



L'efficacité alimentaire en élevage des ruminants (de l'animal au système alimentaire)

Philippe FAVERDIN

UMR PEGASE INRA St-Gilles France



P. FAVERDIN

Journées AIDA

30 juin 2017

Efficacité et Efficience : Définitions

Efficacité et efficacité : synonymes?

« Efficiency » et « efficacy » existent en anglais et en latin (efficacia et efficientia)...

Définition : l'efficacité est «le rapport entre les biens produits ou les services livrés et les ressources utilisées »

$$Efficience = \frac{\text{produits}(s)}{\text{ressources}(s)}$$

« il ne faut pas confondre l'efficacité avec l'efficience, qui est le rapport entre les résultats obtenus et les objectifs fixés ».

(dictionnaire de l'office Québécois de la langue française)

**L'efficacité consiste à atteindre l'objectif fixé,
l'efficience serait de le faire avec la meilleure utilisation des ressources.**

L'efficacité en production animale

- Accroître l'efficacité de conversion de la biomasse végétale en produits animaux est essentiel pour :
 - Réduire les impacts environnementaux
 - Préserver les ressources
 - Accroître la compétitivité
 - Limiter la compétition avec l'utilisation de ressources directement utilisables pour l'alimentation humaine
- Le faire sans altérer le fonctionnement des systèmes de production
- Mesurer correctement l'efficacité

L'efficience : Quelle définition?

- La définition proposée paraît simple

$$Efficience = \frac{\textit{produits}(s)}{\textit{ressources}(s)}$$

- MAIS
 - Quels sont les produits ou services à prendre en compte?
 - Quelles sont les ressources à considérer?
 - Comment en gérer plusieurs? Si plusieurs efficience, comment trouver les compromis?
 - A quelles échelles faut-il considérer ces ratios?



A l'échelle animale

Deux grandes voies pour améliorer l'efficacité des animaux

- La voie génétique
 - Amélioration progressive mais avec un grand impact
 - Evaluation des gains réels après plusieurs années
 - Nécessite de bons indicateurs pour sélectionner
 - Problème des interactions possible génétique x environnement
 - Attention aux erreurs de sélection!
- La voie de l'alimentation
 - Voie immédiate d'action
 - avec évaluation rapide possible des bénéfices
 - Nécessite souvent plus d'informations et de travail ou de robotisation



La voie génétique

- Les animaux ne sont généralement pas une ressource limitante : ce sont des transformateurs secondaires de la biomasse
- Accroître l'efficacité de conversion de la biomasse végétale en produits animaux est essentiel pour :
 - Réduire les impacts environnementaux
 - Préserver les ressources
 - Accroître la compétitivité
 - Limiter la compétition avec l'utilisation de ressources directement utilisables pour l'alimentation humaine
- Le faire sans altérer le fonctionnement des systèmes de production
- Mesurer correctement l'efficacité

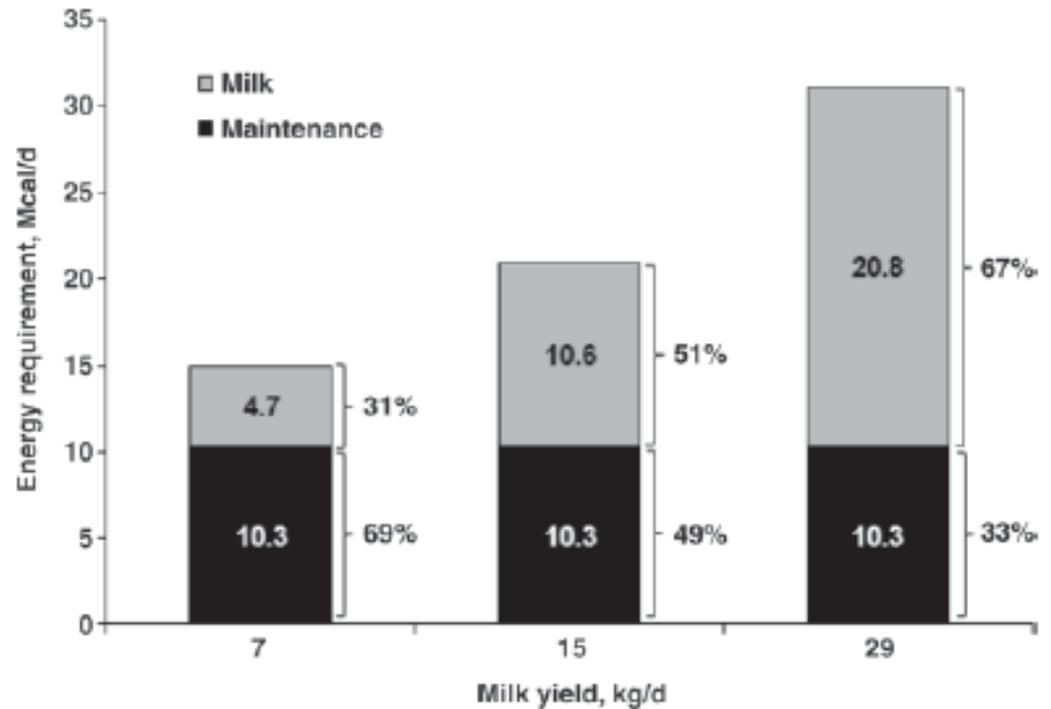
Efficacité : Accroître la production pour réduire le coût des besoins non productifs

Indicateur FCR
(feed conversion ratio)

$$\text{FCR} = \frac{\text{Quantités ingérées}}{\text{Lait produit}}$$

MAIS

- Assez simpliste
- Depuis longtemps dans la sélection sur la production
- Des limites avec le changement d'échelle



Capper et al, 2009

Améliorer la valorisation des aliments ingérés

L'indicateur utilisé est l'ingéré résiduel

RFI (residual feed intake) = QI observée - QI attendue



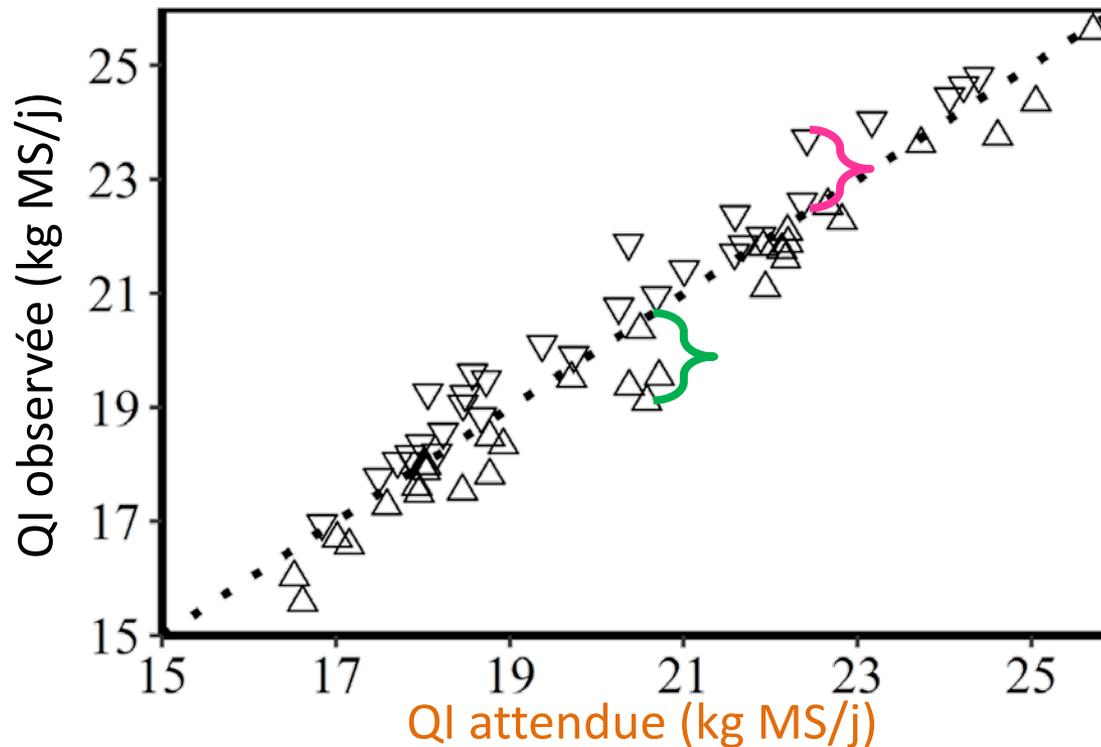
Pour couvrir **PL, entretien et croissance, variation réserves corporelles**

- Pas corrélé aux productions = nouvel critère de sélection
- Est un indicateur de l'efficacité de la valorisation de la ration
- Est le résultat d'un modèle
 - Confusion entre erreur du modèle et efficacité
→ problème des erreurs de mesures
 - Sensible aux variables retenues dans le modèle de prédiction

L'indicateur d'ingestion résiduelle

QI observée > QI attendue
RFI > 0 → vache moins efficiente
que la moyenne

QI observée < QI attendue
RFI < 0 → vache plus efficiente
que la moyenne



Choix des variables du modèle de prévision de l'ingestion

$$QI \text{ observée} = QI \text{ attendue} + IR$$

		Efficienne	Intéressant pour...	Risqué pour...
Prises en compte pour estimer ingestion résiduelle (IR)	Entretien PV	Pas de lien	Valorisation carcasse	Portance pâturage
	Variation Réserves	Pas de lien	Fertilité Santé	Pas économie ration début de lactation
Non prises en compte = déterminant de l'efficienne	Entretien PV	Poids – Taille -	Réduire portance pâturage	Valorisation carcasse
	Variation Réserves	Mobilisent + Gagnent -	Économie ration début de lactation	Fertilité Santé

L'efficienne : une question de point de vue !

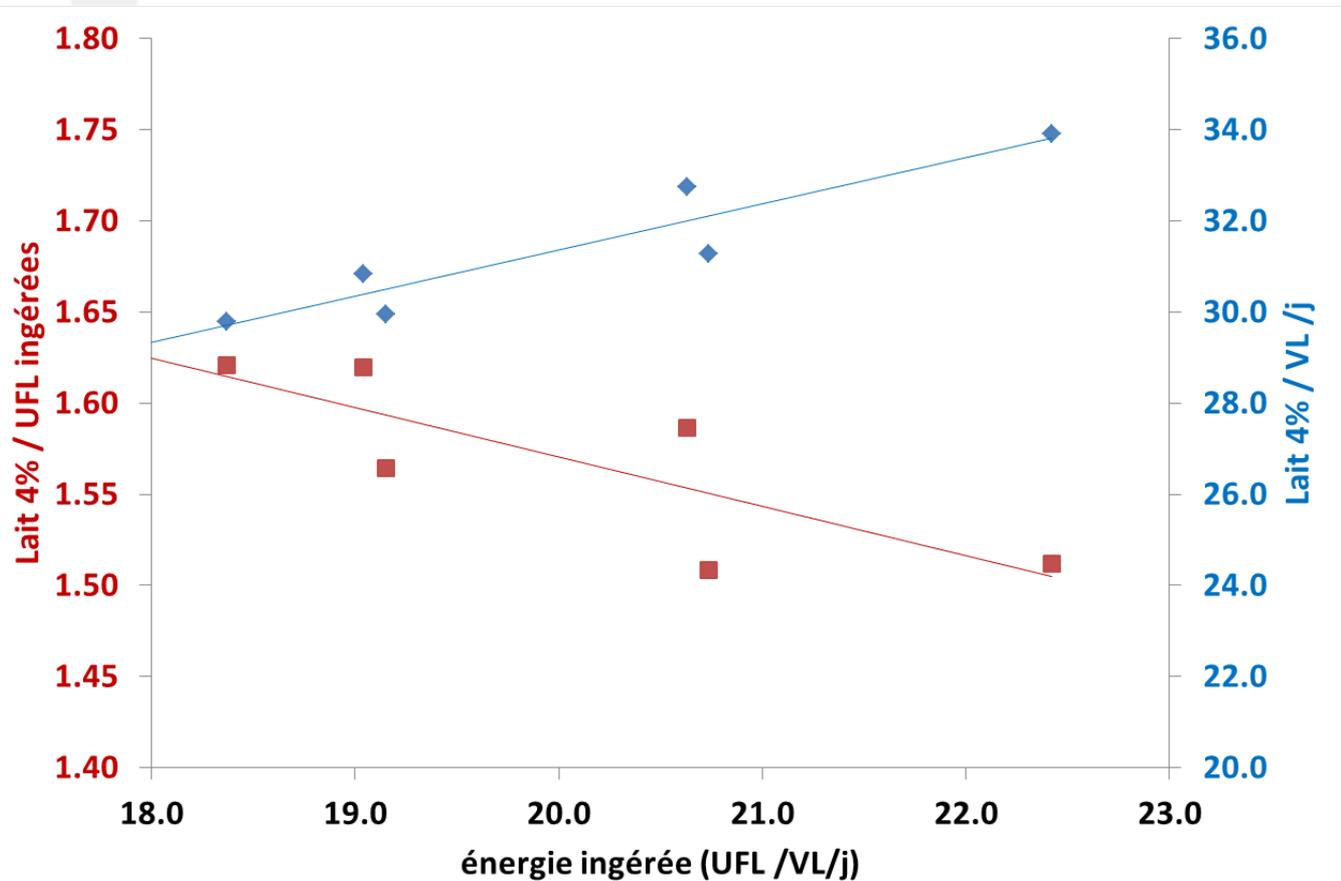
Fischer 2017



La voie alimentaire

- L'approche par les recommandations a tendance à « sécuriser » les apports pour maximiser la production
- Les réponses aux apports alimentaires sont souvent des courbes qui suivent la loi des rendements décroissants
- Rationner au maximum d'efficacité ne signifie pas maximiser la production mais
 - Apporter les nutriments juste aux niveaux auxquels les réponses marginales baissent
 - Veiller à un bon équilibre relatif entre les différents besoins nutritionnels (énergie, protéines, acides aminés, minéraux...)

Exemple de l'énergie : Le maximum de production ne correspond pas au maximum d'efficacité



Brun-Lafleur et al, 2010

Exemple des protéines : alimenter suivant l'efficacité réduit l'utilisation des protéines

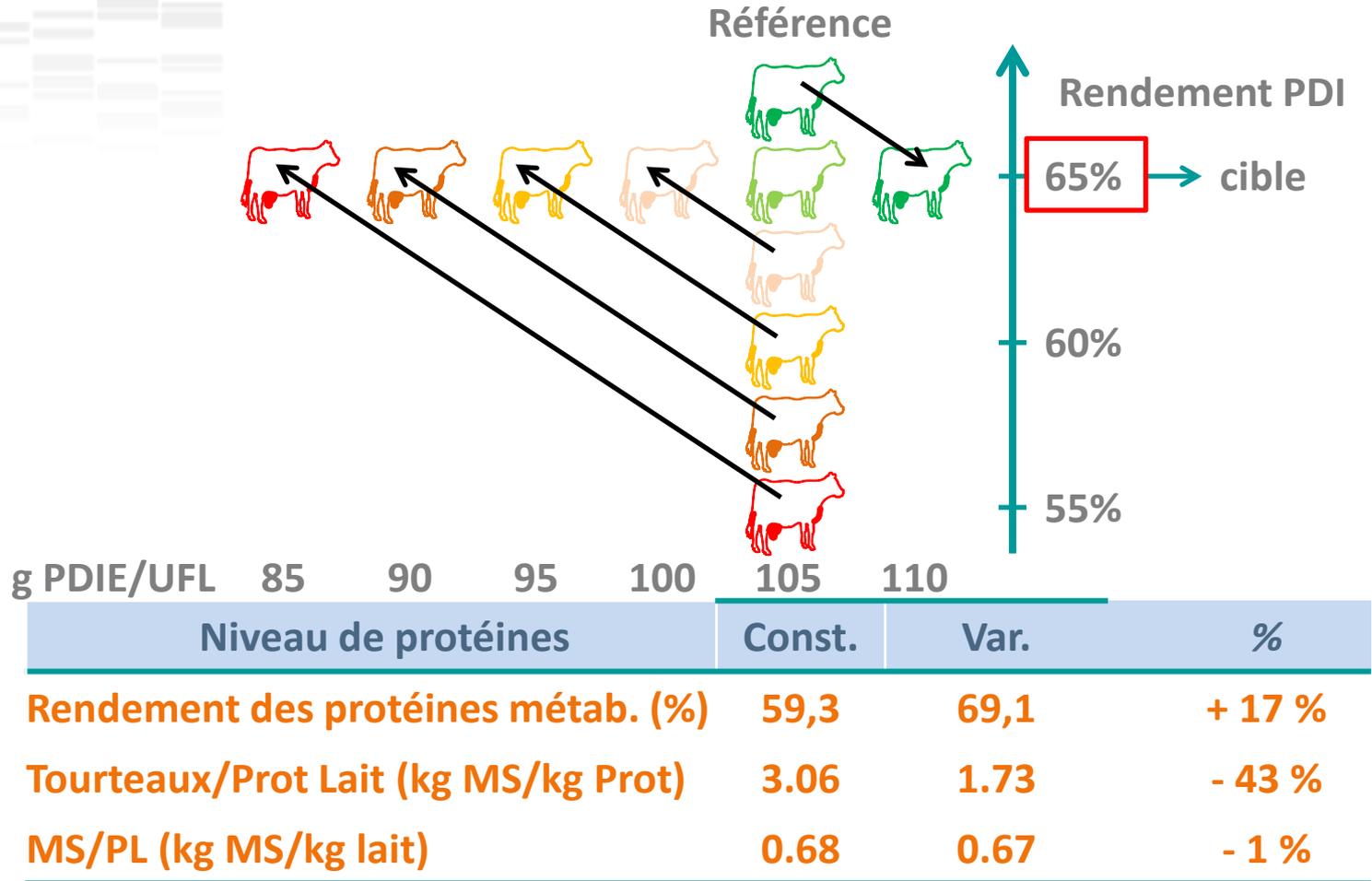
Mesure individuelle de l'efficacité protéique



Utilisation d'une fonction de pilotage de l'efficacité



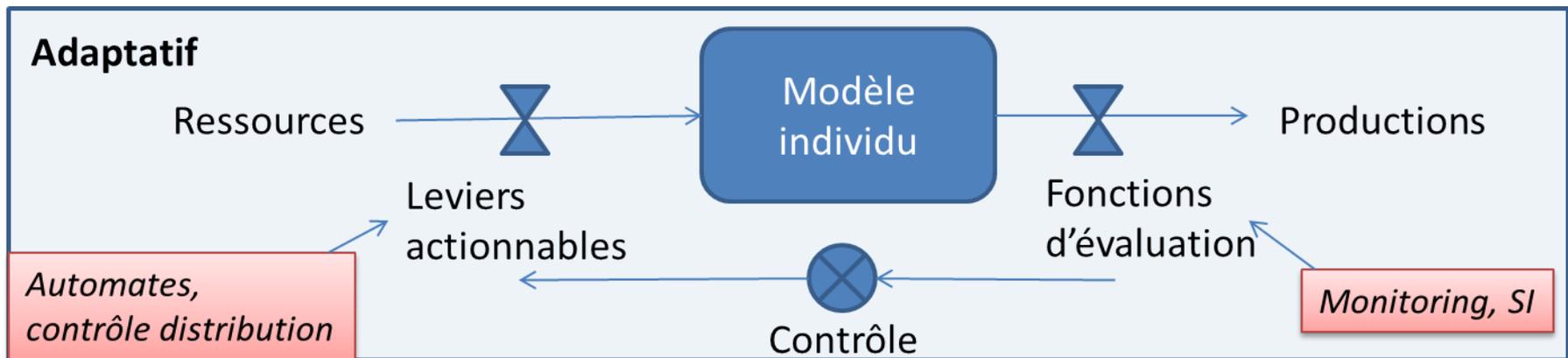
Modification individuelle de la ration



Cutullic et al, 2013

De nouveaux outils pour raisonner l'alimentation et l'efficience

- Les nouveaux systèmes d'alimentation INRA vont essayer de prédire les réponses en fonction des apports
→ Systèmes d'Alimentation # recommandations
- Alimentation de précision va permettre d'adapter la conduite alimentaire aux réponses des individus



Impacts des changements de conduite sur les efficacités énergétiques et protéiques

Combiner les différents leviers pour accroître les gains d'efficacité

	Energétique	Protéique
Efficiencé de base	21%	28%
Augmentation de la production de 10% (950 L/an)	+0.7%	+0.4%
Longévité augmente de 3 à 4 lactations	+0.6%	+0.5%
Diminution des besoins d'entretien de 10%	+1.1%	+1.2%
Augmentation de l'efficacité digestive de 10% !	+1.2%	+1.0%
Réduction de l'âge au 1 ^{er} vêlage de 2 mois	+0.3%	+0.3%
Réduction de l'intervalle vêlage – vêlage de 1 mois	+0.4%	+0.4%
Réduire de 2% la teneur en protéines près 150j de lact.	+0.0%	+1.3%

Modélisation d'après VandeHaar (2012) pour une ferme US avec des VL à 9500 L/an



A l'échelle de l'exploitation d'élevage

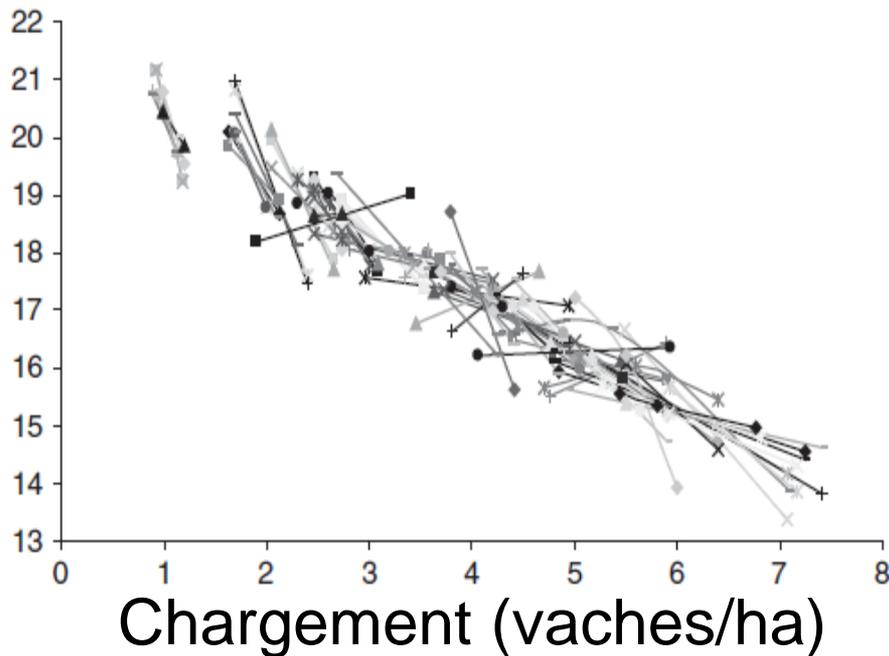
A l'échelle de l'exploitation

- L'efficacité de transformation par l'animal n'est pas le seul facteur d'efficacité à ce niveau
- Les animaux ne sont généralement pas une ressource limitante : ce sont des transformateurs secondaires de la biomasse → lien avec la production et l'utilisation de la biomasse (cas du pâturage)
- Les productions d'une exploitation sont multiples: comment évaluer une efficacité globale des systèmes?

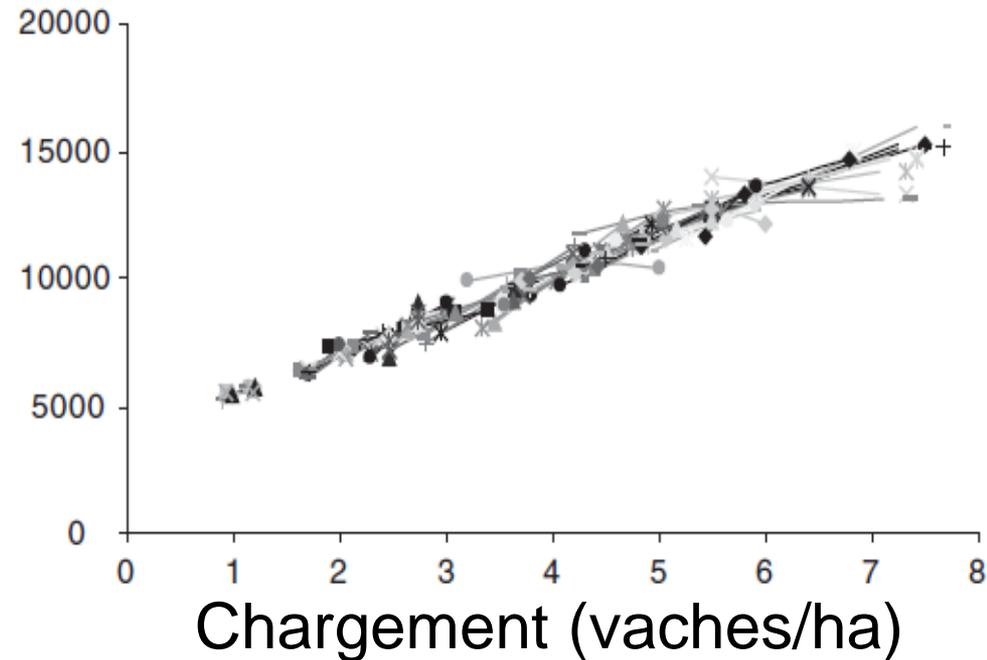
Chargement et production laitière

(n=190 essais publiés, 168 jours et 52 vaches / essai)

Lait (kg/vache/jour)



Lait (kg/ha)



+ 1 vache/ha : + 1657 kg lait / ha

- 206 kg lait / vache (1,2 kg/v/j × 168 j)

McCarthy et al., 2011

Produire plus avec moins d'impacts!

- **L'efficacité comme mesure du rapport entre productions et impacts pour évaluer**

- Comment évaluer cette efficacité pour des exploitations très différentes ?
- Comment gérer la dimension multicritère dans cette évaluation ?

$$Efficacité = \frac{\text{multi productions} + \text{multi (dis)services}}{\text{multi ressources}}$$

- **Quelle stratégie semble la plus performante pour arriver à améliorer cet indicateur produits / impacts ?**

- Faut-il intensifier la production par animal ou par ha pour espérer produire plus sans trop accroître les impacts?
- Faut-il essayer de réduire la dépendance aux intrants (autonomie) pour favoriser les synergies et réduire les impacts tout en essayant de ne pas trop réduire les productions globales?

Analyse des impacts par l'analyse de cycle de vie (ACV)

$$\text{Impact ACV} = \frac{\text{Impact Environnemental}}{\text{unité de produit OU ha OU exploitation}}$$

Impacts Environnementaux (Analyse de cycle de vie - ACV)

Energies non renouvelables

Utilisation des terres

Eutrophisation

Acidification

Gaz à effet de serre

Productions

Production de lait

Production de viande

Cultures de vente

1. Permet de prendre en compte de multiple produits et impacts
2. Prend en compte tous les impacts liés aux intrants
3. La difficulté d'attribuer spécifiquement les impacts à chaque produit
4. Une multiplicité d'indicateurs (par produit x par impact)
→ des dilemmes entre indicateurs
→ une décision difficile

Approche de l'efficacité par les méthodes DEA

(Data envelopment Analysis)

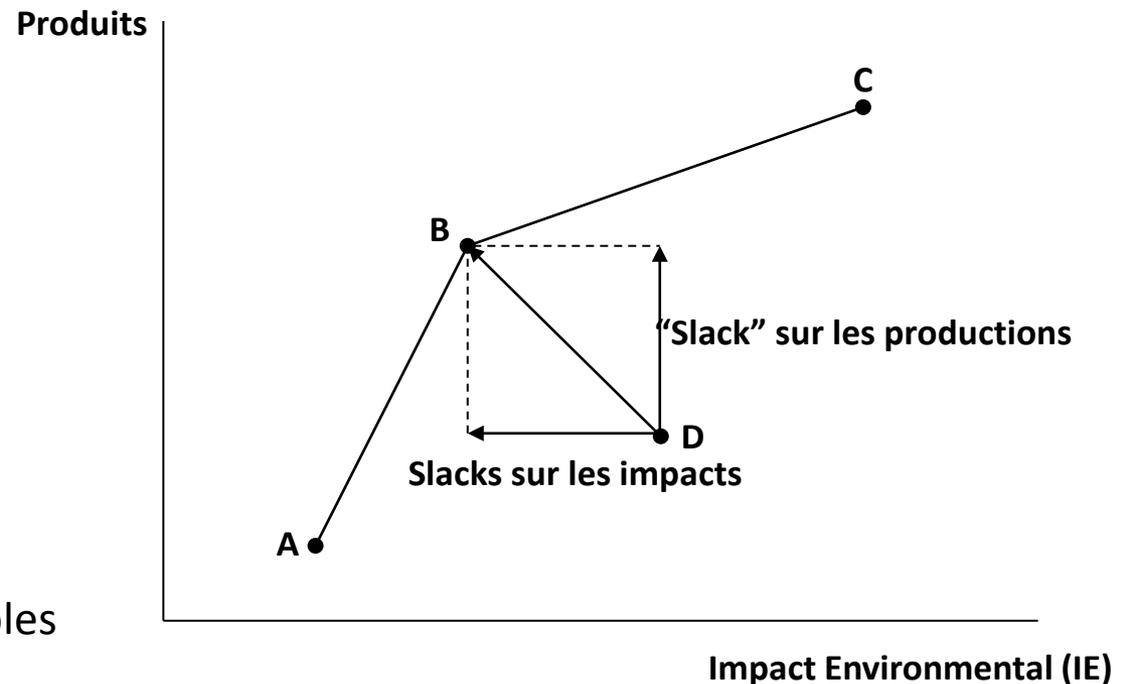
Un seul "score" global d'éco-efficacité par exploitation mesuré par rapport à une frontière constituée par les meilleures

3 produits

Lait
Viande
Cultures de vente

5 impacts ou ressources

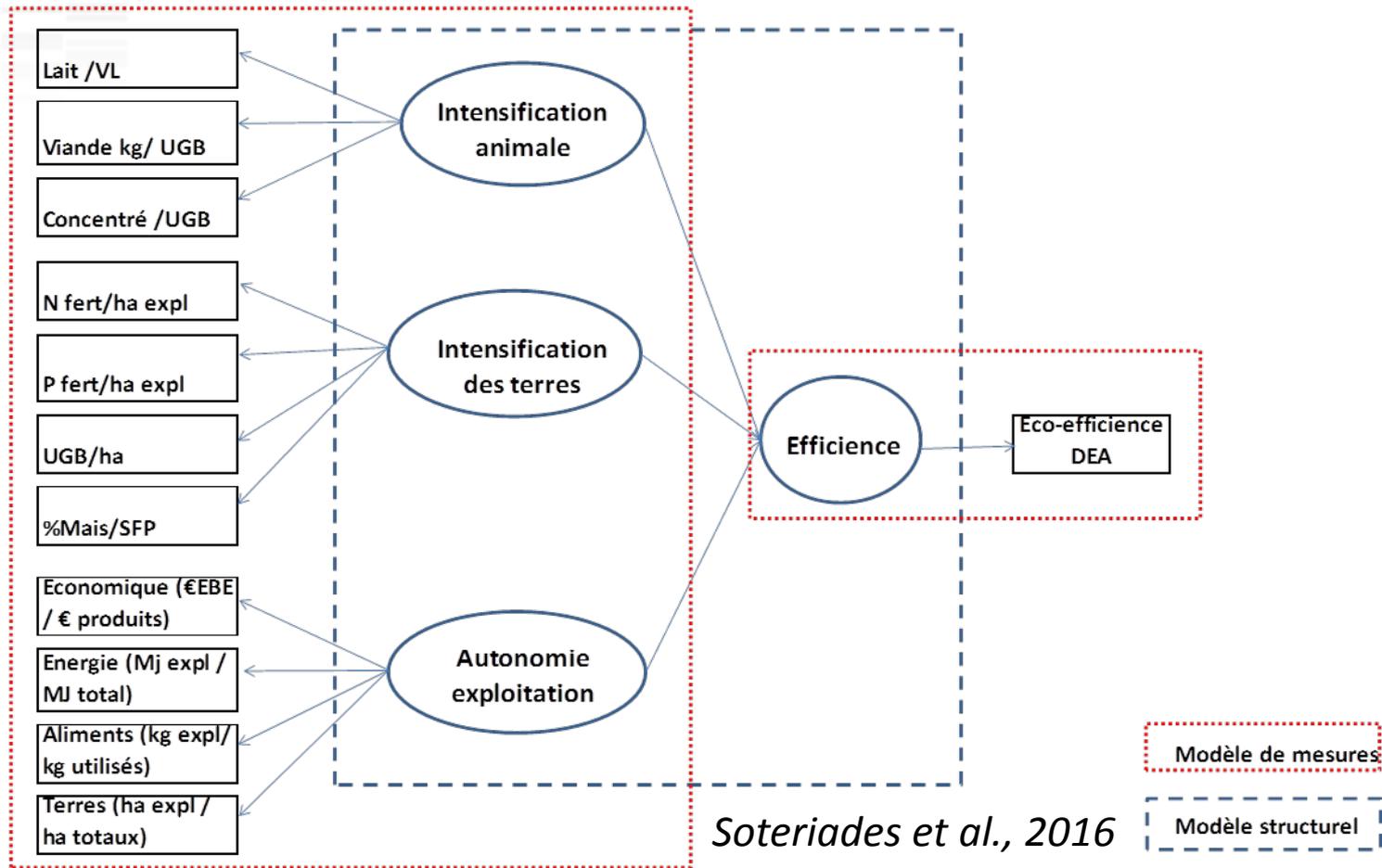
GES
Eutrophisation
Acidification
Utilisation de terres
Energies non renouvelables



Soteriades et al., 2016

sélection des variables intensification -autonomie (Modèle PLS – SEM)

- Les variables latentes intensification animal et terre sont corrélées >0
- Les variables latentes intensification et autonomie sont corrélées négativement
- Construction d'un modèle unique pour la PLS finale



L'intensification réduit les scores d'efficacité, l'autonomie les améliore

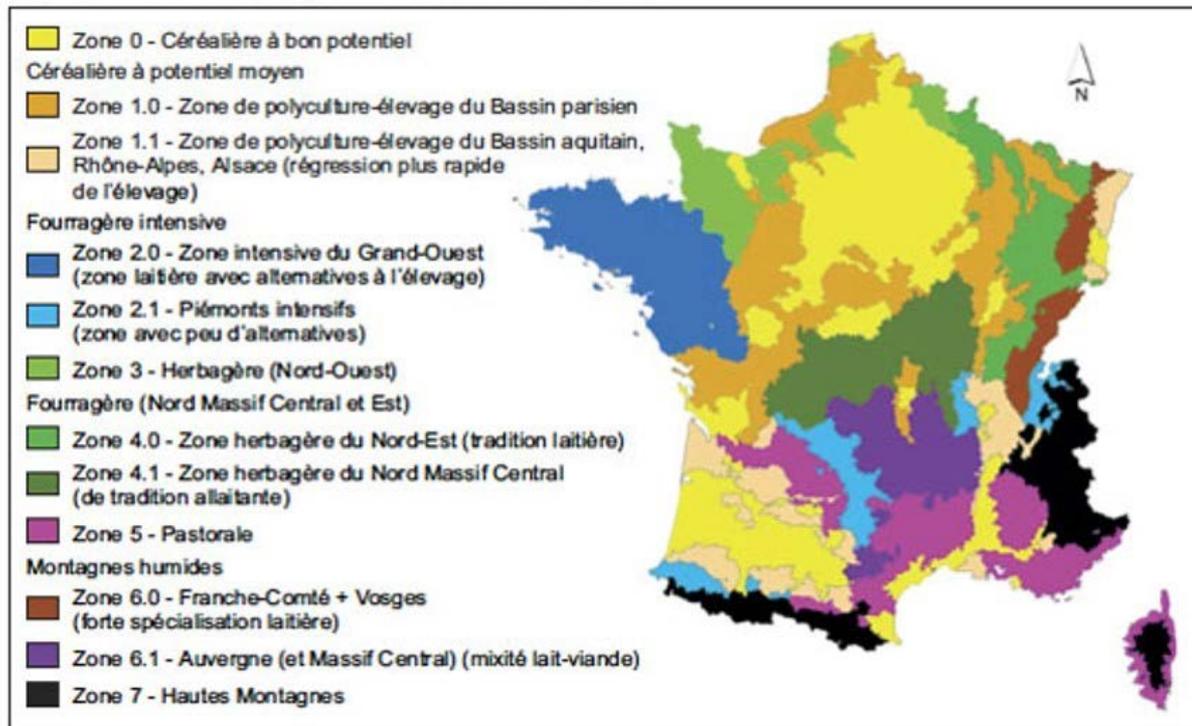
Région	coefficient <i>(intervalle de confiance à 95%)</i>	<i>(p-value)</i>
« Océanique »	-0,36^a <i>(-0,55, -0,21)</i>	<i>(0,001)</i>
« Continentale »	-0,57^b <i>(-0,67, -0,47)</i>	<i>(< 0,001)</i>

Soteriades et al., 2016

Approche multicritère de l'efficacité de l'exploitation

- Niveau d'organisation important
 - Niveau le plus agrégé avec décideur unique
 - Nombreuses interactions et leviers possibles pour gagner en efficacité
- Possibilité d'évaluer globalement l'efficacité de globale de systèmes très différents
 - Nombreuses exploitations pour établir des comparaisons
 - Des systèmes d'informations sur les exploitations complets
- L'autonomie semble une voie intéressante pour accroître l'éco-efficacité

Carte des grandes régions d'élevage



Source : Rouquette et Pflimlin, 1995

A des échelles territoriales

Maximiser l'efficacité de chaque système indépendamment de la gestion globale des ressources est risqué

- Les meilleures ressources donnent généralement à chaque système les meilleures performances et souvent la meilleure efficacité
- Mais les meilleures ressources sont limitées :
 - Les surfaces, en particulier labourables, sont limitées
 - L'augmentation de productivité par hectare a aussi ses limites et ses impacts environnementaux
- Si chaque système maximise son efficacité, cela ne garantit pas d'avoir la meilleure efficacité globale
 - Compétition des productions sur les meilleures ressources
 - Spécialisation des régions peut accroître sa vulnérabilité (qualité des sols de l'air et de l'eau, biodiversité, vulnérabilité économique)

Comment optimiser la performance globale du système alimentaire ?

1/ Fixer des objectifs permettant de Satisfaire au mieux les besoins en valorisant au mieux l'ensemble des ressources

→ Niveau d'organisation élevé vers des niveaux inférieurs

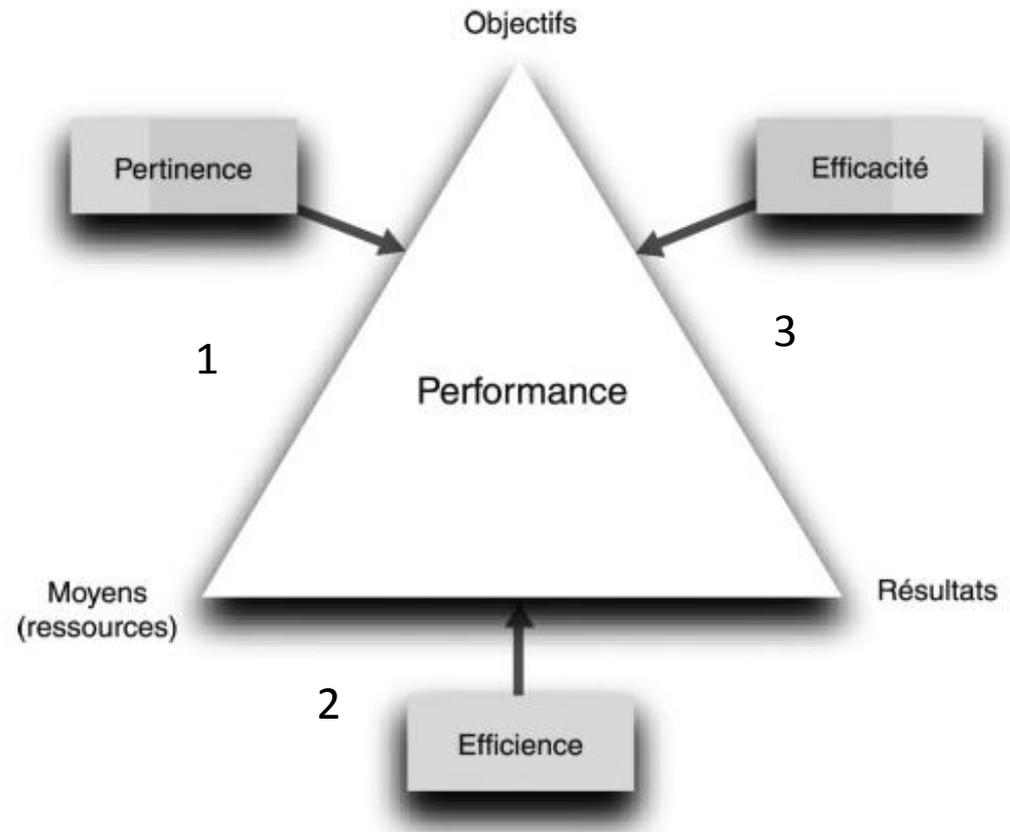
2/ Compte tenu de cette pertinence qui aura alloué des ressources, comment les valoriser au mieux dans chaque système

→ Niveau d'organisation bas

3/ Vérifier que les résultats ainsi obtenus sont cohérents avec les objectifs.

Indicateurs pertinents

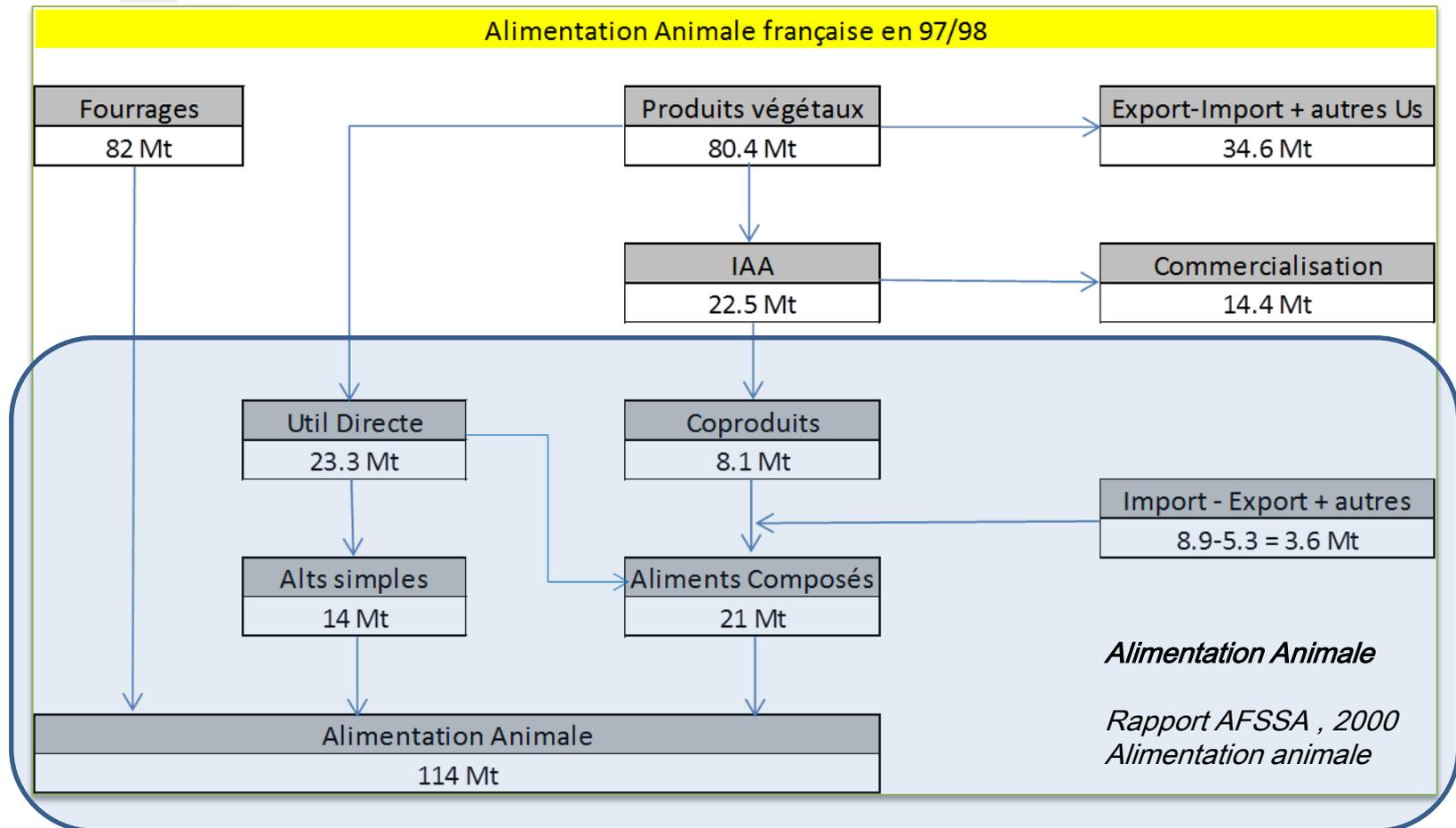
→ Niveaux d'organisation bas vers des niveaux supérieurs



Le système alimentaire mondial

(Jean-Louis Rastoin, Gérard Ghers, 2010, QUAÉ Ed.)

La production animale, grosse consommatrice d'aliments et de surfaces...



→ **Compétition sur les ressources pour l'alimentation humaine ?**

Pertinence : exemple de la compétition sur les ressources pour l'alimentation humaine

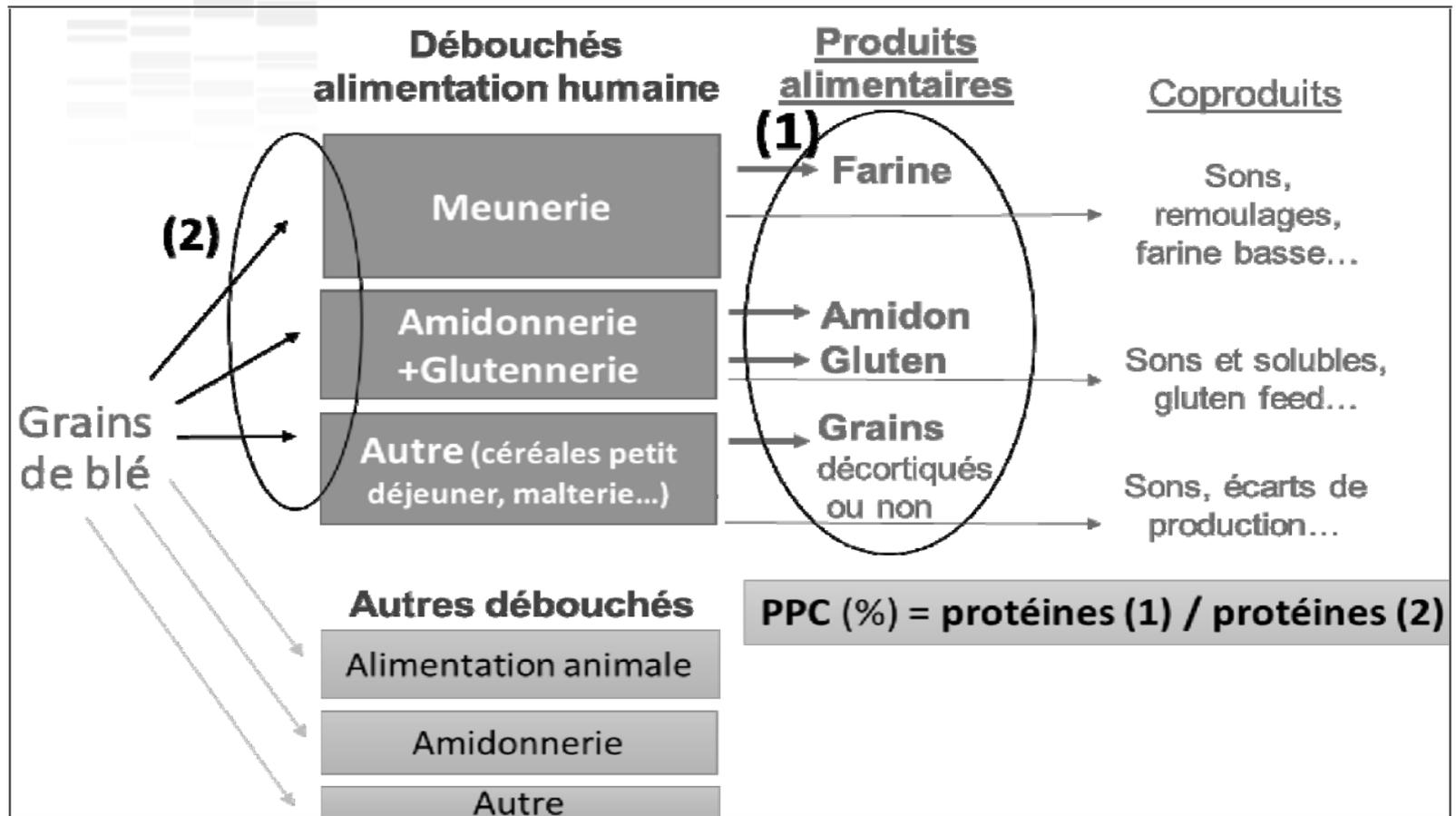
Les animaux fournissent des produits alimentaires après transformation de produits végétaux pour certains consommables directement par l'homme également = compétition sur les ressources et les surfaces!

Définitions d'indicateurs d'efficience

- **Indicateurs d'efficience «globale / totale»:**
 - **ECp**= Efficience de **C**onversion des **p**rotéines brutes
 - **ECe**= Efficience de **C**onversion de l'**é**nergie brute
- **Indicateurs d'efficience «nette» :**
 - **ECpc**= Efficience de **C**onversion des **p**rotéines brutes «**c**onsummables par l'Homme»
 - **ECec**= Efficience de **C**onversion de l'**é**nergie brute «**c**onsumable par l'Homme»

Ertl et al., 2010; Laisse-Redoux et al. 2016

Une analyse fine de la chaîne alimentaire



Laise-Redoux et al. 2016

Efficiences de conversion des protéines

Exploitation	Alimentation	ECP Totales	ECP Consommables	
			Actuel	Potentiel
Spécialisé lait Plaine	maïs dominant	0,28	1,16	0,61
	maïs herbe	0,28	1,52	0,77
	herbe	0,25	<u>2,33</u>	<u>1,49</u>
Spécialisé lait Montagne et Piémonts	maïs herbe	0,29	1,27	0,66
	herbe	0,24	<u>1,98</u>	<u>1,20</u>

Laisse-Redoux et al. 2016

Efficacité : vérifier que les stratégies de gain d'efficience ont bien permis d'atteindre les objectifs attendus!

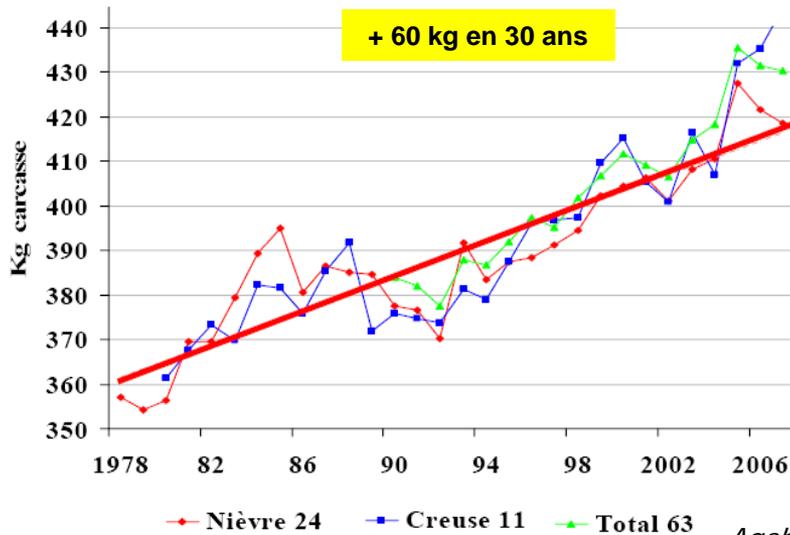
- Accroître les performances individuelles réduit la part des besoins non productifs par unité de produit, mais cela améliore-t-il la performance globale?
- Cas de la France
 - Sélection sur la production laitière
 - Sélection sur le GMQ et le poids carcasse des bovins viande
 - Pas de changement du ratio lait-viande dans la production bovine nationale

Spécialisation et intensification des productions bovines

Deux populations spécialisées et plus productives

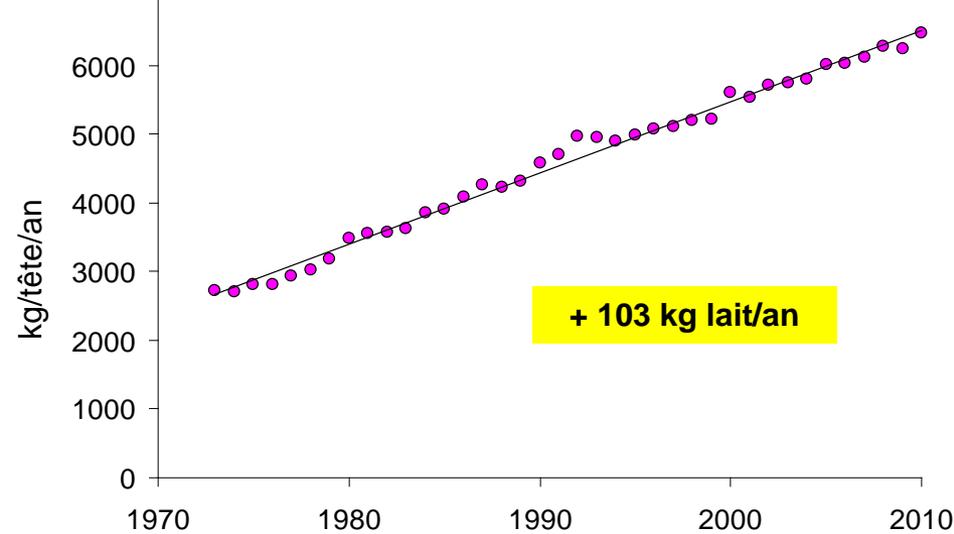


Poids carcasse vaches réformes Charolaises



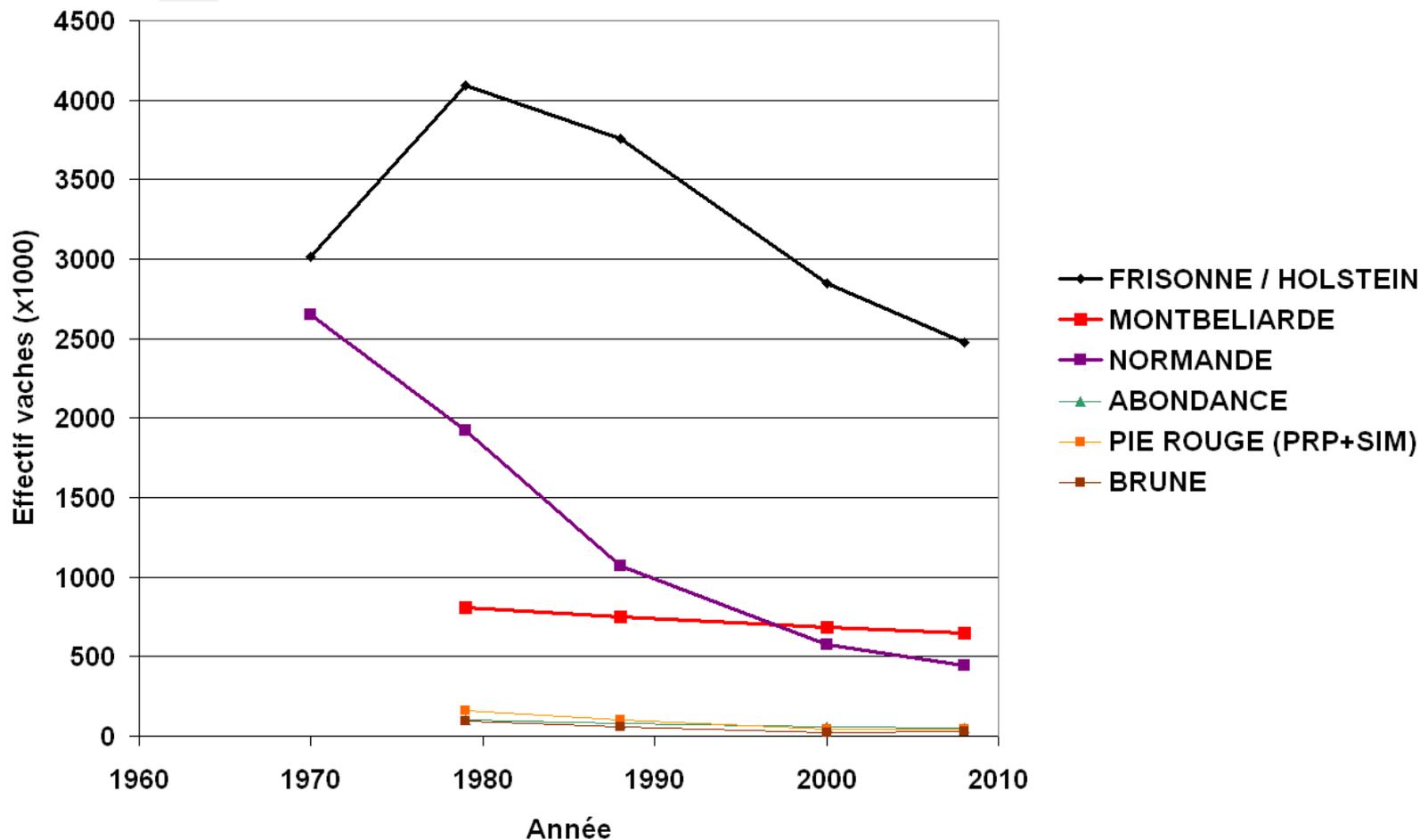
Agabriel, 2010

Lait produit/vache laitière présente

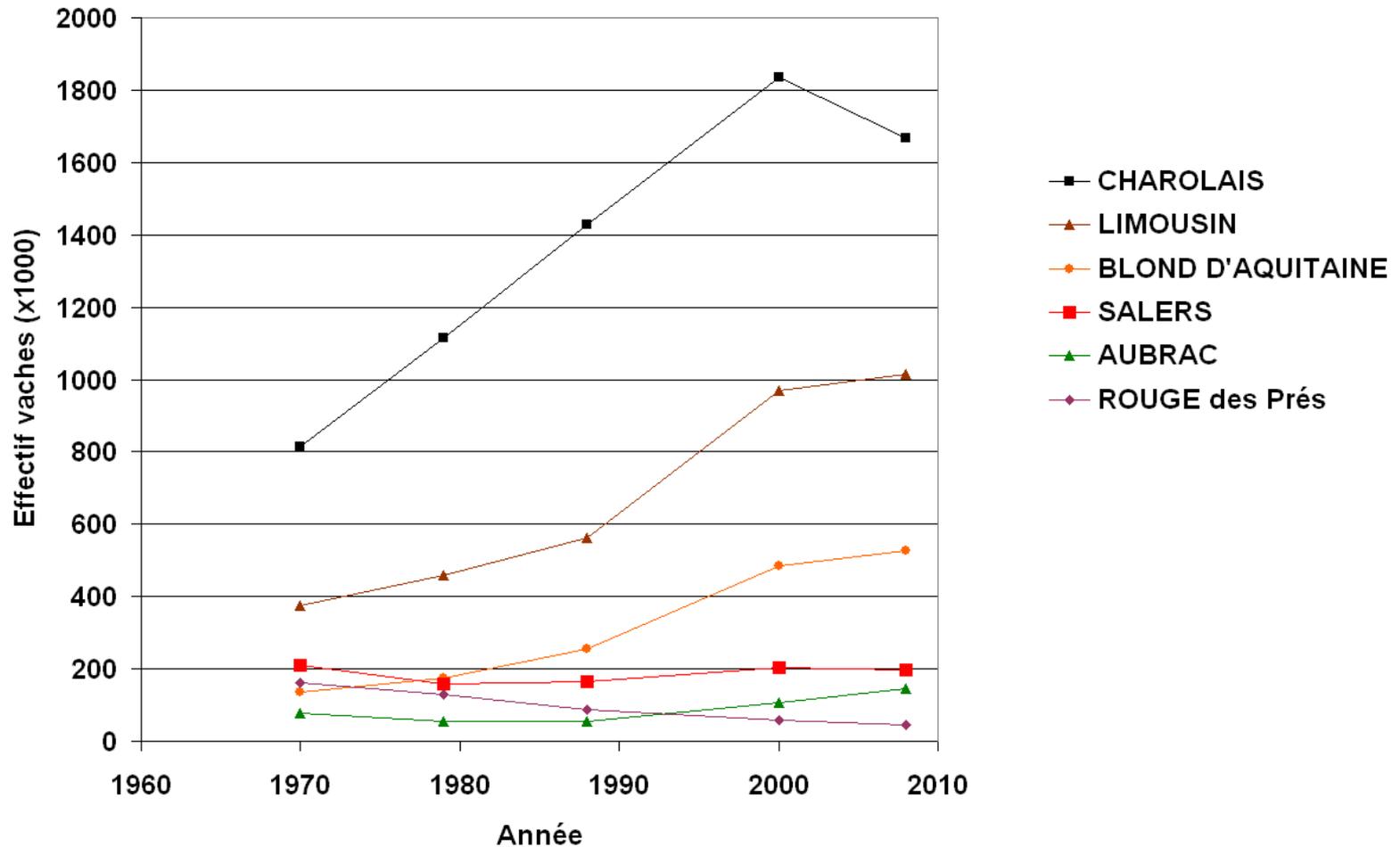


Données Eurostat

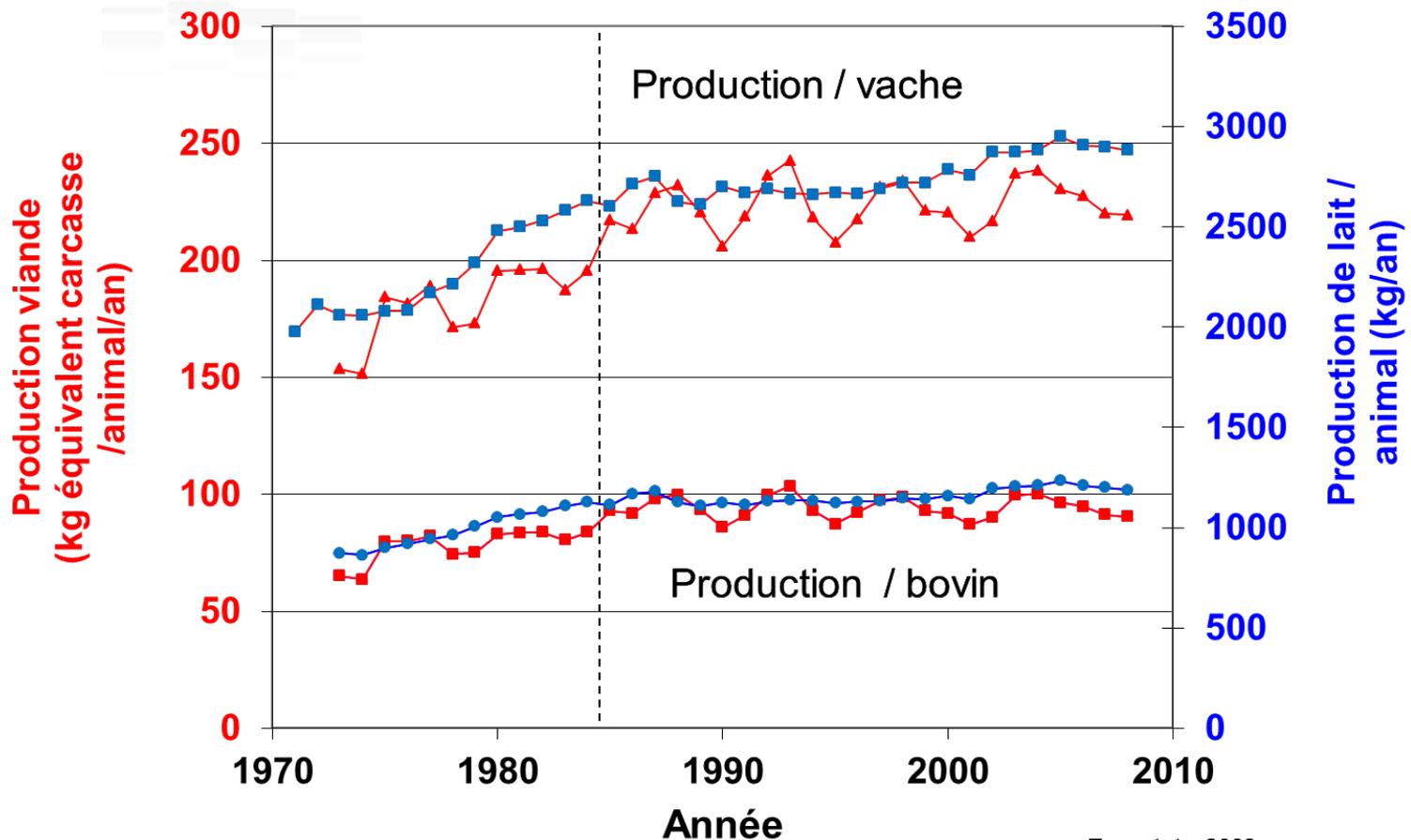
Moins de vaches laitières : la race normande, mixte, grande perdante!



Les races allaitantes profitent de cette spécialisation



La spécialisation laitière n'a pas beaucoup modifié performance globale du cheptel national



Eurostats 2009

Améliorer l'efficacité : un défi complexe où l'élevage ruminant a un rôle à jouer

- Les gains d'efficacité sont des enjeux majeurs pour le système alimentaire mondial
- L'approche multicritère est indispensable pour éviter les « faux gains d'efficacité »
- La recherche d'efficacité doit être contextualisée et analysée au sein des territoires
- Il faut raisonner les différentes productions simultanément (ex: lait et viande, cultures de ventes)
- Les systèmes ruminants semblent avoir une place intéressante dans le système alimentaire et dans l'eco-efficacité grâce à leur aptitude à valoriser la cellulose, en valorisant les prairies