

# Et les pailles ? Quels verrous à lever ?

par Thierry Payot (Chambre de Commerce et d'Industrie d'Eure-et-Loir,  
Chambre d'Agriculture d'Eure-et-Loir)

## Exemples d'initiatives développées en Eure-et-Loir

### Valorisation des agroressources locales vers l'industrie locale

- Mission Bioproduits initiée par la CCI et la Chambre d'Agriculture d'Eure-et-Loir. (lancée en mai 2006)

- 30 projets, R&D (2 thèses financées), essais industriels, veille, une centaine d'entreprises cibles
- Collaborations : Structures agricoles, centres de compétences et Industriels
- Plasturgie, emballage, cosmétique (pôle de compétitivité de la Cosmetic Valley), pharmaceutique (pôle pharma), BTP, mécanique, chimie...
- Pôle d'Excellence Rural « Agrodynamique » porté par le Conseil Général d'Eure-et-Loir, le CODEL, la CCI et la Chambre d'Agriculture d'Eure-et-Loir
- 4 axes : Agro-énergies (biocarburants et biocombustibles), Agro-alimentaire, Agro-matériaux et Agro-santé : 7 projets

## Les céréales en Eure-et-Loir

Premier département français producteur de céréales : blé tendre, blé dur, orge.

- Département : 593 200 Ha
- SAU (Surface Agricole Utile) : 454 400 ha (77% de la surface du département dont 96% de terres arables)
- 290 100 Ha en 2005 dont 190 000 ha de blé tendre
- Rendements de 75 à 80 q/ha pour le blé tendre
- 14 820 000 q de blé tendre en 2005
- 1 million de tonnes de pailles de céréales produites (à 3,5 t/ha)

## Les pailles en Eure-et-Loir

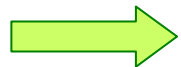
90% de la paille sert d'amendement organique pour les cultures suivantes.

- La paille n'est pas un déchet, mais un coproduit valorisable
- Valeur agronomique

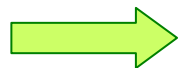
10% de la paille est commercialisée localement ou à destination des régions limitrophes (notamment pour l'élevage)

Nouveau marché : la « paille énergie » comme biocombustible de chaufferie biomasse (thermique et/ou électrique)

Le premier verrou est économique



Accessibilité à la matière première « Paille »



Valeur de la paille et prix rendu agriculteur

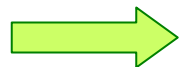
## Les pailles en Eure-et-Loir

20 à 25% de la paille est réellement accessible sur le marché sans incidences agronomiques. Au-delà, un complément agronomique est nécessaire sous forme d'amendement organique et minéral

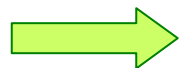
200 000 à 250 000 t de pailles sur le département

Aspect logistique important : collecte, stockage, transport, lieu de transformation

Le deuxième verrou est économique et écologique



Fonction agronomique de la paille



Transport des matières premières

# Les pailles et les biocarburants de seconde génération

## Composition de la paille

- 3 éléments : cellulose, hémicellulose et lignine
- Association difficile à déstructurer

## 2 filières complémentaires envisagées :

- la voie « BtL » (Biomass to Liquid) ou voie « thermochimique » : production de gasoil, kérosène, méthanol...
- la voie « Bioéthanol » ou voie « Biochimique » : production d'éthanol par fermentation de la cellulose préalablement transformée en glucose.

## 1) La filière BtL ou voie « thermochimique »

- Cellulose, hémicellulose et lignine
- 3 grandes étapes :
  - Préparation de la biomasse : Pyrolyse 500 °C et/ou torréfaction
  - Gazéification et traitement du gaz de synthèse (Élimination des impuretés, faible rendement massique en carburant)
  - La synthèse des carburants : Réaction chimique avec catalyseurs, synthèse de Fischer-Tropsch

## 2) Filière Ethanol ou voie « Biochimique »

- Cellulose -> co-produits
- 4 étapes :
  - Préparation de la biomasse (= déstructuration cellulaire) : pression + vapeur + chauffage acide faible
  - Conversion de la cellulose en glucose par hydrolyse enzymatique
  - Fermentation des sucres en alcool
  - Distillation et déshydratation de l'éthanol

Le troisième verrou est technico-économique

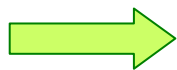
## Conclusion

BtL	Ethanol
Préparation de la biomasse, coût énergétique VERROU ECONOMIQUE	Préparation de la biomasse, coût investissement VERROU ECONOMIQUE
Gazéification et purification : rendement et qualité VERROU TECHNOLOGIQUE	Optimisation de l'hydrolyse emblématique et utilisation des hémicelluloses VERROU TECHNOLOGIQUE

Couplage énergétique des productions de biocarburants de première et de seconde génération, couplage des voies thermochimiques et biochimiques.

Aides et incitations fiscales, aides à la Recherche (Pôles, Régions, Etat, Europe 7ème PCRD)

### Le quatrième verrou : les moyens



Avons-nous aujourd'hui les moyens de nos ambitions?



Avons-nous suffisamment développé les coopérations internationales dans le domaine?

# Bilan

## Et les pailles ? Quels verrous à lever ?

- Valorisation de la matière première
- Optimisation de l'impact environnemental et de la logistique filière
- Optimisation des procédés technologiques
- Mobilisation des moyens

## II) Faudra-t-il modifier nos comportements alimentaires pour économiser l'énergie ?

par Pierre Feillet (INRA)



## Un aliment, c'est de l'énergie et il faut de l'énergie pour produire un aliment

- Le plus grand consommateur d'énergie au Royaume Uni est la filière de l'alimentation.
- 17% de l'énergie utilisée aux États-Unis sert à la production, à la transformation et à la préparation des aliments.
- Sur une table anglaise ou canadienne, chaque calorie consommée a nécessité huit à dix fois plus de calories pour la produire.

## Les besoins énergétiques d'un adulte

- Les dépenses énergétiques dépendent de la composition corporelle, de l'activité physiologique et du niveau d'activité physique (métabolisme)
- Les besoins pour un adulte sont compris entre 1800 et 4000 kcal/jour. Un gramme de glucide, de protéine ou de lipide apporte respectivement 4, 4 ou 9 kcal
- Le bon carburant est le GPL 312 (trois calories d'origine glucidique pour une d'origine protéique et deux d'origine lipidique)

## Énergie brûlée annuellement dans le monde par l'activité métabolique des Hommes (Gtep)

	Six milliards (2000)	Neuf milliards (2050)
2000 kcal/jour	0,435 Gtep	0,653 Gtep
3000 kcal/jour	0,653 Gtep	0,980 Gtep

Consommation d'énergie annuelle dans le monde : 9 Gtep

1 kcal = 4,18 kJ      1 GJ = 0,0238 tep

0,5 Gtep, soit :

- 5,5% de l'énergie consommée dans le monde.
- 1,8 fois l'énergie consommée en France
- 4,2 fois l'énergie produite par le parc français de centrales nucléaires

## Production de calories alimentaires

- Production végétale
- Production animale
- Séchage, stockage, transport
- Transformation
- Distribution
- Conservation, cuisson
- Énergie fossile et renouvelable
- Photosynthèse (rdt : 0,5 - 2%)

La ferme



L'usine



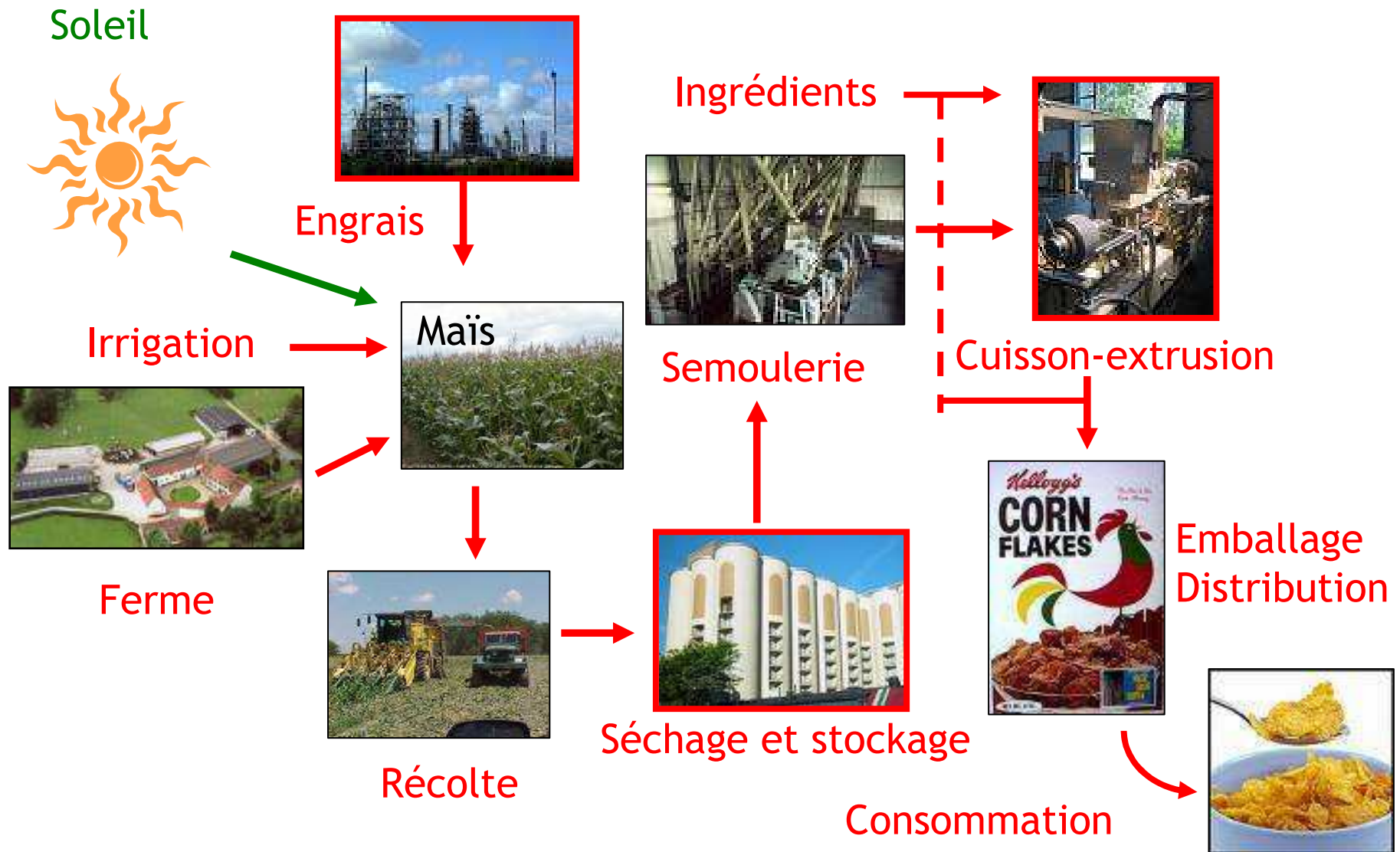
La cuisine



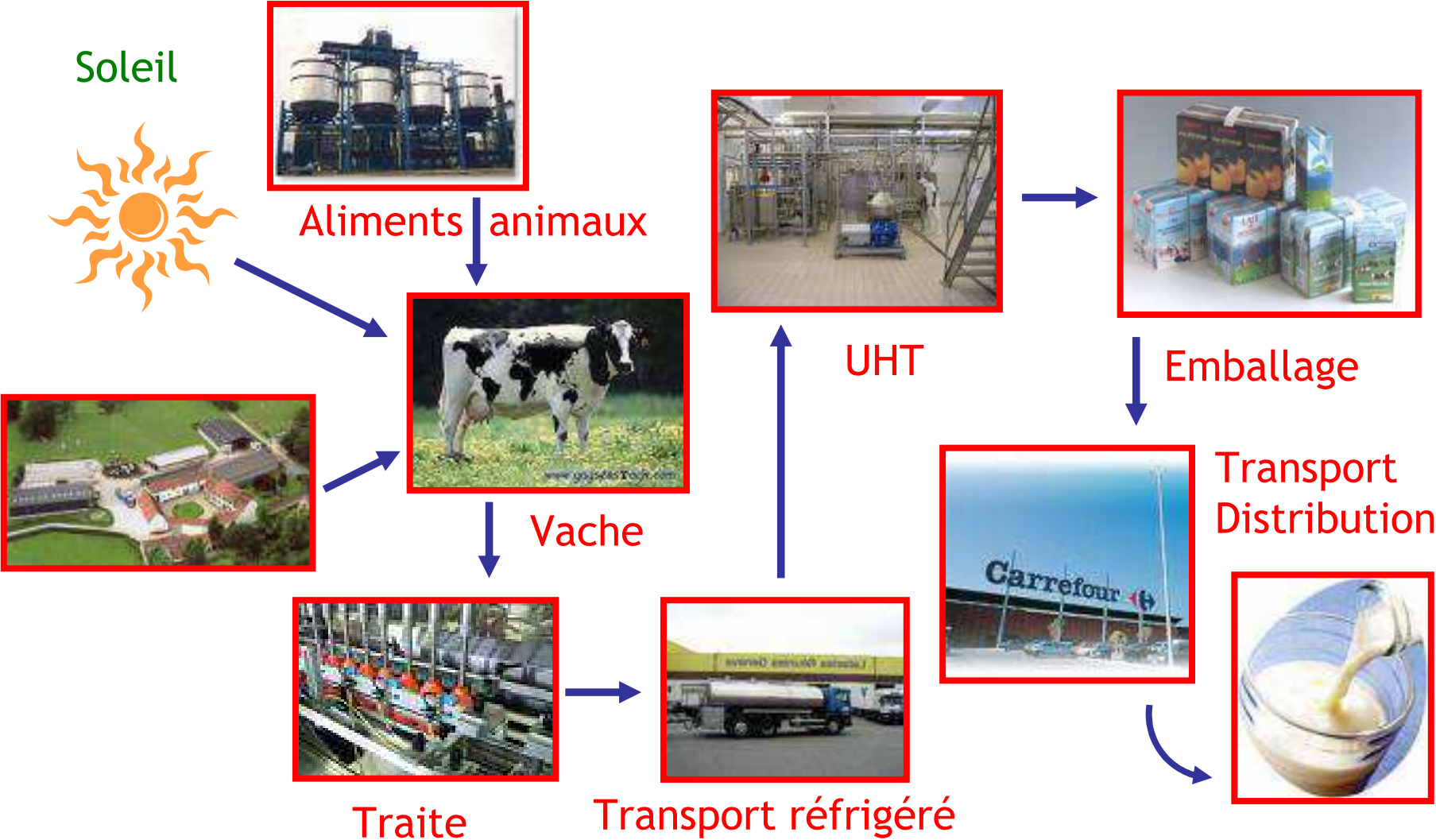
Pertes, gaspillages



# Exemple n° 1 : les corn flakes



# Exemple n°2 : le lait UHT



## Des coûts énergétiques variables

Produits végétaux	/	Produits carnés
Produits de saison	/	Produits hors saison
Produits locaux	/	Produits importés
Produits frais	/	Produits transformés
Produits en vrac	/	Produits emballés



Paysan africain	Citadin américain
-----------------	-------------------

## L'indice d'efficacité énergétique (IEE)

- L'indice d'efficacité énergétique informe sur la quantité totale d'énergie dépensée pour produire, transformer, emballer, distribuer et préparer un aliment. Il est rapporté aux nombres de calories présentes dans l'aliment.

$$\text{IEE} = \frac{\text{énergie disponible} \times 100}{\text{énergie fournie}}$$

- Plus l'IEE est faible, plus il faut d'énergie pour produire une calorie. L'indice varierait de 1 (plats cuisinés riches en viande de porc) à 500 (fruits cueillis dans son verger)

## Exemple : un hamburger « énergivore »



	<u>Grammes</u>	<u>MJ</u>
Pain	74	3,3
Viande hachée	90	10,4
Salade (serre)	28	4,5
Oignons (surgelés)	2	0,1
Fromage	14	0,9
Cornichons	8	0,1
Sauce	-	-

*Swiss federal institute of technology*

→ Environ 4600 kcal (20 MJ ) utilisées pour 420 kcal utiles  
IEE = 9

## Exemples d'efficacité énergétique selon les produits

Produit	IEE
Soja	415
Maïs	250
Hareng	110
Lait	20,6
Poulet	18,1
Œuf	11,2
Bœuf	6,4
Saumon	5,7
Porc	3,7
Crevette	0,9

+

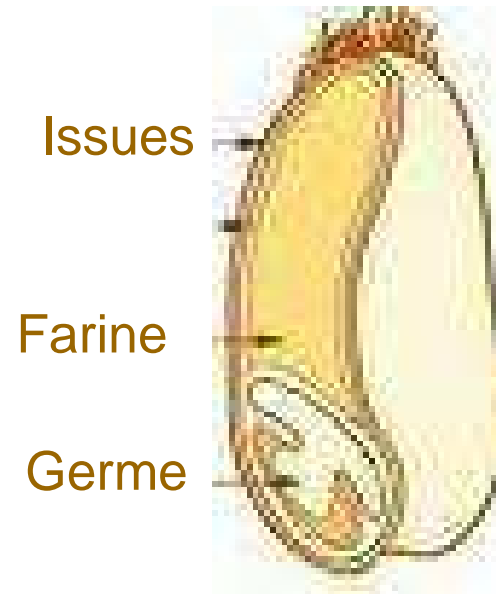


-

## IEE de la farine contenu dans le grain (production primaire au champ) = 585

Il faut apporter 20 GJ\* pour produire :

- 10 tonnes de blé
- 7,8 tonnes équivalents de farine (et 2,2 tonnes d'issues)
- 117 GJ (28 millions kcal) de farine extractible du grain



Grain de blé

\* Dont 50 à 60% pour les engrais azotés et 30% pour les carburant

## IEE d'une baguette de pain : 180

Blé : 10t



20 GJ

Farine : 7,8t



2 à 4 GJ

Baguette : 10,5t



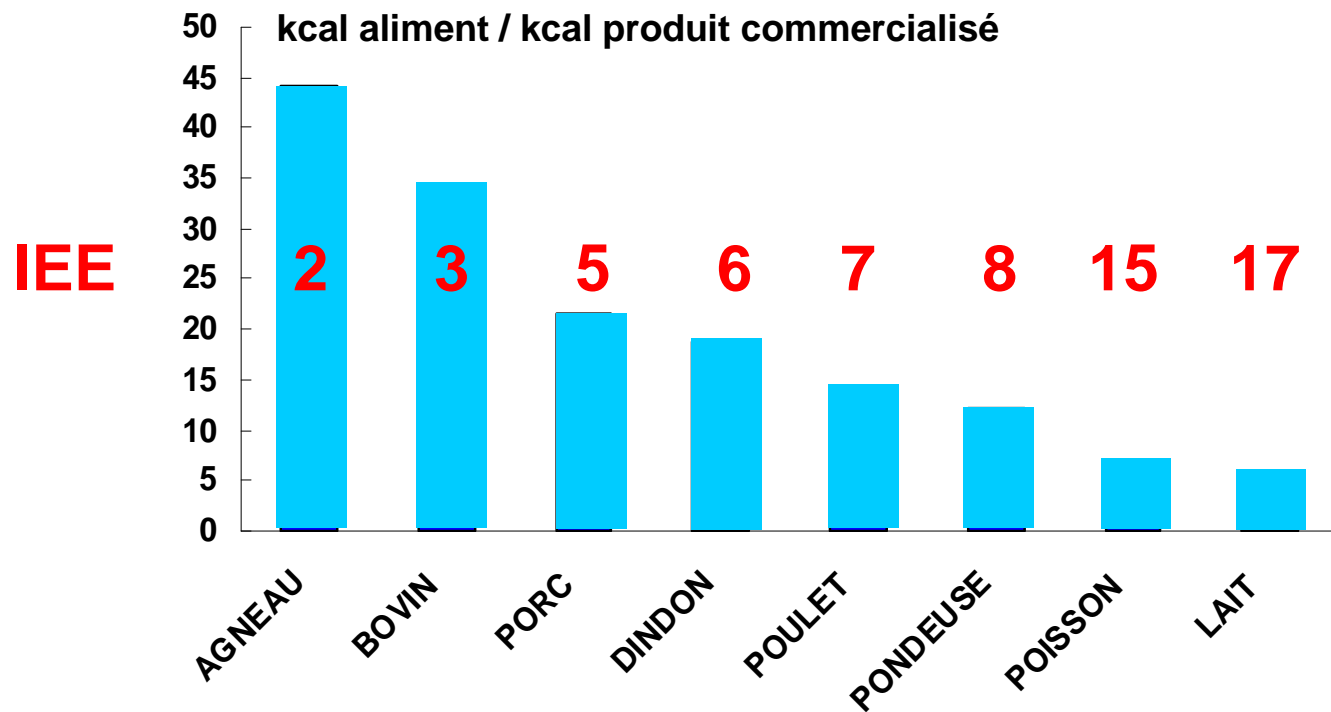
40 GJ

Énergie fournie : 63 GJ

Énergie disponible pour le corps : 113 GJ

IEE : 180

# Indice d'efficacité énergétique de la prise alimentaire par les animaux



$$\text{IEE} = \frac{\text{Énergie du produit commercialisé} \times 100}{\text{Énergie ingérée}}$$

Source : D. Sauvant

Attention ! Ces estimations dépendent du type d'élevage

Gtep nécessaires pour produire les 0,5 Gtep brûlés tous les ans par l'activité métabolique des Hommes

IEE	Gtep consommés	% énergie consommée dans le monde (9 Gtep)
10	5,00	55
50	1,00	11
100	0,50	5,5
200	0,25	2,7

## Une extrapolation (hasardeuse) à la France

Consommation totale d'énergie en France (2005)	276 Mtep
Part de l'énergie utilisée en France mobilisée par la filière de l'alimentation	15 %
Énergie utilisée par la filière de l'alimentation	41 Mtep
Besoins métaboliques des habitants	5 Mtep
Indice d'efficacité énergétique (IEE)	12

8 à 9 calories dépensées pour fournir une calorie alimentaire

## Le cas de l'agriculture aux Etats-Unis

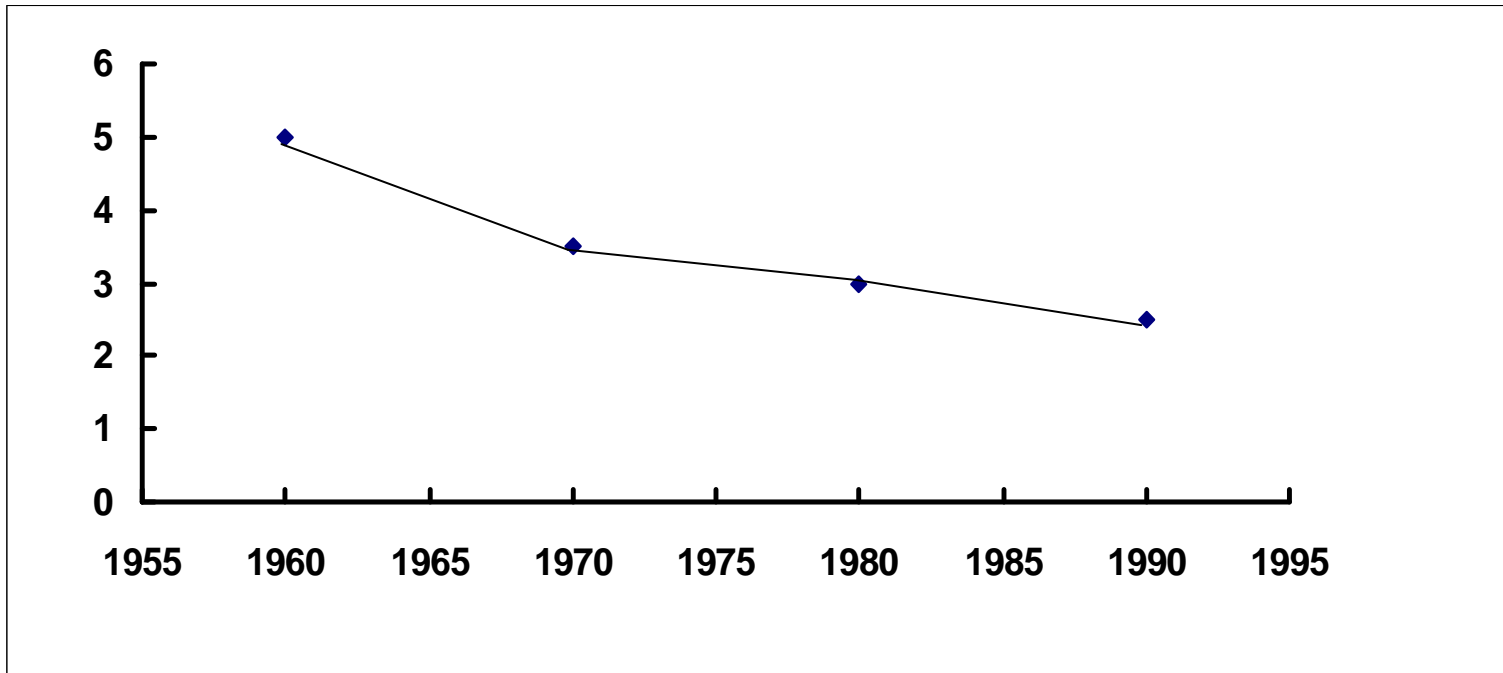
10% de la consommation énergétique nationale dont :

- 30% pour les engrais
- 20% pour l'utilisation des machines agricoles
- 16% pour le transport
- 13% pour l'irrigation
- 8% pour l'élevage des animaux (aliments exclus)
- 5% pour la production de pesticides.

Source : *What Will We Eat as the Oil Runs Out?*, June 23-25, 2005, Dublin Ireland  
A paper presented at the FEASTA Conference

# Évolution de l'indice de consommation des poules pondeuses

Kg aliments / kg oeufs



## En bref...

Paysan africain

IEE = 400

//

Américain moyen

IEE = 10

---

% énergie totale (9 Gtep)

---

1,5

55

### COMMENT ECONOMISER L'ENERGIE ?

- Manger des fruits et des légumes de saison produits localement
- Préférer le bœuf et le mouton au porc et au poulet
- Des harengs et des maquereaux plutôt que des crevettes ou du saumon d'élevage
- Du pain au petit déjeuner de préférence aux corn flakes
- Pas d'emballages inutiles
- Éviter l'usage du four, cuire plutôt dans l'eau bouillante

**III) Que peut-on attendre de la recherche technologique pour améliorer l'efficacité énergétique de la production de céréales ?**

