



### Contexte de la production agricole

- Augmenter l'offre (calories et protéines) végétales et animales / Réduction des surfaces dédiées à l'agriculture

Année	1900	1950	2005	2050
Ha/habitant	7,95	5,15	2,02	1,63

- Accroître les services environnementaux rendus par l'agriculture
  - Réduire les émissions de gaz à effet de serre
  - Energie fossile (Engrais, Pesticides, Transport, W sol..)
  - Augmenter la captation du carbone dans sol et biomasse
  - Maintenir la biodiversité
  - Réduire, recycler les rejets d'azote
  - Economiser Eau

### De nouvelles missions pour l'agriculture

- **Food Feed Fuel**

*Environmentally sustainable production of food, feed and fuel from natural resources in the tropics* (Reg Preston, 2009)

- **Food Energy**

"Energy-Smart" food for people and climate (FAO, 2011)

### Evaluation multicritères Biomasse primaire/Aliment

Concept en construction autour des l'optimisation de certaines fonctions de la biomasse primaire :

- Aliment (et/ou alicament) pour l'homme
- Aliment (et/ou alicament) pour l'animal
- Energie verte
- Services écosystémiques
  - Recyclage de nutriments
  - Piège à carbone
  - Biodiversité

### Evaluation multicritères Biomasse primaire/Aliment

- Quels indicateurs ?
- Quel niveau d'approche ?
  - L'animal
  - Le troupeau
  - Le système d'élevage
  - Le territoire

### Evaluation multicritères de l'aliment Niveau approche Animal

- L'approche classique **Besoins / Apports** cherche à couvrir les besoins des animaux pour leur permettre d'atteindre leur potentiel de production
- L'**approche réponses multiples**, de l'animal aux variations de rations permet potentiellement d'intégrer (Sauvant, 1999):
  - la qualité de l'environnement,
  - la qualité des produits
  - le bien être animal...

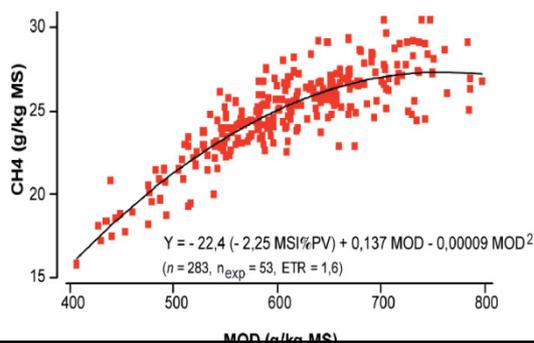
### Evaluation multicritères de l'aliment Niveau approche Animal

- L'approche réponses multiples est basée sur l'intégration de paramètres représentatifs :
  - des performances
  - de l'efficacité de la transformation
  - de l'impact sur l'environnement,
  - de la qualité des produits
  - de la santé et le bien être des animaux

### Evaluation multicritères de l'aliment Niveau approche Animal

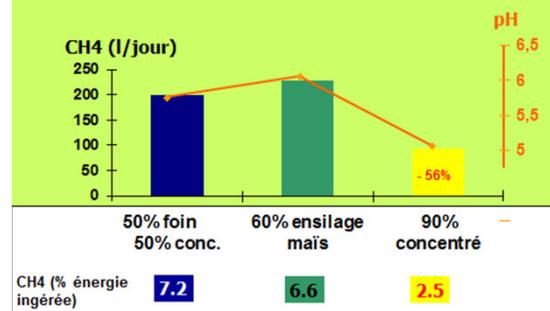
- Gérer les contradictions entre les niveaux d'organisation
- Composantes aléatoires et dynamiques des réponses (temps/états physiologiques/ réponses)
- Pertinence des paramètres explicatifs ou de réponse par rapport à des objectifs pratiques

Aliment et production de gaz à effet de serre  
(Sauvant et al, 2010)



Aliment et CH4

Martinet et al, 2007



### Stockage carbone

Bilan des gaz à effet de serre à l'échelle de la parcelle

Existe-t-il une compensation entre stockage de C et émissions de N<sub>2</sub>O et CH<sub>4</sub>?

Soussana et al, 2006

Parcelle intensive  
Fort chargement, fertilisée

Parcelle extensive  
Chargement faible, non fertilisée



CH4 (g/kg GMQ)	287	296
CH4 (kg eq C / ha)	820	420
N2O (kg eq C ha)	70	20
CO2 (kg eq C ha)	- 990	- 750
Bilan (kg eq C ha)	- 100	- 310

### Evaluation multicritères de l'aliment Niveau Approche Animal

- Outils
  - Expérimentations spécifiques (lois de réponse)
  - Bases de données quantitatives (méta-analyses)
  - Modélisation
- Limite
 

Le niveau d'approche Animal pourrait surestimer la fonction alimentation et «corriger » pour les autres fonctions

### Evaluation multicritères Approches environnementales

- Analyse cycle de vie (ACV)
- Analyse Energétique et pluri énergétique (Vigne 2012)
- Empreinte écologique (Vigne, 2012)
- Efficience (méthode DEA) (Vigne, 2012)

### Evaluation multicritères de l'aliment Approches environnementales

- La méthode ACV permet de quantifier les impacts d'un produit ou d'un service tout au long de son « cycle de vie »



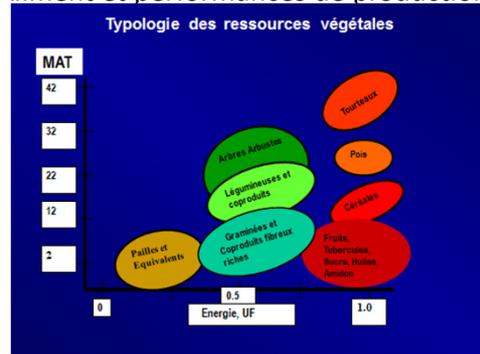
- L'ACV produit des indicateurs de durabilité

### Typologie des biomasses primaires

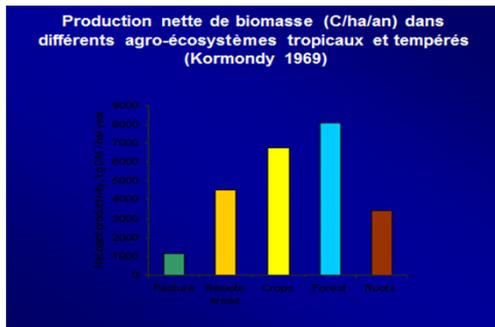
- Les herbes (graminées et légumineuses)
- Protéagineux (pois + fèves)
- Les arbres fourragers
- Les céréales (fruits + pailles)
- Substituts aux céréales (tubercules, fruits amylacés)
- Les cultures vivrières

Fractionnement Consommable/non consommable  
Usages différenciés des fractions

### Aliment et performances de production



### Aliment et productivité agronomique



### Aliments et biodiversité

(Archimède et al, 2011)

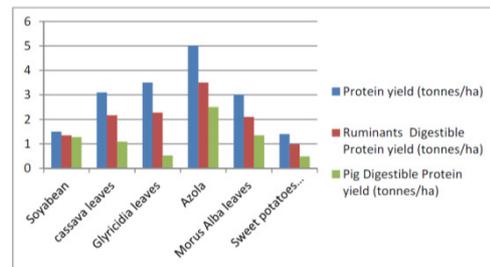


Fig. 1. Comparative protein yields in some typical crops from grown tropical latitudes.

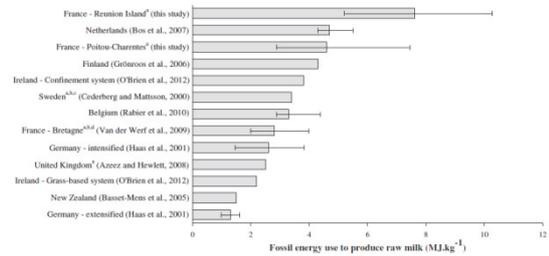
## Aliment et coût énergétique

(Vigne 2012)

	Coefficient Energétique		Unité
	Min	Max	
Eau	0,3		14 M <sup>3</sup>
Semences	9,4	12,1	Kg
Blé	2,7		4 Kg
Aliment composé industrie	3,4		6,3 Kg
Tourteau Soja	5,6		5,8 Kg
Bagasse	0,15		5,4 Kg
Paille de canne	0,2		0,3 Kg
Paille de blé	0,2		1,4 Kg
Foin	0,7		1,9 Kg
Ensilage	0,6		1,9 Kg
Maïs	1,2		6,4 Kg
Son de céréales	0,1		0,2 Kg
Mélasses	2,8		11,2 Kg
Poudre de lait	44,7		55 Kg

## Aliment et coût énergétique

(Vigne 2012)



## Prairies et Graminées (Xandé et al, 1989; Richard et al, 1989)

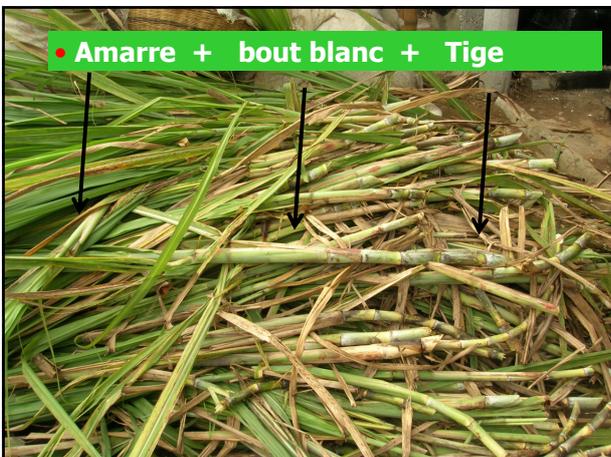
1. Les Graminées tropicales sont des plantes en C4 donc adaptées à la chaleur. Leur activité photosynthétique pourrait être pénalisée (- 0 à - 10%) par l'accroissement de la concentration en CO2
2. Le fort potentiel de production (25 à 30 T de MS) de certaines graminées sélectionnées pourrait être pénalisé par la rareté de l'eau et le renchérissement du coût de certains intrants qui les rendront moins disponibles
3. La compétition pour l'utilisation des « bonnes terres » se ferait au détriment des prairies et en faveur des cultures vivrières et industrielles
4. La biodiversité naturelle et la sélection génétique offre une gamme de graminées « moins productives » et couvrant la diversité des zones agro-écologiques
5. Certaines graminées sont atypiques et exceptionnelles dont canne à sucre : Aliment ruminant et es monogastriques; Services agronomiques; Energie

Tableau 1. Productivité (T MS/ha) des principales graminées et légumineuses cultivées en zone tropicale (Meyer et Denis 1999, Roberge et Toutain 1999, Prota base records).

	Pluviométrie		
	400-1000 mm	1000-1500 mm	> 1500 mm
<b>Graminées</b>			
<i>Andropogon gayanus</i>	5-7	10-15	20-25
<i>Bracharia ruziziensis</i>		10-15	10-15
<i>Chenchrus ciliaris</i>	6-9		
<i>Chloris gayana</i>	5-7		
<i>Digitaria decumbens</i>		15-20	20-25
<i>Panicum maximum</i>		10-15	20-25
<i>Panicum coloratum</i>	9-12		
<i>Pennisetum purpureum</i>		15-20	30
<i>Saccharum officinarum</i>	40-50	50-60	60-70
<i>Sorghum sp</i>	10-15	15-20	15-20
<i>Tripsacum laxum</i>		10-15	10-15
<i>Zea mays</i>			20-25
<b>Légumineuses</b>			
<i>Alysicarpus ovalifolius</i>		6-10	
<i>Centrosema pubescens</i>		6-10	7-10
<i>Clitoria tematea</i>	3-7		
<i>Dolichos lablab</i>	3-7	6-10	
<i>Macroptilium lathyroides</i>		6-10	7-10
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	3-7		
<i>Pueraria javanica</i>		6-10	7-10
<i>Stylosanthes guyanensis</i>		6-10	7-12
<i>Stylosanthes hamata</i>	3-7	6-10	
<i>Stylosanthes humilis</i>	3-7		
<i>Vigna unguiculata</i>	3-7		

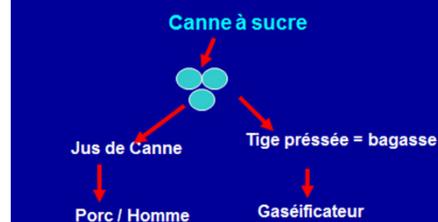
INRA Productions Animales, 2011, numéro 1

## Amarre + bout blanc + Tige



## Fractionnement et valorisation différenciée de la biomasse

### Biomasse for l'aliment du bétail et la production d'énergie (Colombie)





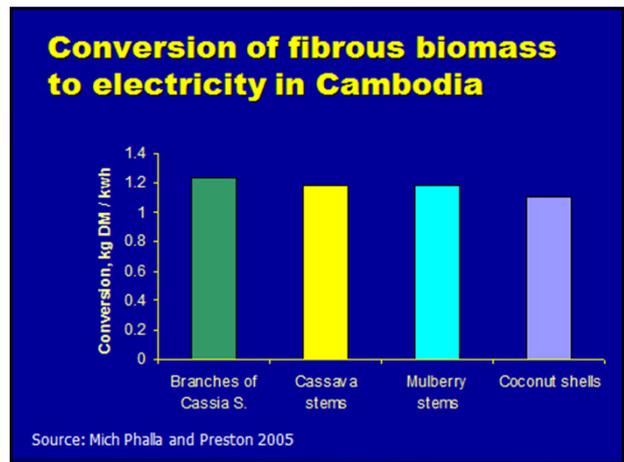
#### Légumineuses herbacées et Prairies (Mello et al, 1989)

1. Les légumineuses tropicales sont adaptées à la chaleur. Leur activité photosynthétique pourrait être stimulée par l'augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub>
2. De plus faible productivité (10 à 15 T de MS), relativement aux graminées réduit leur intérêt en tant que puits de Carbone
3. Multifonctionnalité  
Services agronomiques : enrichissement du sol en azote  
Santé des animaux (métabolites secondaires)
4. Environnemental :  
Production méthane réduite  
Production CO<sub>2</sub> réduite (moins d'engrais)  
Pollution des nappes phréatiques réduite

#### Les arbustes et arbres fourragers (Leng, 1997)

1. Une grande diversité d'arbres et d'arbustes fourragers adaptée à la chaleur et à la sécheresse. Leur activité photosynthétique pourrait être stimulée par l'accroissement de la concentration en CO<sub>2</sub>
2. De fortes productions de biomasse (plus de 30 T de MS/ha/an) fractionnable entre une fraction de grande valeur nutritionnelle (source de protéines) et une fraction lignifiée valorisable pour la production d'énergie.
3. Multifonctionnalité  
Services agronomiques : enrichissement du sol en azote; recyclage des minéraux; ombrage  
Santé  
Energie
4. Environnemental :  
Puits de carbone, Production de méthane réduite, Production de CO<sub>2</sub> réduite (moins d'engrais), Pollution des nappes phréatiques réduite





**Alternatives aux Céréales et Soja**  
 (Preston 1995, Wanapat, 2009)

1. Réduction de l'offre de céréales pour l'alimentation animale.
  1. Durabilité des cultures fortes consommatrices d'intrants (eau, engrais, produits phytosanitaires, ....)
  2. Alternatives : Fruits et tubercules amylacés
    - Plantes saccharifères
    - Huile de palme
    - Feuillages riches en protéines
    - Protéagineux tropicaux
    - Coproduits
3. Problème de durabilité des cultures des RNC  
 Solution : nouvelles modalités de gestion



**Coproduits fibreux des cultures (Wanapat, 2009)**

Offre augmente : Ressources provenant des cultures vivrières et industrielles, plantes de service

Grande diversité d'Aliments : pauvres à riches; sources d'énergie et/ou de protéines

**Multifonctionnalité**

Aliment pour l'Homme

Plantes de service

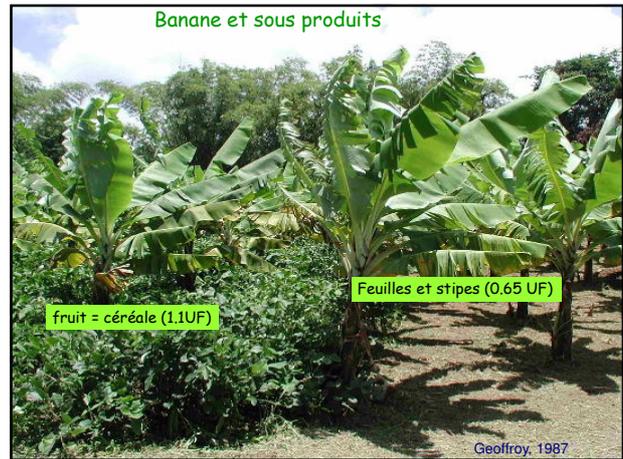
Energie

**Tableau 2.** Caractéristiques (composition chimique, ingestibilité) de quelques coproduits de cultures relevées dans la littérature.

Ressources	Productivité (T/ha)	MAT (%)	NDF (%)	Ingestibilité (% PV)
Paille de Riz	4	2-4	70-80	1,0-2,7
Canne de Mais	5	1,1-4,7	65-91	
Canne de Sorgho	4,6	1,0-7,8	57-83	
Bagasse de Canne	10-20	< 3	86-88	
Paille de Canne	2-5	< 4	75-90	
Amarre de Canne	8-16	< 6	63-67	1,7-2,0
Pseudo tronc de Banane	4,8	1,5-3,5	61-66	1,3-2,4
Feuille Bananier	1,2	8,2-12,4	44-61	1,8-3,6



Amarres :0.45 UF  
Geoffroy, 1987



Banane et sous produits

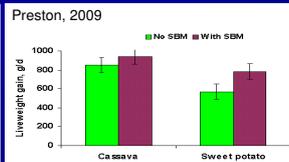
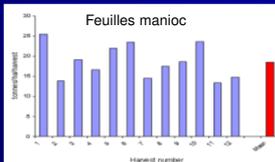
fruit = céréale (1.1UF)

Feuilles et stipes (0.65 UF)

Geoffroy, 1987

**Ressources à usages multiples**

Gestion mixte de cultures vivrières



**Feedipedia perspectives**

- Valeurs moyennes / Valeur Régions
  - Valeur environnementale
  - Efficience (Eco-socio)
- Evaluation multicritères basée sur typologie
  - Prairies
  - Parcours
  - Arbres et arbustes fourragers
  - Ressources mixtes (Feed Food)
- Autres usages / métabolites secondaires