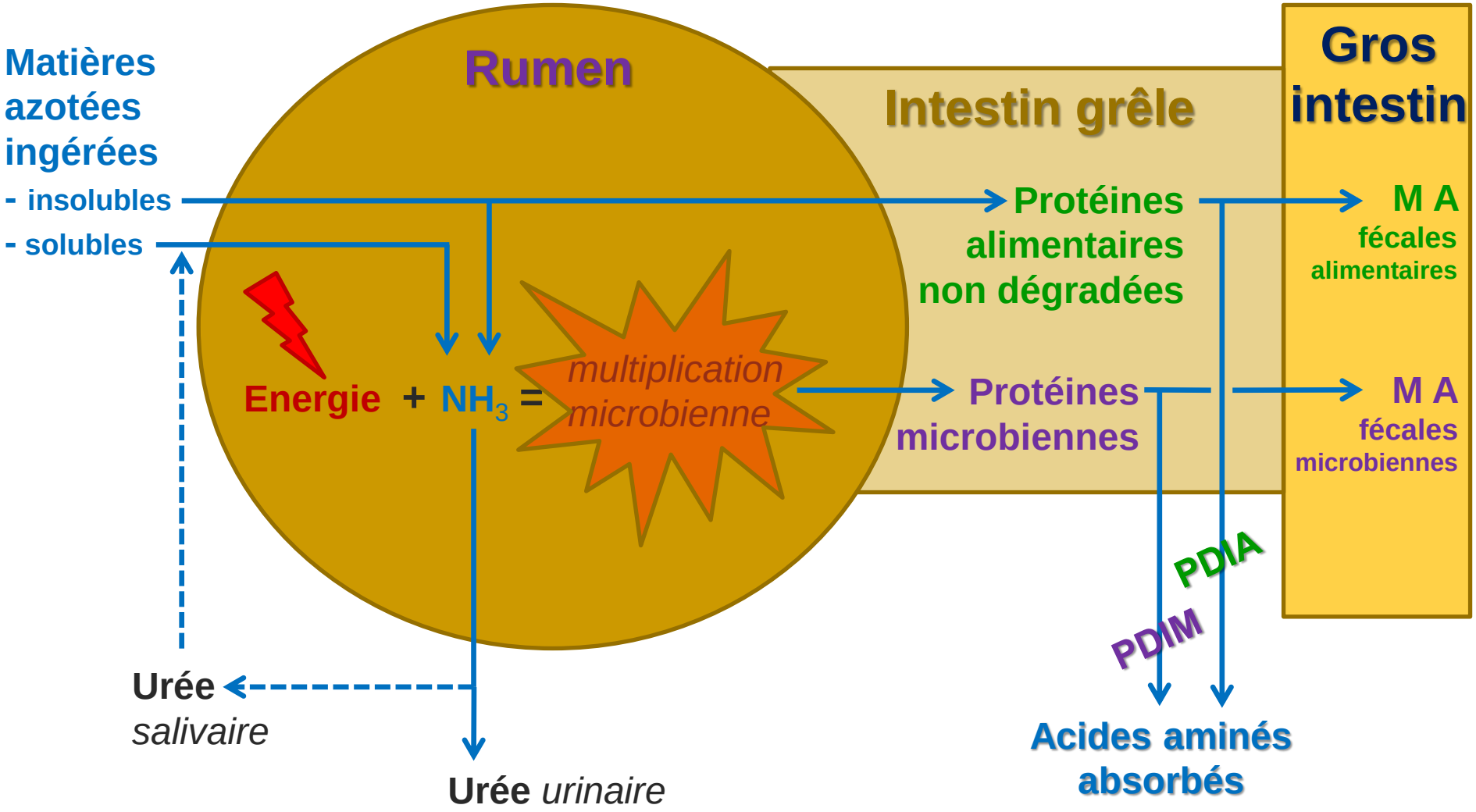
→ **par définition, 1 kg MS de cette herbe a une valeur d'encombrement de 1 UE Mouton *(= UEM)***

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 PDIM**N**
- Chaque aliment apporte aussi de l'énergie fermentescible au niveau du rumen : il est donc caractérisé par une valeur PDIM**E**
- **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

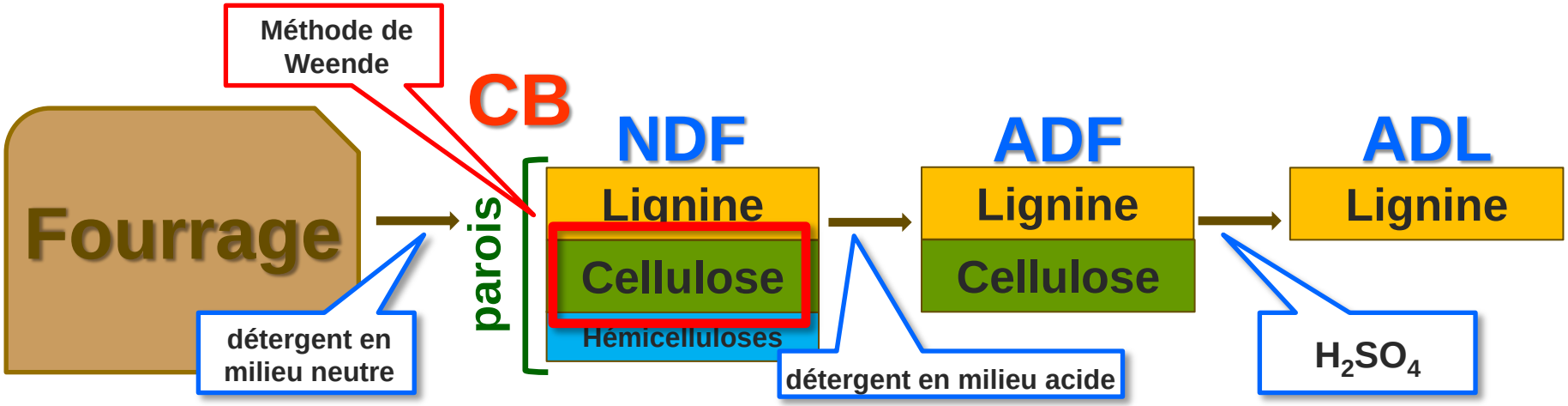
(en g/kg MS)	Ca	Ca_{abs}		P	P_{abs}	
Foin de prairie permanente	5.1	1.8	*35%*	2.7	1.9	*70%*
Ensilage de maïs	2.0	0.8	*40%*	1.8	1.3	*72%*
Tourteau de tournesol	4.4	2.4	*55%*	11.3	7.4	*65%*
Pulpe de betterave	14.8	3.0	*20%*	1.0	0.9	*90%*

Analyse des fourrages
la répartition chimique des constituants

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

Composition des parois

- **C**ellulose **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

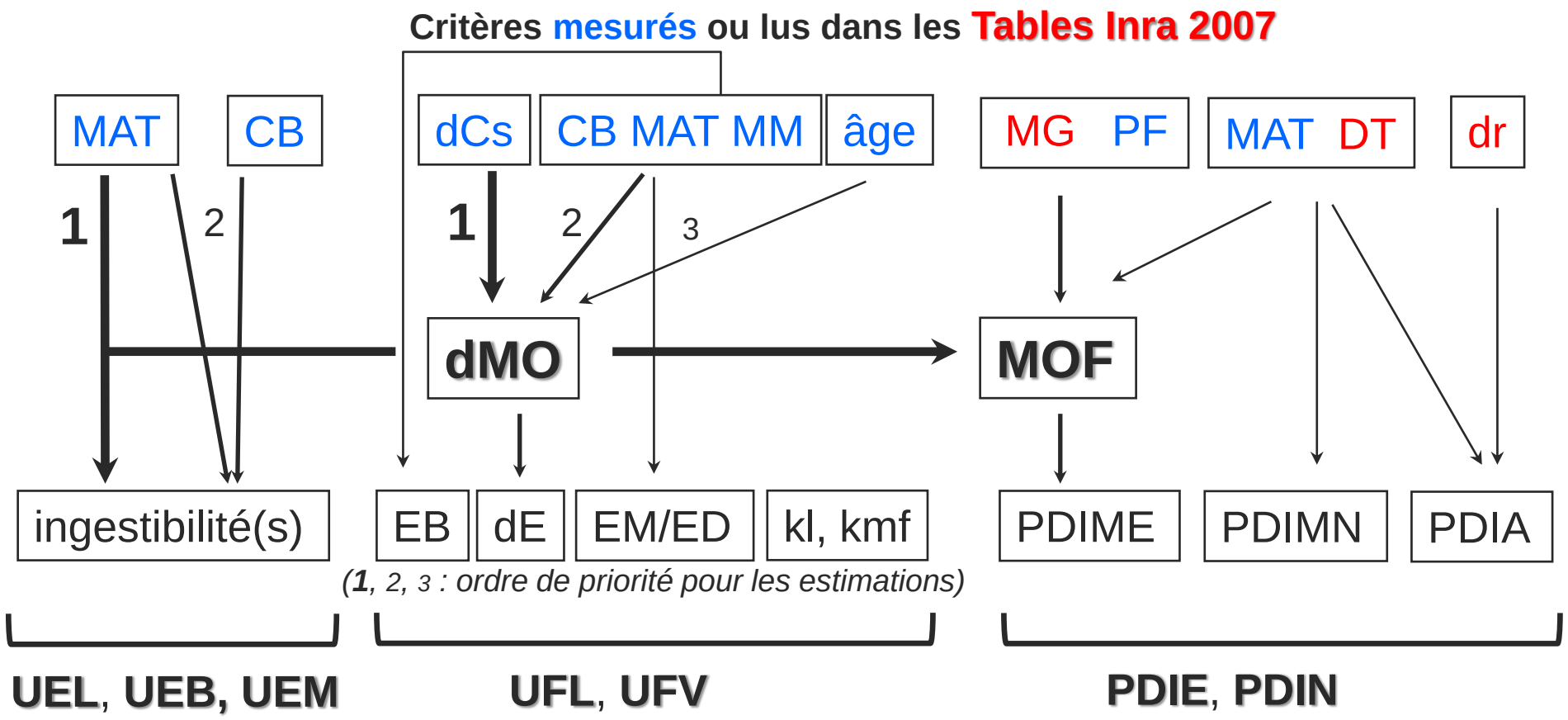
→ Visent à reproduire la digestion des aliments dans le rumen

- 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	sucres
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



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 *(→ 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**)

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

- $PV^{0,75}$ = 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)*]

BesPDI = $(3{,}25 \times PV^{0{,}75})$ + $(PL \times \boxed{TP / 0{,}64})$ + $(0{,}07 \times PV_{nais} \times e^{0{,}111 \times semG})$ + $(422 - 10{,}4 \times \text{âge})$

48 g/L

- **Equilibre PDIN PDIE** *(**Rmic** = PDIN-PDIE / UF)* pour le bon fonctionnement du rumen

  Rmic >> 0 → *fuite d'azote urinaire*
  Rmic ≤ 0 → *ok avec recyclage de l'urée salivaire*
  Rmic << 0 → *modifier la ration : urée, concentré…)*

- **Lys_{dig}** et **Met_{dig}** : 7,3 et 2,5% des PDIE

Quelques chiffres clés

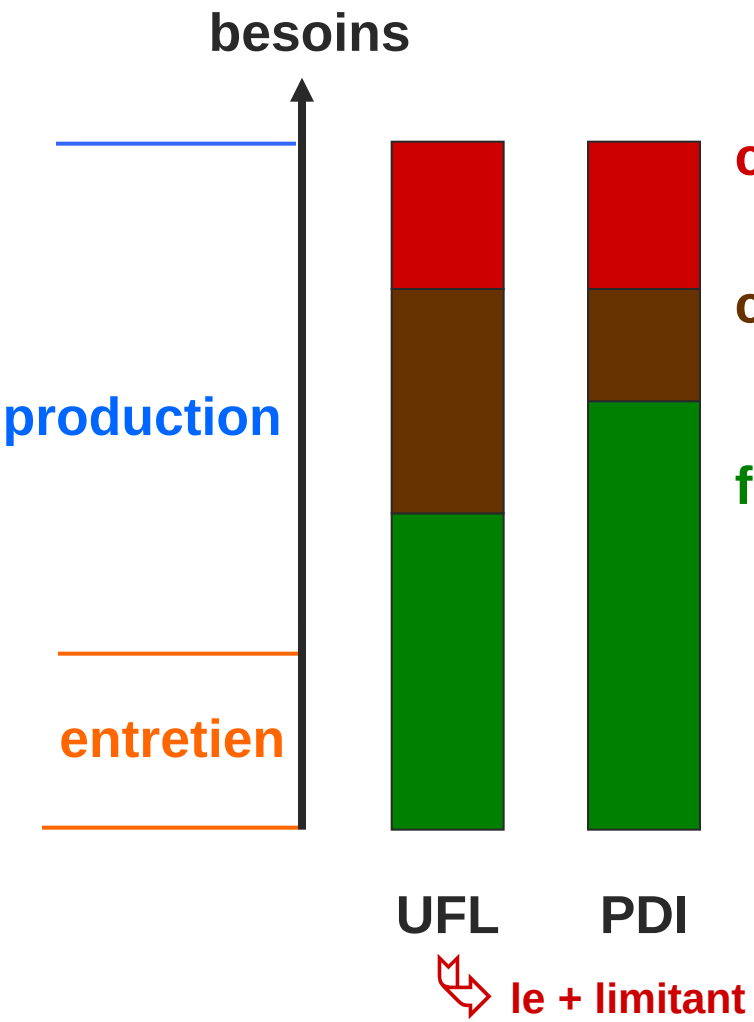
- **0,44 UFL par kg de lait** et
  5 UFL pour 600 kg PV *(±0,6 / 100 kg)*
- **48 g de PDI par kg de lait** et
  400 g PDI pour 600 kg PV *(±50 / 100 kg)*
- Ration équilibrée à ±**100 g PDI / UFL**

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)



concentré de production

(équilibré ±110g PDI/UFL)

concentré correcteur énergétique

(type céréale)

fourrage de base

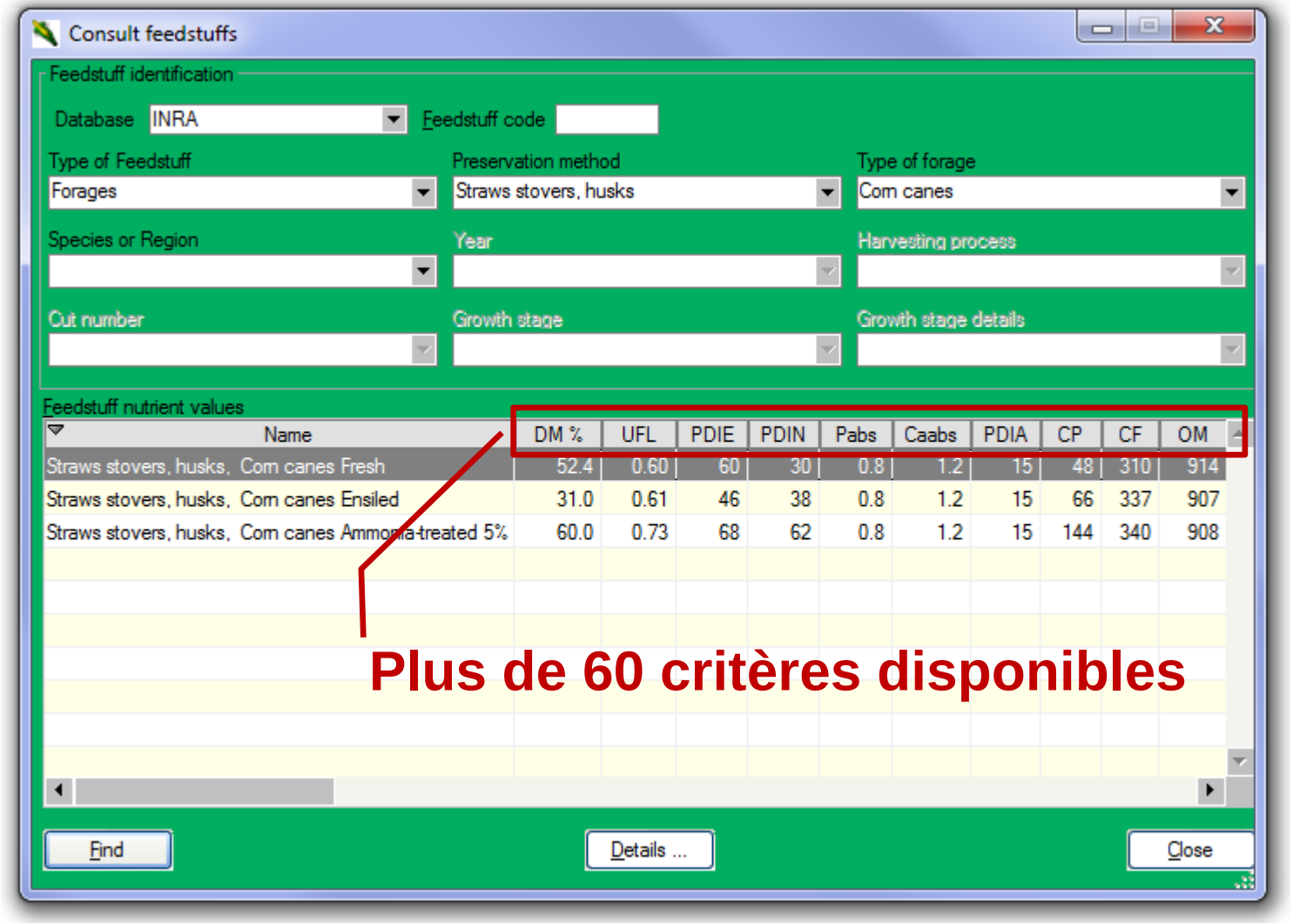
(type foin, déficitaire en UFL)

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



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

Forrage FF0320

INRA Code 88 486 Feedstuff Code FF0320

Feedstuff name
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

New forage

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

CF/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
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

New forage

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

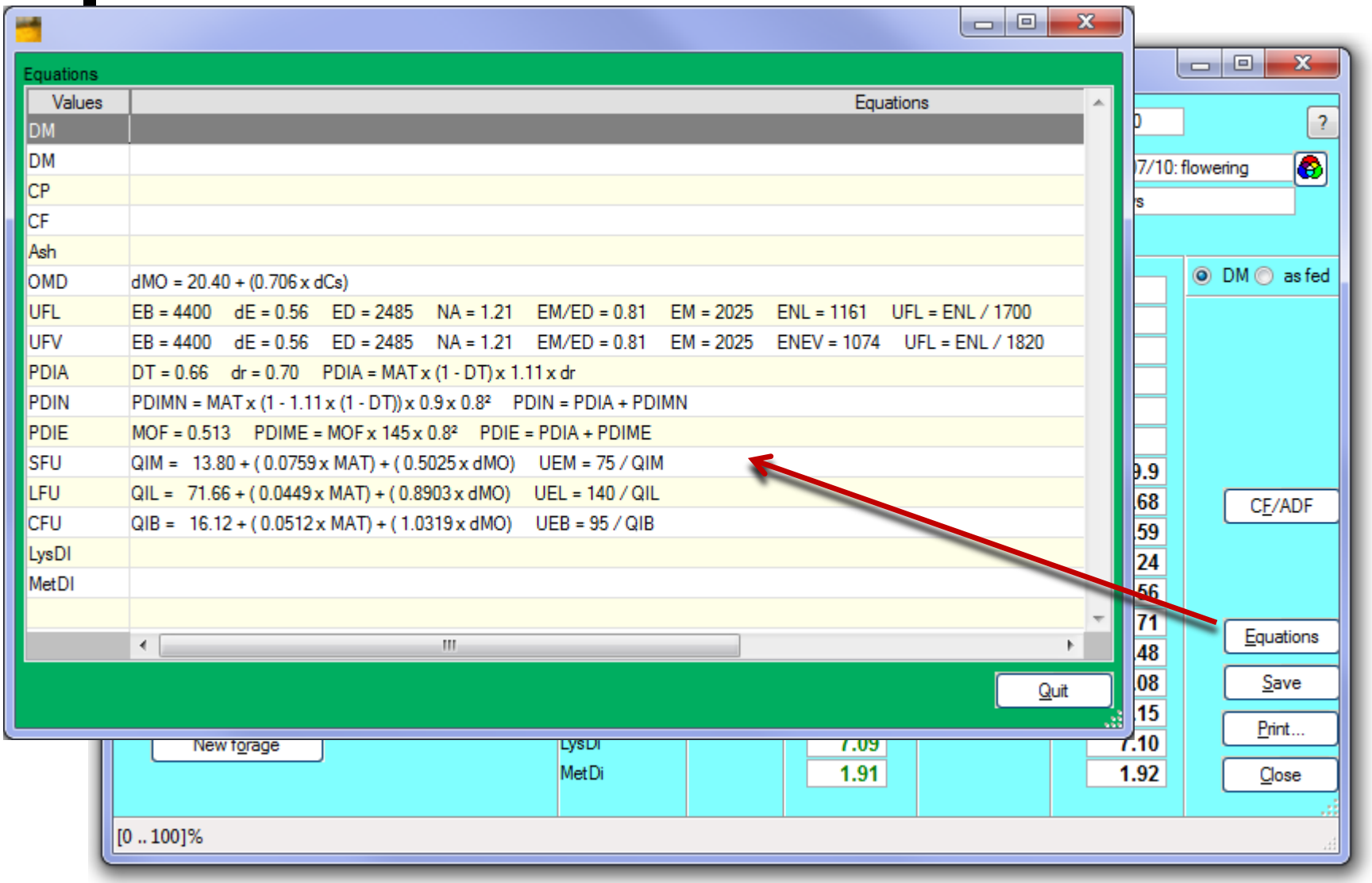
Values		Reference	Analysis	Predicted
Age	d			
DM	%	85.0	85.0 «	
CP	g	88	90 «	
CF	g	342	320 «	
Ash	g	81	80 «	
dCs	%		56.0 «	
OMD	%	56.0		59.9
UFL		0.63		0.68
UFV		0.53		0.59
PDIA	g	23		24
PDIN	g	55		56
PDIE	g	68		71
SFU		1.49		1.48
LFU		1.11		1.08
CFU		1.20		1.15
LysDi		7.09		7.10
MetDi		1.91		1.92

DM as fed

CF/ADF
Equations
Save
Print...
Close

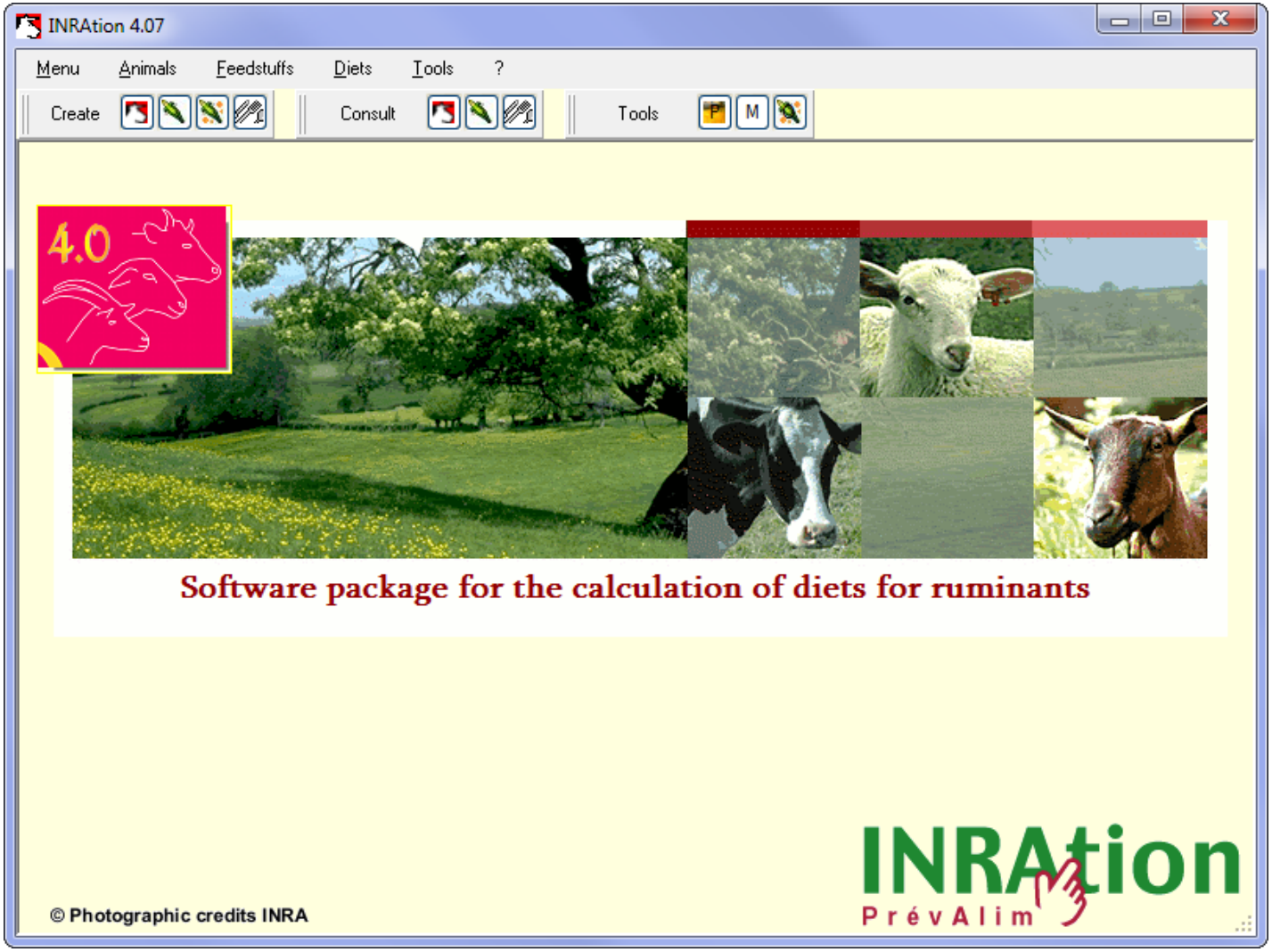
[0 .. 100]%

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



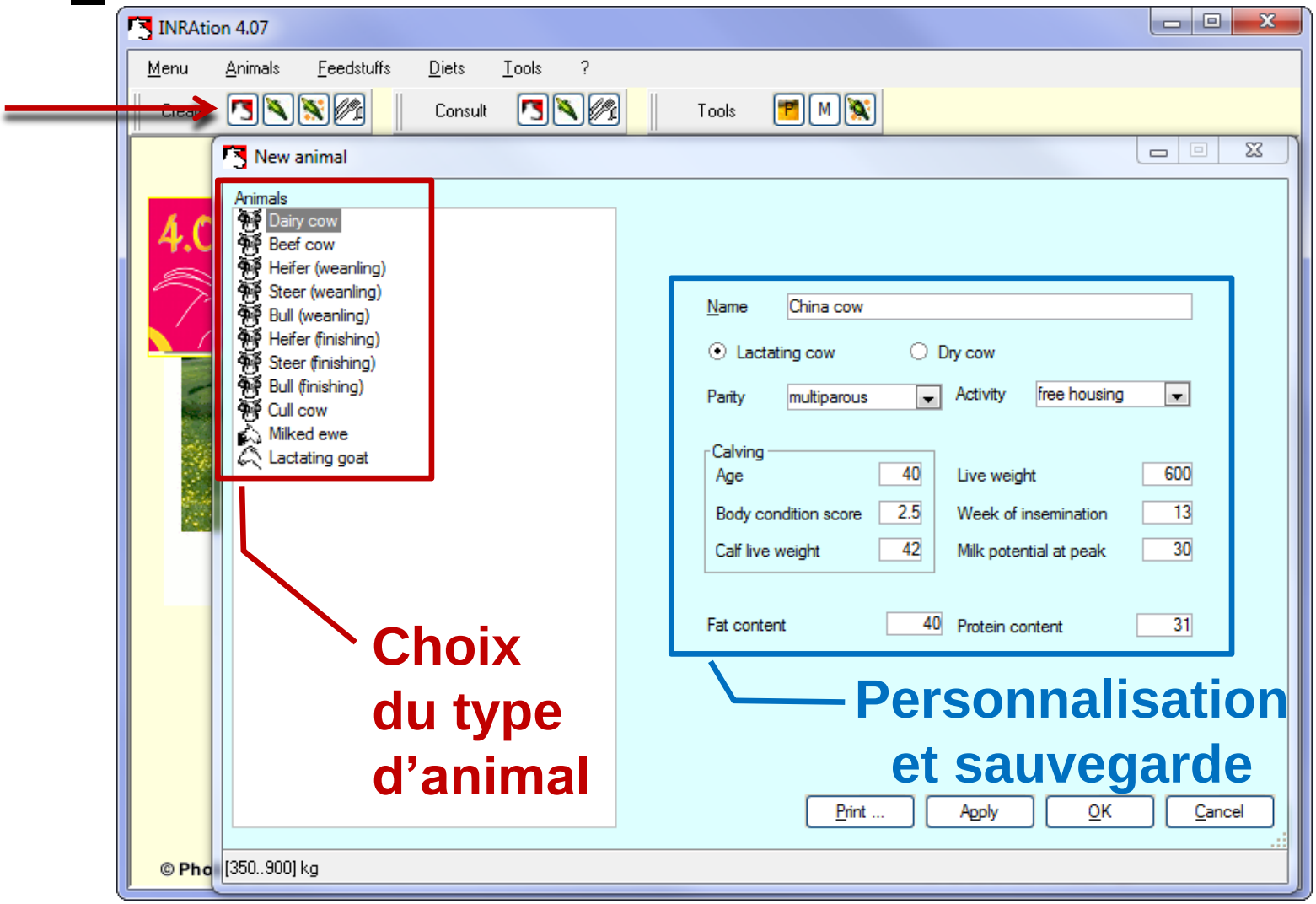
INRAtion 4.07

le logiciel de rationnement



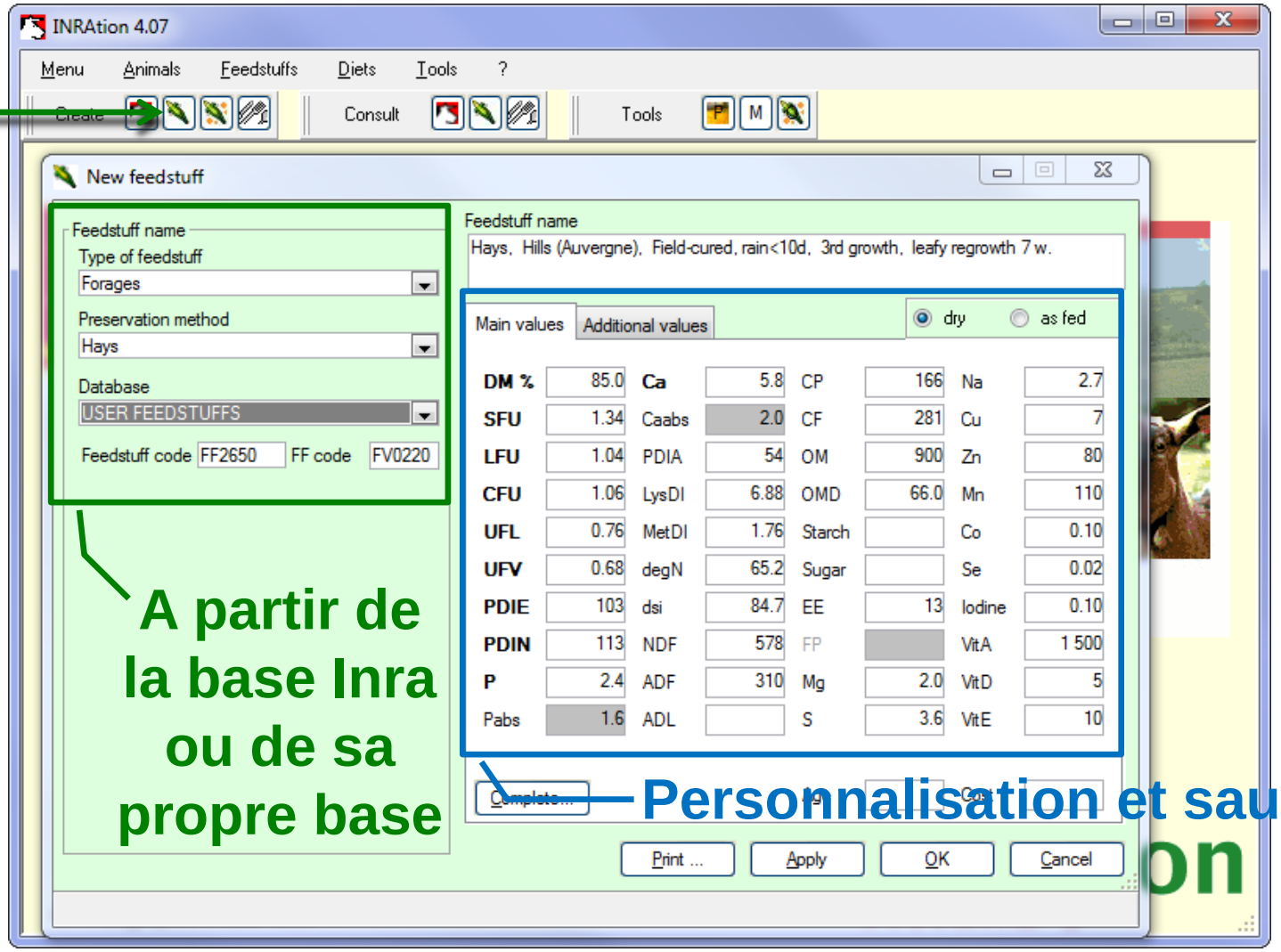
INRAtion 4.07

création de nouveaux animaux



INRAtion 4.07

création de fourrages personnalisés

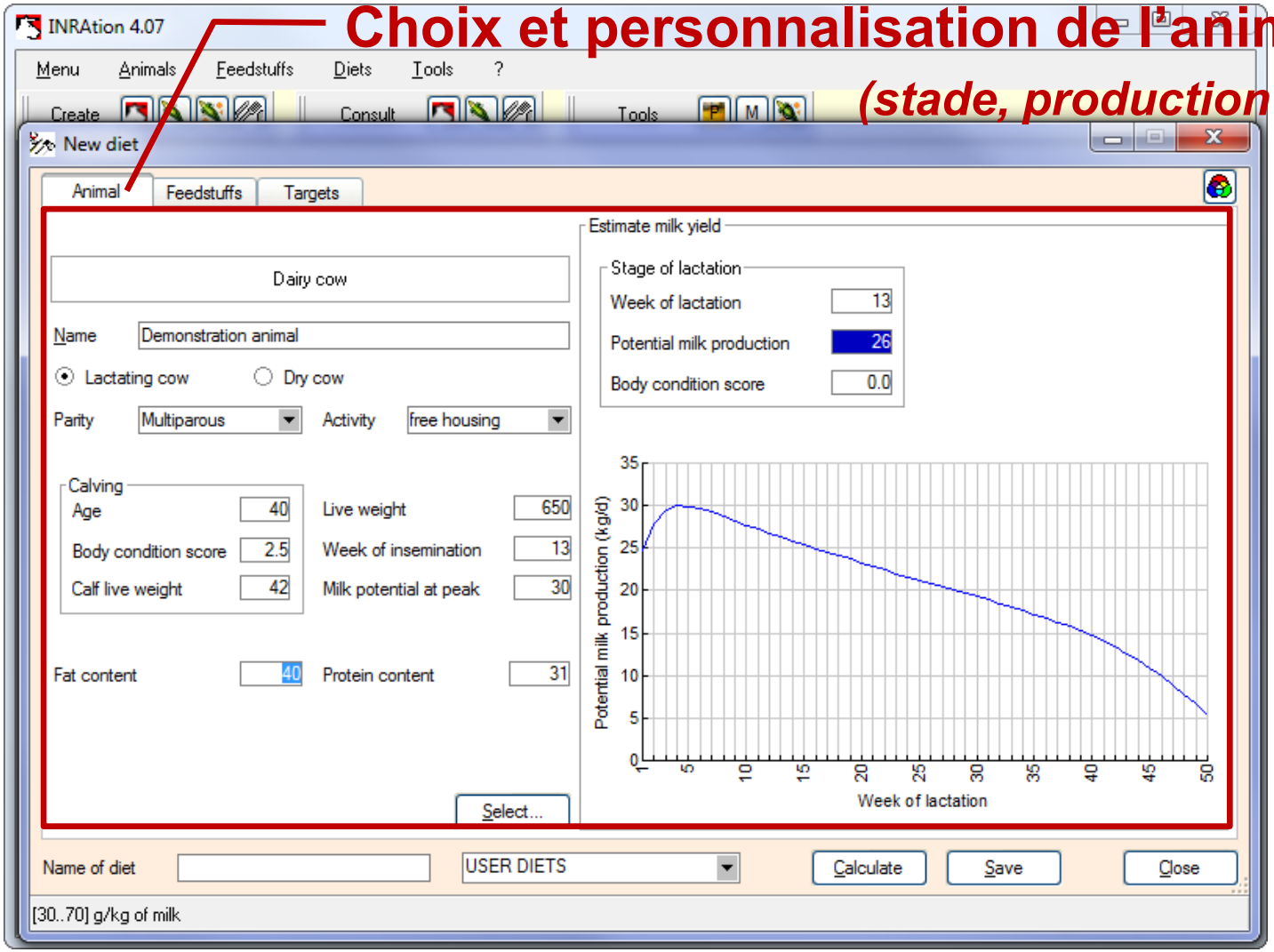


INRAtion 4.07

création des rations

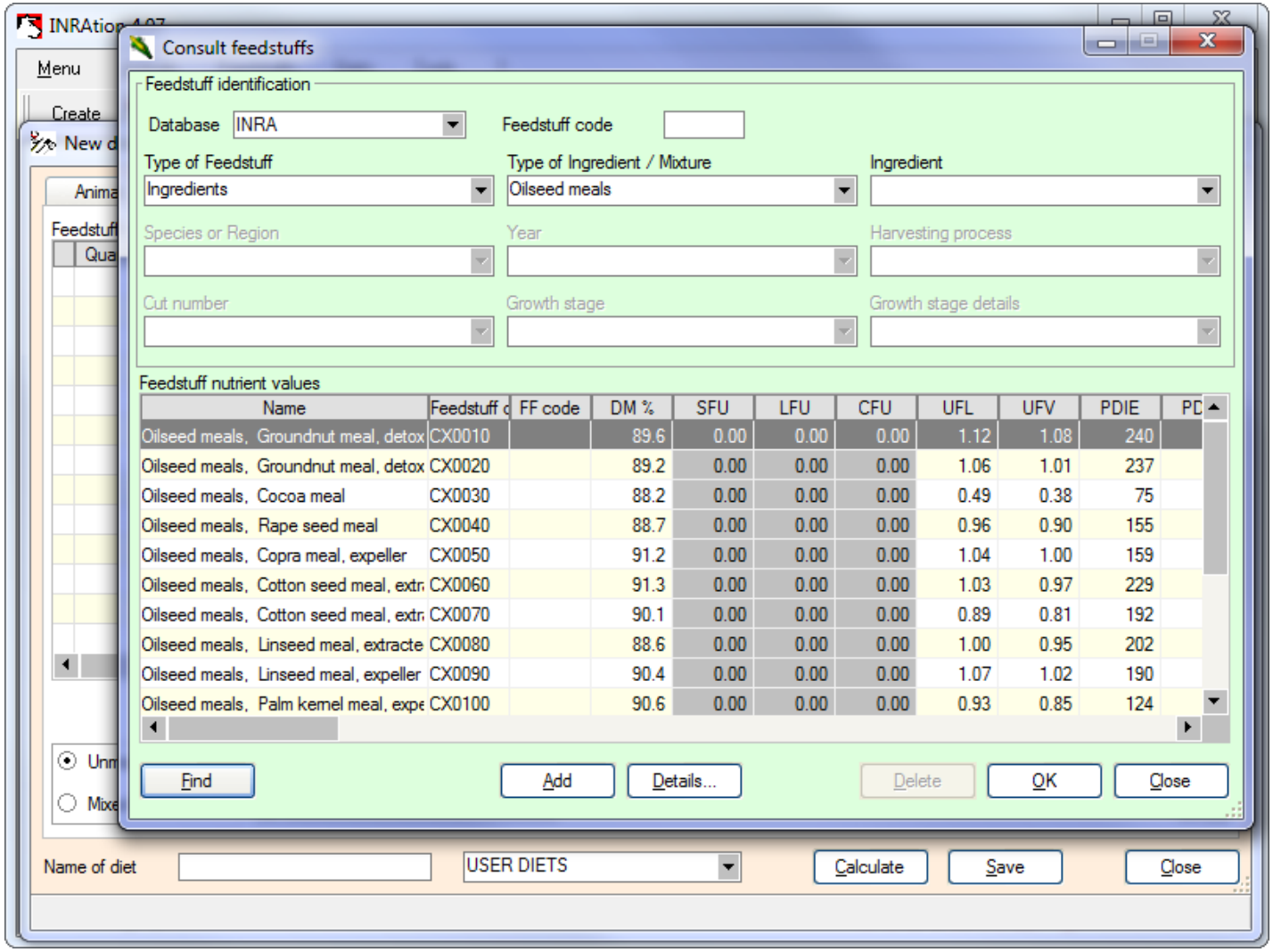
Choix et personnalisation de l'animal

(stade, production…)



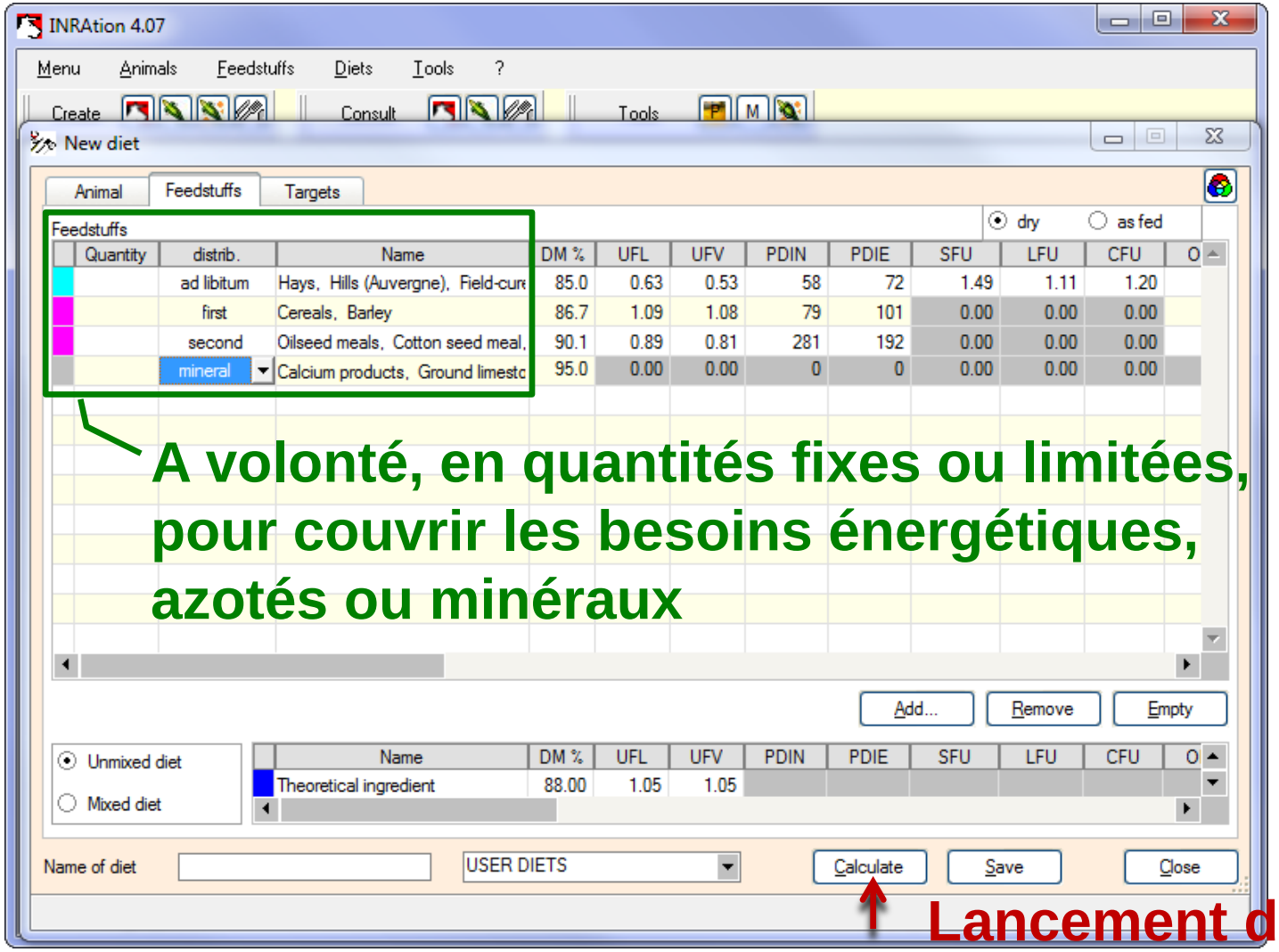
INRAtion 4.07

choix des fourrages et concentrés



INRAtion 4.07

choix des contraintes sur les aliments

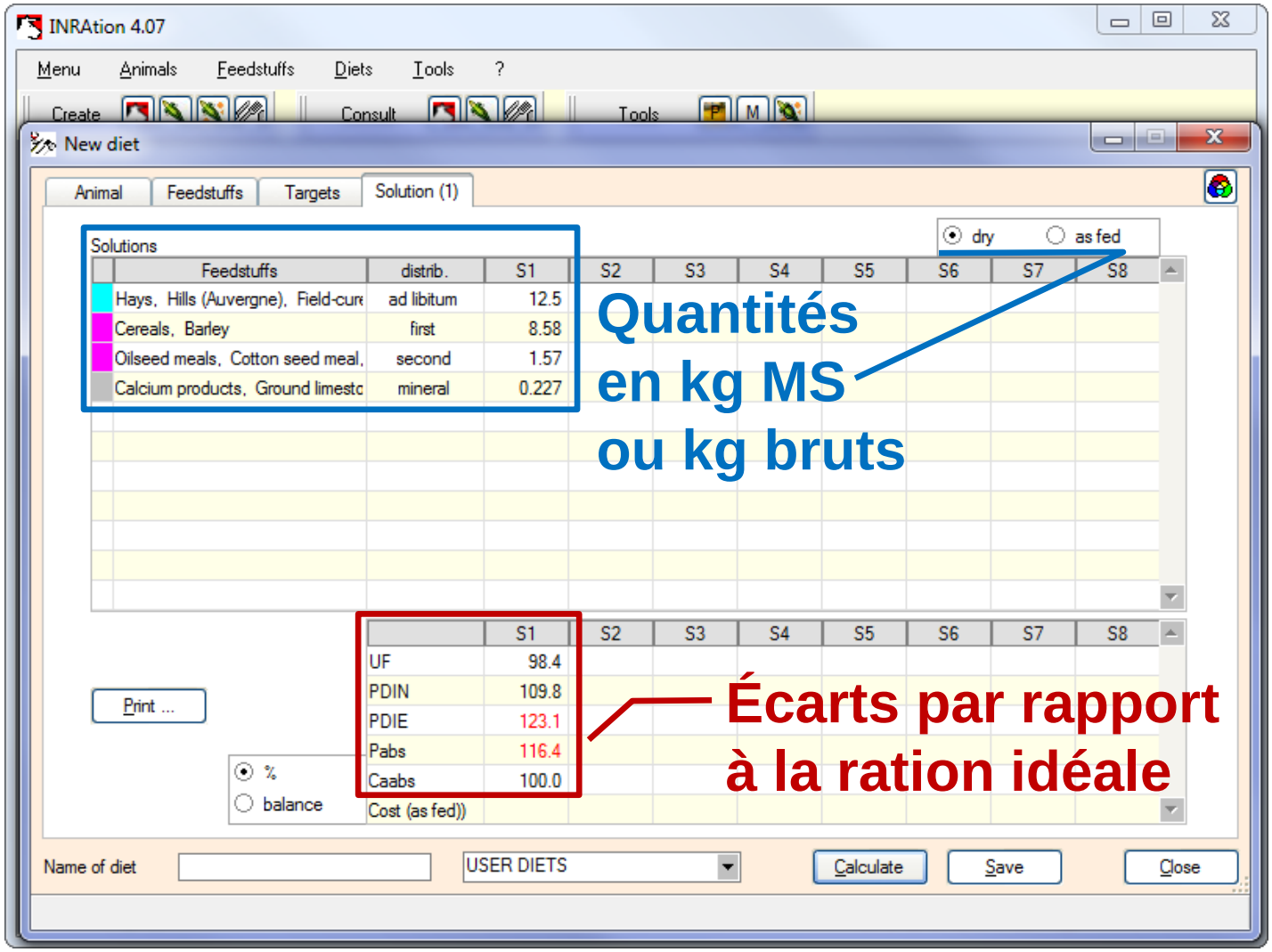


A volonté, en quantités fixes ou limitées, pour couvrir les besoins énergétiques, azotés ou minéraux

Lancement du calcul

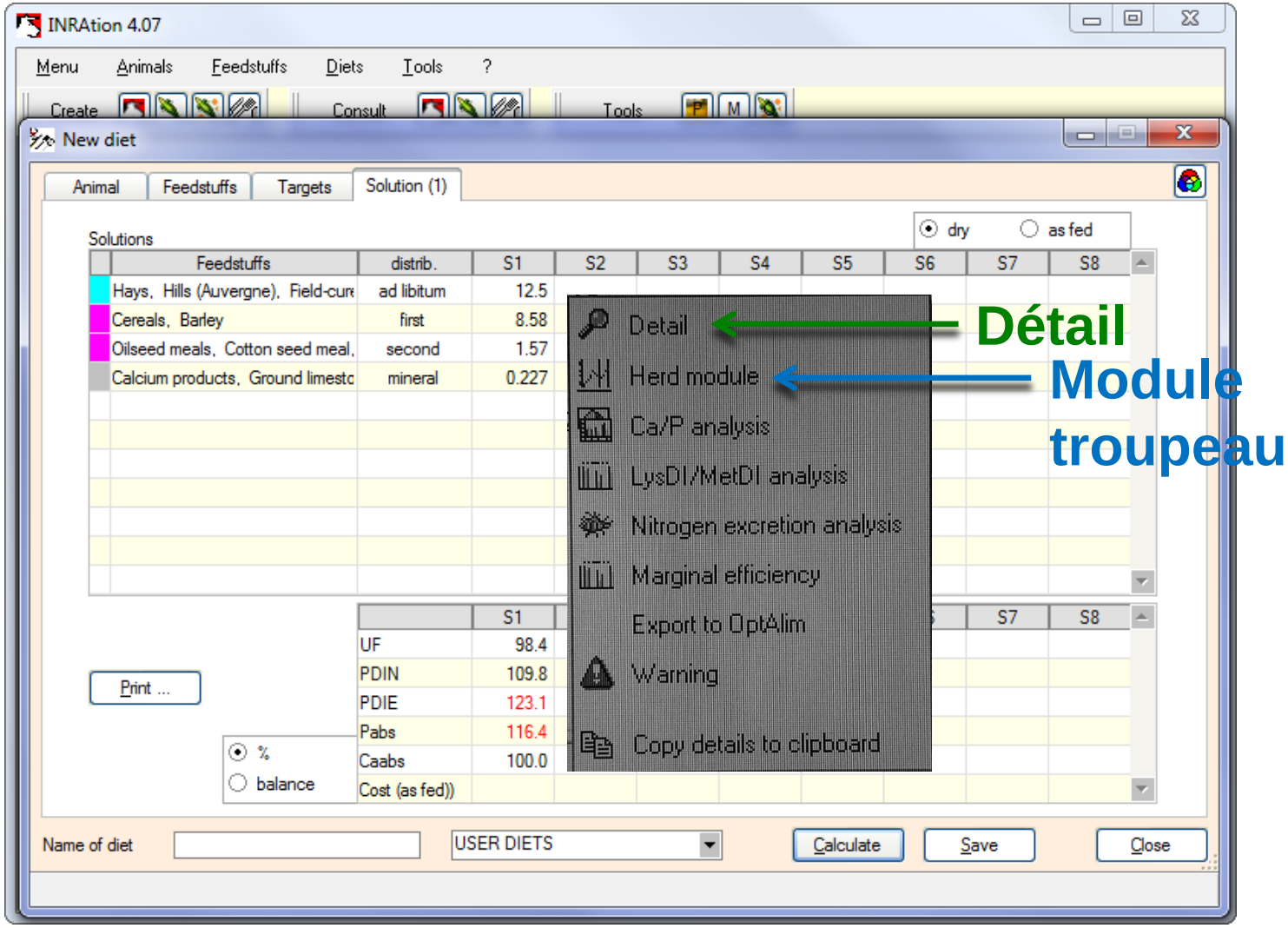
INRAtion 4.07

la ration proposée



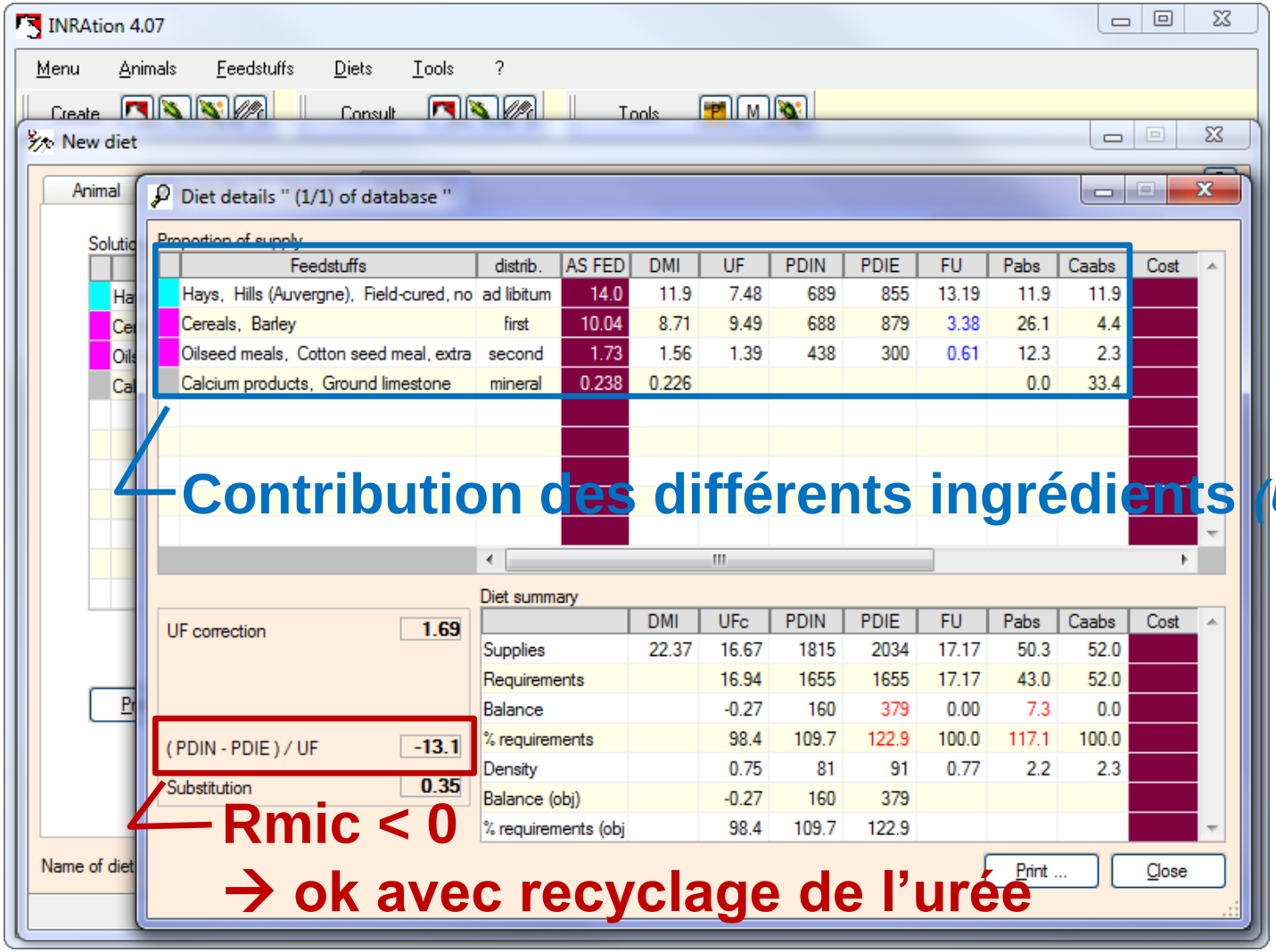
INRAtion 4.07

une analyse fine des résultats



INRAtion 4.07

les détails de la solution proposée



INRAtion 4.07

le module « troupeau »

INRAtion 4.07

Herd module " (1/1) of database "

Step 3.0

Targets

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 / 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 ce production

Niveaux de production impossibles avec ce type de ration

Add ... Remove

Calculation

% / balance

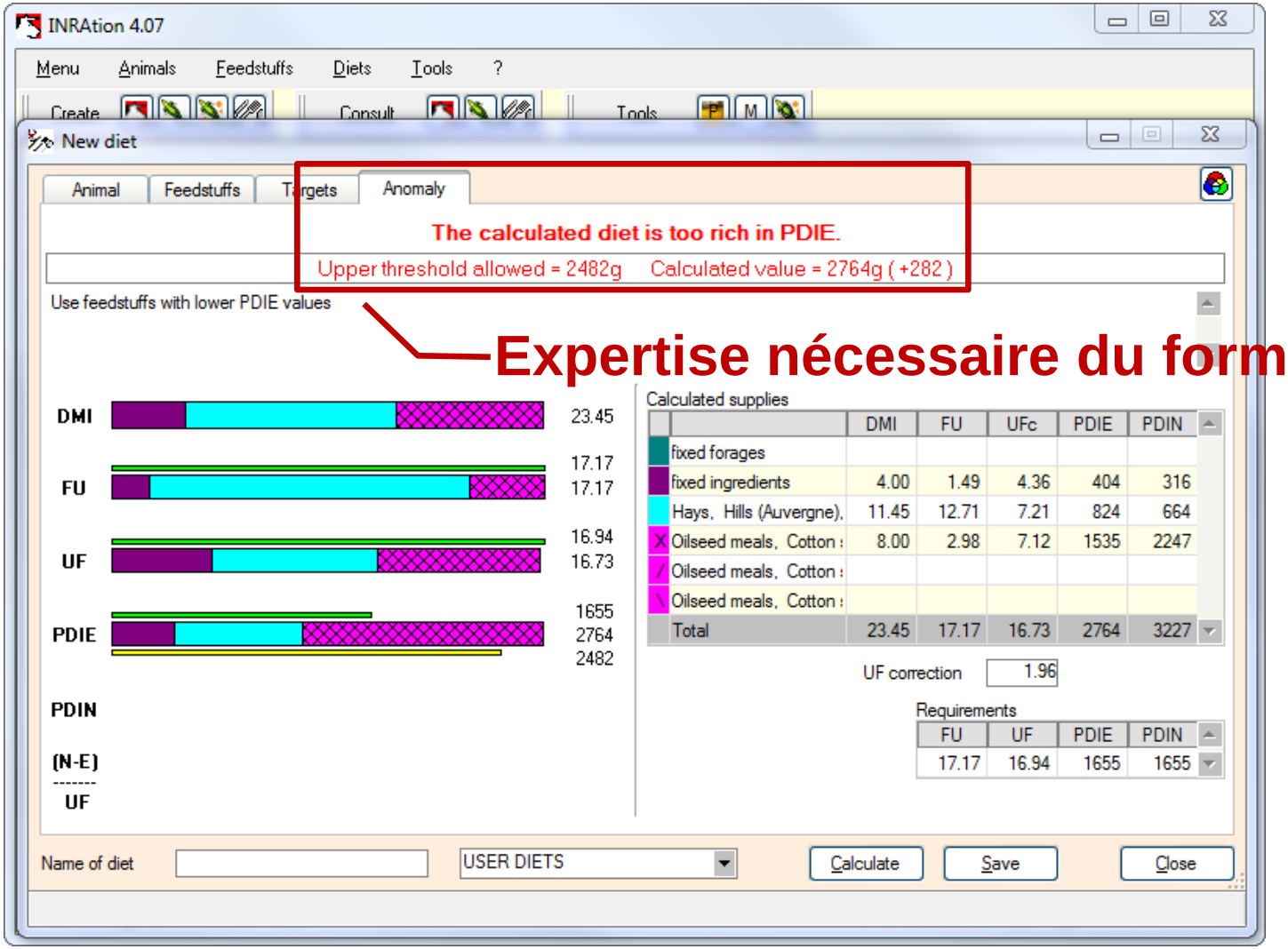
	14.0	17.0	20.0	23.0	26.0	29.0	32.0	35.0	38.0
UF	98.7	98.6	98.5	98.4	98.4	98.3	94.0	88.9	84.6
PDIN	111.4	110.9	110.3	110.0	109.8	109.5	106.8	103.7	101.9
PDIE	127.6	126.1	124.8	123.8	123.1	122.5	117.6	112.1	107.9
Pabs	103.2	108.1	111.5	114.2	116.4	118.1	116.3	113.7	112.0
Caabs	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0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

Reset the window

Print... Close

INRAtion 4.07

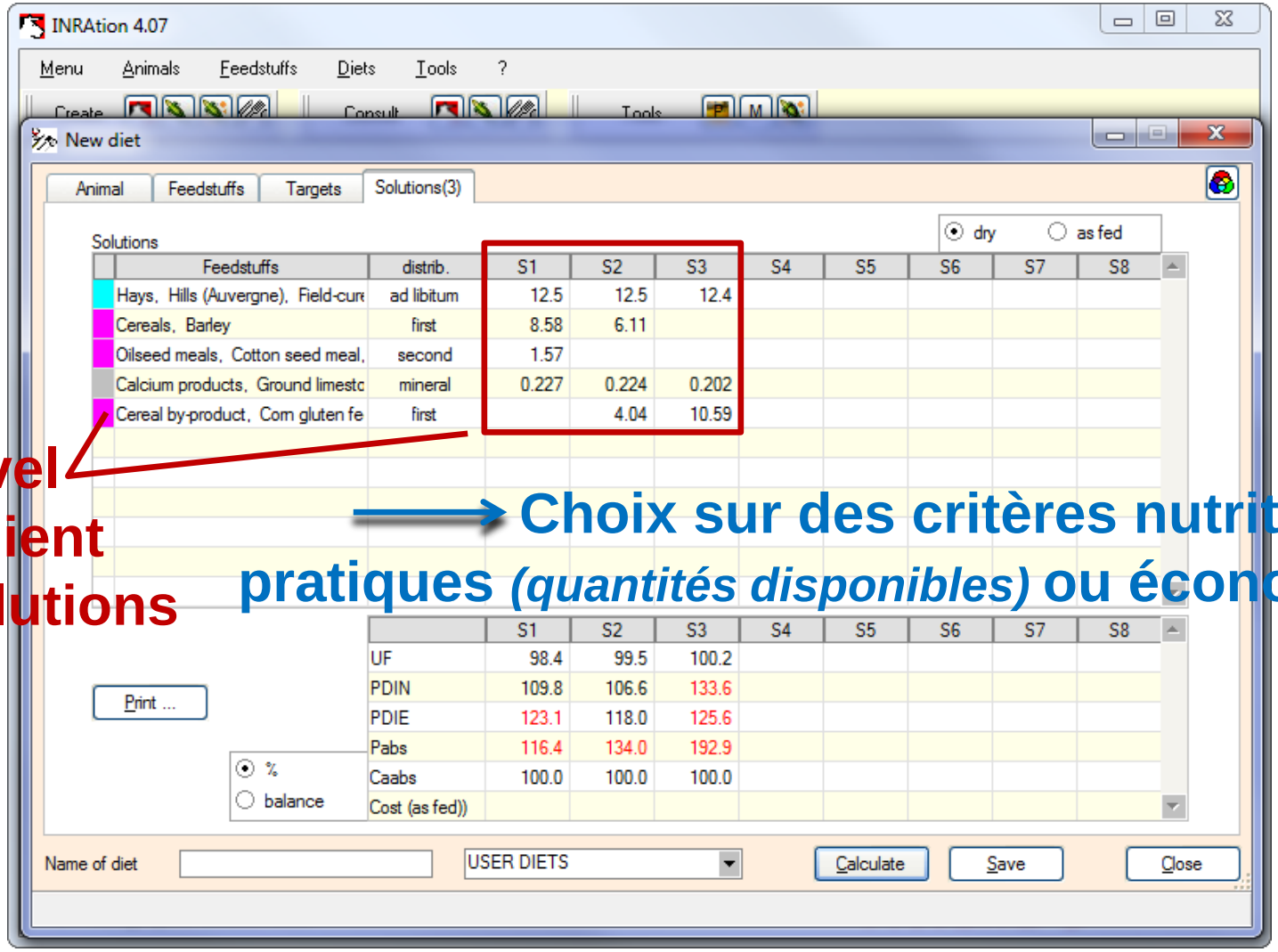
parfois pas de solution



Expertise nécessaire du formulateur

INRAtion 4.07

parfois plusieurs solutions possibles



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

Shenyang
19 April 2014