

Carrefours

de l'innovation
agronomique
2010

Evaluation de l'impact environnemental des décisions de production et d'assolement en grande culture

Alban THOMAS, UMR 1081 LERNA

Toulouse School of Economics

Jeudi 9 décembre 2010



Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



➤ Enjeux économiques et environnementaux :

- Réforme de la politique agricole
- Part du revenu agricole lié aux conditions de marché
- Prise en compte des services éco-systémiques

➤ Questions à la recherche :

- Evaluation des coûts et bénéfices de politiques agri-environnementales
- Instruments / politiques les plus efficaces pour modifier les pratiques
- Impact simultané des mesures et du contexte économique

➤ Couplage entre modèles économiques et agronomiques

- Fertilisation azotée

- Irrigation

- Gaz à Effet de Serre

➤ Analyse économique des décisions de production :

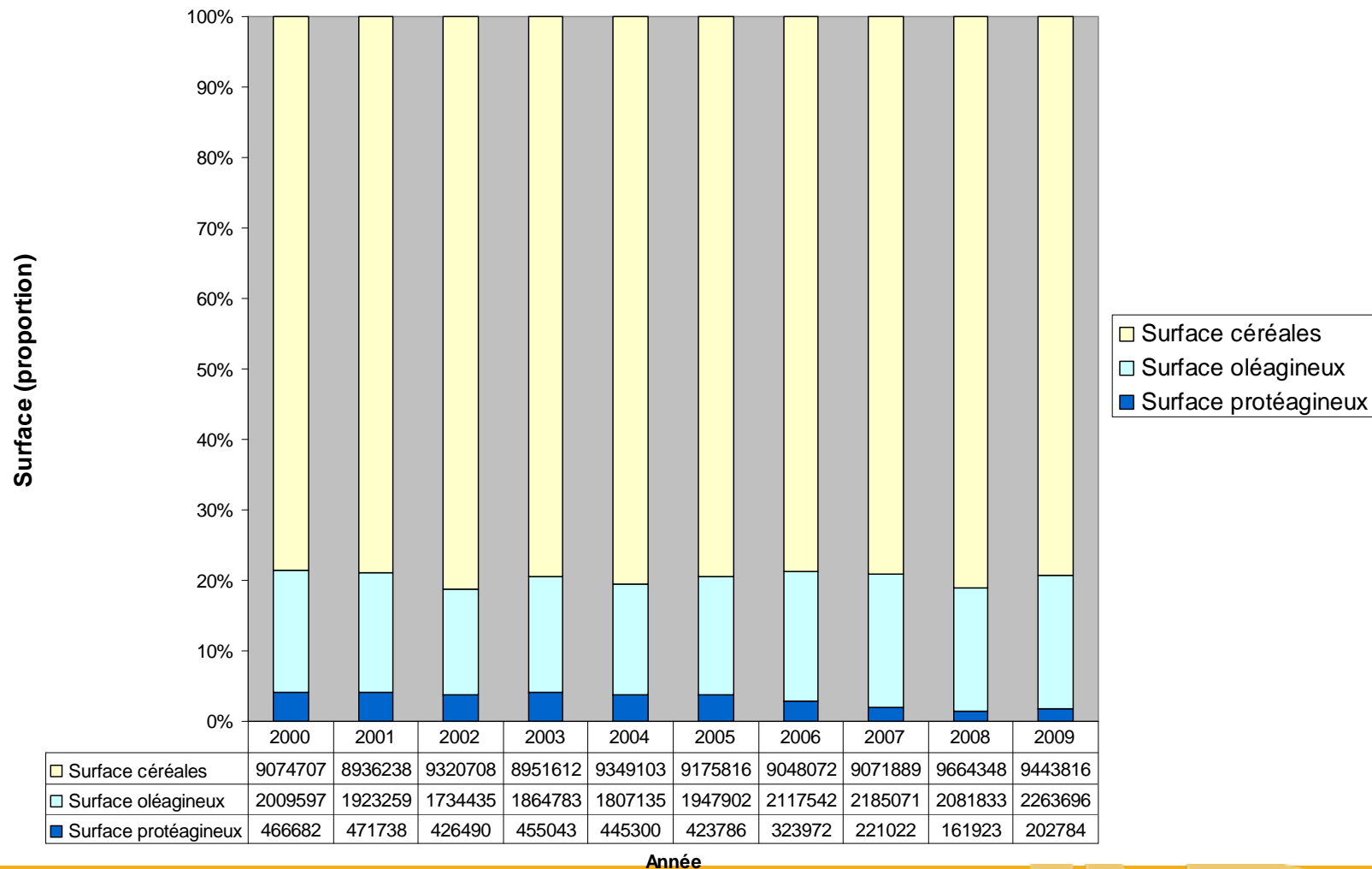
- quelle échelle d'observation ?

- quel degré de finesse dans la représentation des pratiques ?

- à système de culture inchangé ?

Evaluation de l'impact environnemental des décisions de production et d'assolement en grande culture

Surfaces SCOP 2000-2009, France entière



Plan de la présentation

1. Les différents modèles économiques mobilisables
2. Représentation micro-économique à l'échelle de l'EA
3. Le traitement des rotations et des systèmes de culture
4. Application : impact environnemental des décisions de production et d'assolement
5. Conclusion et perspectives

1. Les différents modèles économiques mobilisables

A/ Modèles d'équilibre général ou partiel

- Echelle : Monde, Etats, régions
- Représentation des filières et autres marchés (énergie, etc.)
- Modélisation des volumes produits, parfois assolement

B/ Modèle régional / territorial

- Echelle : zones agro-pédoclimatiques
- Interactions avec le climat

C/ Modèle micro-économique de l'exploitation agricole

- Représentation des décisions de production, d'assolement
- Prise en compte des pratiques via les budgets (intensification, ...)

D/ Modèle de rendement (approche technique)

- Au niveau des parcelles, pour une culture
- Outils d'Aide à la Décision, optimisation technico-économique

A/ Exemple d'application d'un modèle d'équilibre partiel : L'impact de la réforme de la PAC (Accord de Luxembourg, 2003)

Paiements compensatoires par unité de surface

= Paiement Uniforme (Euros / ton) x Rendement de Référence (tonne / ha)

Taux de paiement de référence

€/ tonne	1999	2000	2001	2002-2006
Céréales	54.34	58.67	63.00	63.00
Protéagineux	78.49	72.50	72.50	72.50
Oléagineux	94.24	81.74	72.37	63.00

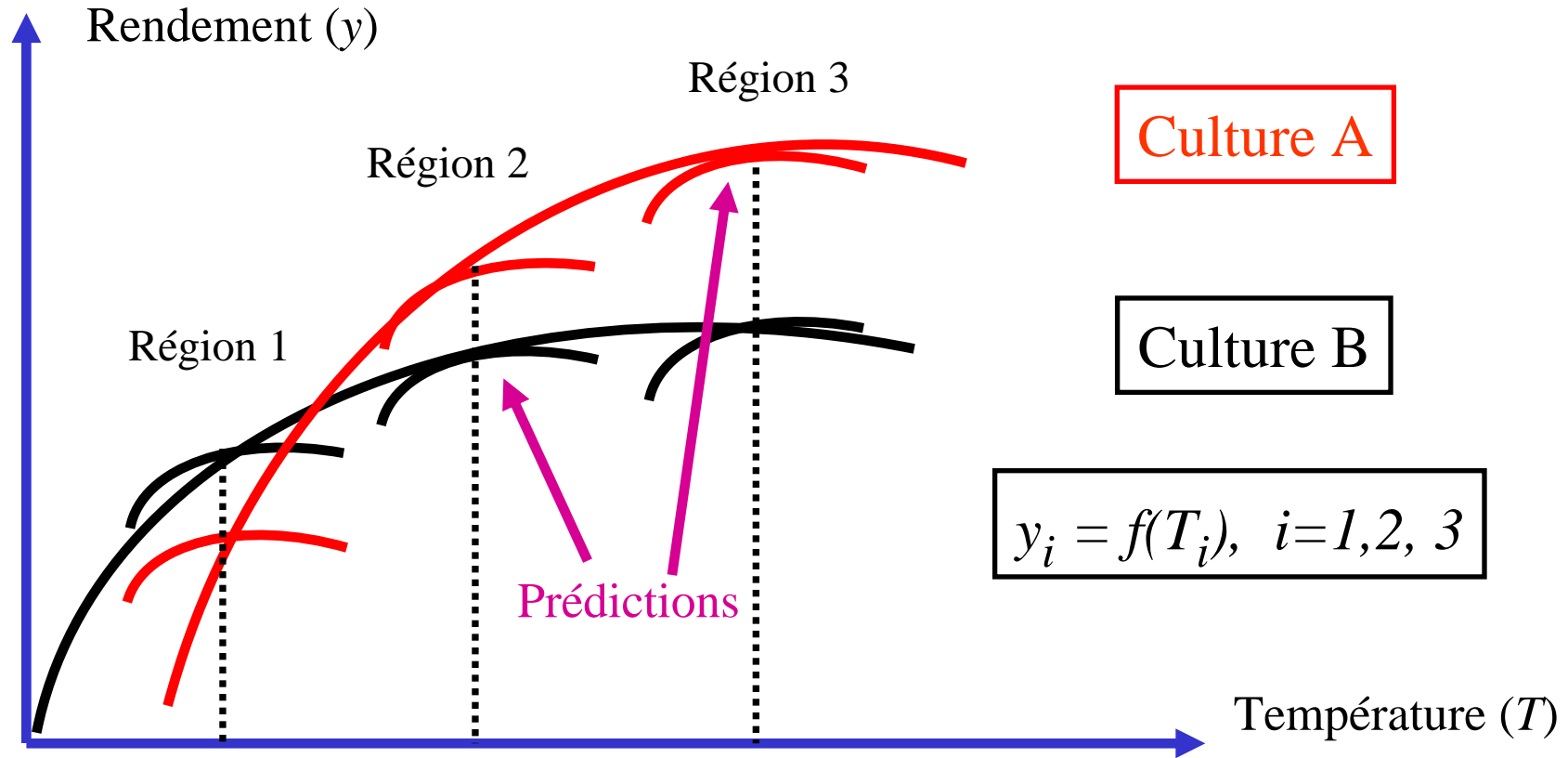
Découplage depuis 2006 : 25 % ancien système, 75 % Droit à Paiement Unique (DPU)

Impact attendu de la réforme PAC 2003 sur les surfaces et l'irrigation (Buisson, 2005)

Région	Surfaces irriguées (en %)	idem, avec prix maïs + 25 % (en %)	Prélèvements irrigation (en %)	idem, avec prix maïs + 25 % (en %)
Midi-Pyrénées	-16,4 %	-13,3 %	-20,8 %	-4,9 %
Poitou-Charentes	-11 %	-9 %	-12 %	3,1 %
Aquitaine	-7,4 %	-6,5 %	-8,3 %	-0,3 %
Rhône-Alpes	-5,3 %	-4,8 %	-10,3 %	3 %
Pays de Loire	-4,6 %	-4,2 %	-7,3 %	2,9 %
Alsace	-3,5 %	-3,1 %	-3,9 %	5,9 %
PACA	-1,3 %	-1,3 %	-0,2 %	0 %
Languedoc-R.	0,2 %	0,2 %	-0,3 %	0 %
Total France	-7,9 %	-6,9 %	-7,9 %	0 %

B/ Exemple d'application d'un modèle régional basé sur zones agroclimatiques

Evaluation de l'impact du changement climatique (analyse hédonique)



Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

2. Représentation micro-économique à l'échelle de l'EA

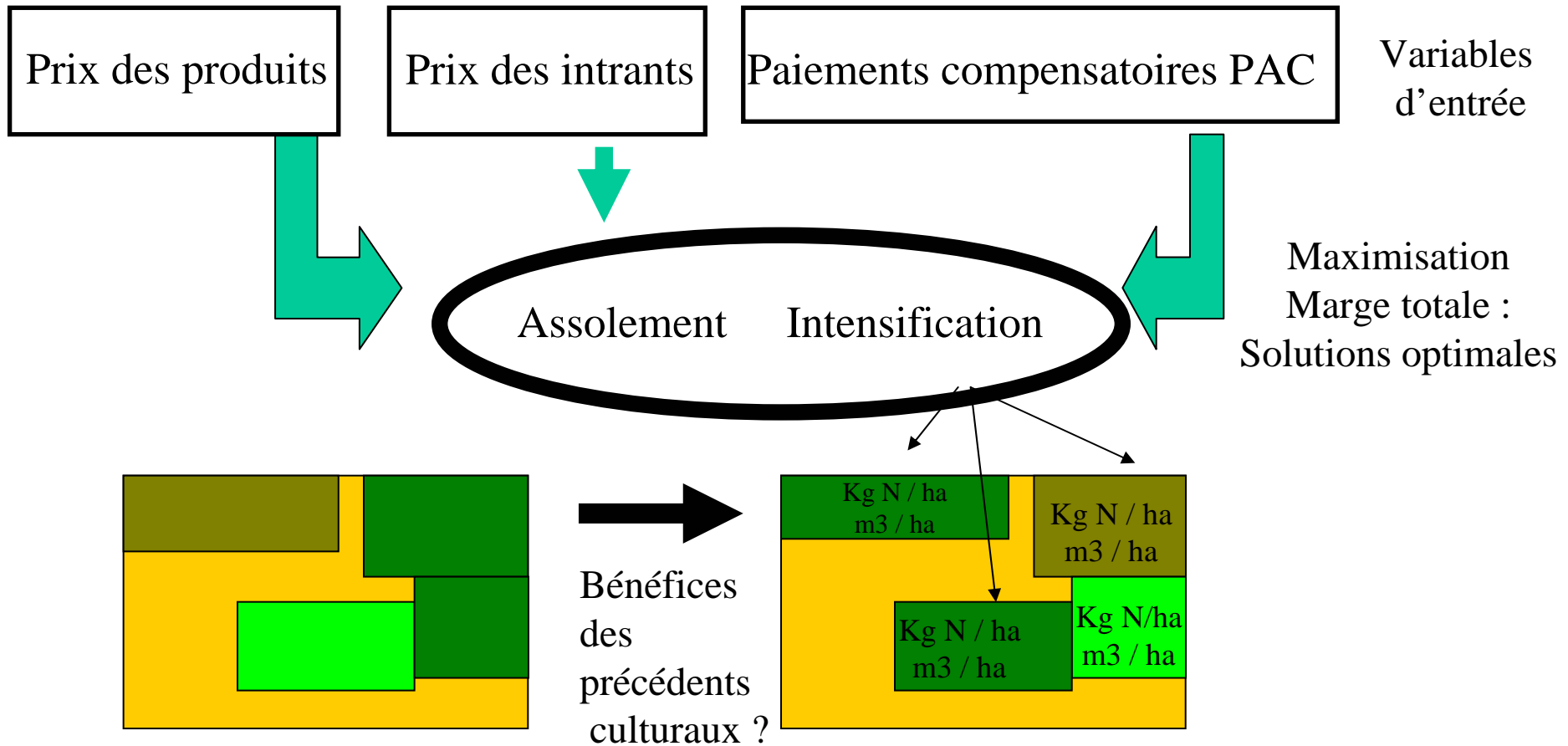
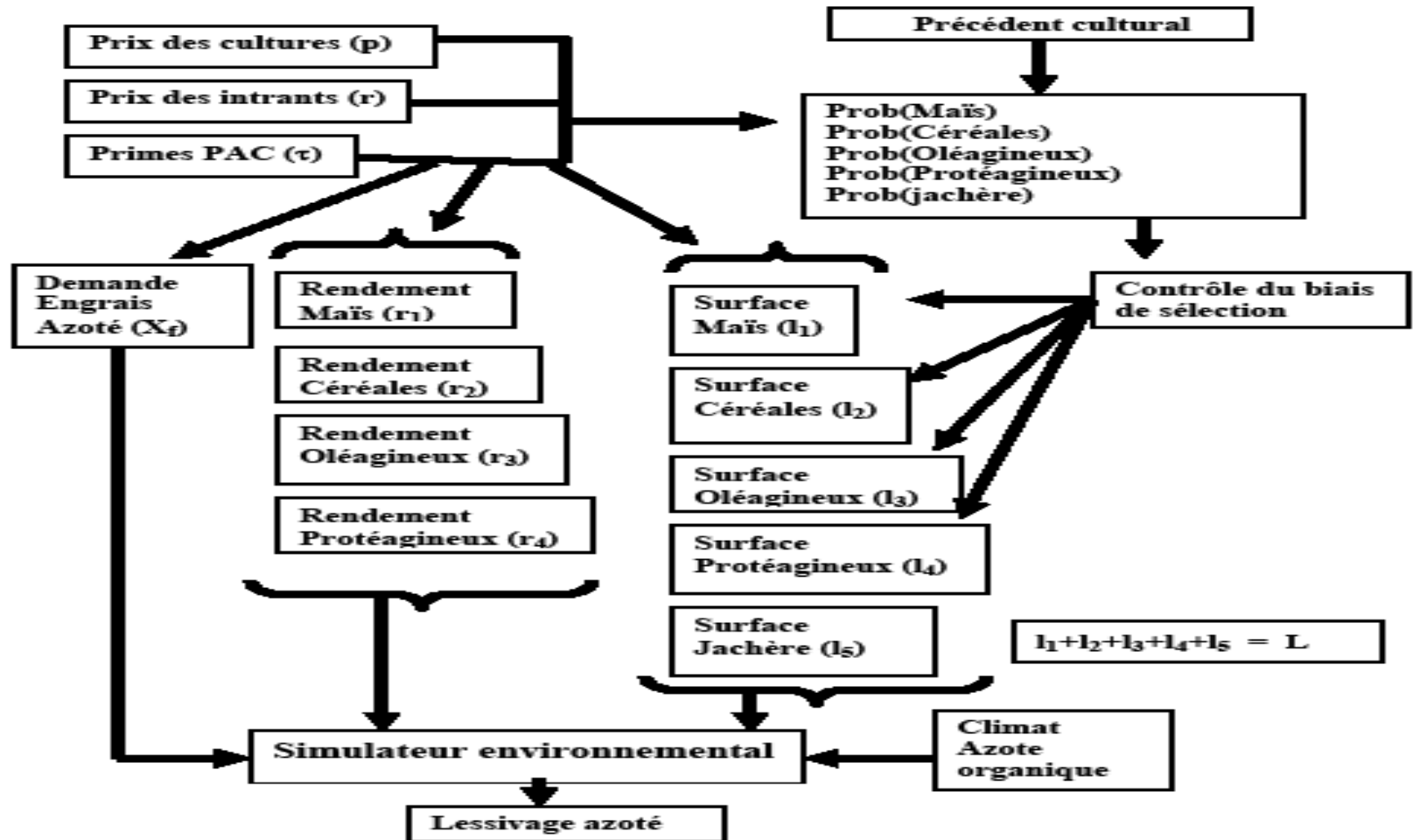


Figure 1. Structure du modèle économique



Notation

l_c surface culture c (hectares), $c = 1, 2, \dots, C$,

q_c rendement culture (kg / ha)

p_c prix de production unitaire (€/ kg)

τ_c paiement compensatoire PAC (€/ ha)

w_k intrant variable, $k=1, \dots, K$

r_k prix de l'intrant k

$$\text{Profit } \Pi = \sum_{c=1}^C l_c [p_c q_c + \tau_c] - \sum_{k=1}^K r_k w_k = \boxed{\Pi(p, \tau, r),}$$

$$\text{SAU } \boxed{L = \sum_{c=1}^C l_c}$$

Profit normalisé quadratique

$$\begin{aligned}
 \Pi^* = & \beta_0 + \sum_{c=1}^C \beta_c^p p_c + \sum_{c=1}^C \beta_c^\tau \tau_c + \sum_{k=1}^K \beta_k^r r_k + \sum_{c=1}^C \sum_{k=1}^K \beta_{ck}^{pr} p_c r_k + \sum_{c=1}^C \sum_{k=1}^K \beta_{ck}^{\tau r} \tau_c r_k \\
 & + \frac{1}{2} \sum_{c=1}^C \sum_{c'=1}^C \beta_{cc'}^{pp} p_c p_{c'} + \frac{1}{2} \sum_{c=1}^C \sum_{c'=1}^C \beta_{cc'}^{\tau\tau} \tau_c \tau_{c'} + \sum_{c=1}^C \sum_{c'=1}^C \beta_{cc'}^{p\tau} p_c \tau_{c'} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{k'=1}^K \beta_{kk'}^{rr} r_k r_{k'} \\
 & + \sum_{c=1}^C \gamma_c^{Lp} L p_c + \sum_{c=1}^C \gamma_c^{L\tau} L \tau_c + \sum_{k=1}^K \gamma_k^{Lr} L r_k
 \end{aligned}$$

$$\text{(production)} \quad q_c l_c = \frac{\partial \Pi}{\partial p_c} = \beta_c^p + \sum_{k=1}^K \beta_{ck}^{pr} r_k + \sum_{c'=1}^C \beta_{cc'}^{pp} p_{c'} + \sum_{c'=1}^C \beta_{cc'}^{p\tau} \tau_{c'} + \gamma_c^{Lp} L$$

$$\text{(surface)} \quad l_c = \frac{\partial \Pi}{\partial \tau_c} = \beta_c^\tau + \sum_{k=1}^K \beta_{ck}^{\tau r} r_k + \sum_{c'=1}^C \beta_{cc'}^{p\tau} p_{c'} + \sum_{c'=1}^C \beta_{cc'}^{\tau\tau} \tau_{c'} + \gamma_c^{L\tau} L$$

$$\text{(intrant)} \quad -W_k = \frac{\partial \Pi}{\partial r_k} = \beta_k^r + \sum_{c=1}^C \beta_{ck}^{pr} p_c + \sum_{c=1}^C \beta_{ck}^{\tau r} \tau_c + \sum_{k'=1}^K \beta_{kk'}^{rr} r_{k'} + \gamma_c^{Lr} L$$

3. Le traitement des rotations et des systèmes de culture

- En économie agricole : très peu de travaux sur les rotations
Letort et Carpentier (2008), Hennessy (2006), Thomas (2003)

- Point de vue économique :
 - Une culture non pratiquée à l'année t est une « solution en coin »
 - Définir les critères de rentabilité de cette culture
 - Comparer avec les autres options possibles (même technologie)

- Nécessite d'évaluer les bénéfices économiques de chaque culture
 - Selon la place dans la rotation
 - En fonction du niveau d'intensification choisi

➤ Aspects méthodologiques :

- Dynamique des décisions
- Corrélation entre éléments de profitabilité des cultures
- Sélection multivariée (« solutions en coins » multiples)
- Hétérogénéité inobservée

➤ Etapes du modèle :

- Calcul des probabilités de chaque culture, période t
(en fonction des prix $(t-1)$ et assolement passé $(t-1)$)
- Calcul des termes de correction de la sélection multivariée
- Estimation du modèle économique assolement – niveaux intrants
- Couplage avec un simulateur agronomique / environnemental
- Calcul des élasticités environnementales % prix, subventions

Précédent cultural

$l_{\text{Céréales}, t-1}$, $l_{\text{Maïs}, t-1}$, $l_{\text{Oléagineux}, t-1}, \dots$

Prix, Subventions

$p_{\text{Céréales}, t-1}$, $p_{\text{Maïs}, t-1}, \dots$, $\tau_{\text{Céréales}, t-1}$, $\tau_{\text{Maïs}, t-1}, \dots$

\Rightarrow

Fréquence assolement

$l_{\text{Céréales}, t}$, $l_{\text{Maïs}, t}$, $l_{\text{Oléagineux}, t}, \dots$

\Downarrow

Termes de correction de la sélection $\Lambda_t(\text{Céréales})$, $\Lambda_t(\text{Maïs}), \dots$

\Downarrow

Calcul des solutions optimales corrigées de la sélection

$q_{\text{Céréales}, t}$, $q_{\text{Maïs}, t}$, $q_{\text{Protéagineux}, t}, \dots = F(p, \tau, r, L, \Lambda_{\text{Céréales}}, \Lambda_{\text{Maïs}}, \dots)$

$l_{\text{Céréales}, t}$, $l_{\text{Maïs}, t}$, $l_{\text{Protéagineux}, t}, \dots = G(p, \tau, r, L, \Lambda_{\text{Céréales}}, \Lambda_{\text{Maïs}}, \dots)$

sous la contrainte $\sum_{c=1}^C l_c = L$ (SAU)

\Uparrow

Hétérogénéité (effets fixes EA)

4. Application : impact environnemental des décisions de production et d'assolement

- Groupes de culture : maïs, autres céréales, oléagineux, protéagineux
- Surfaces : ci-dessus plus jachère (volontaire)
- Intrants : engrais azotés + autres intrants
- 2820 observations
- Trois régions : Midi-Pyrénées, Pays de Loire, Rhône-Alpes
- Période : 1995 – 2001

Evaluation de l'impact environnemental des décisions de production et d'assolement en grande culture

Variable	Moyenne	Variable	Moyenne
Production Céréales (100 kg)	1 546.27	Prix Céréales (€/ 100kg)	11.88
Production Maïs (100 kg)	2 213.90	Prix Maïs (€/ 100kg)	11.10
Production Protéagineux (100 kg)	384.42	Prix Protéagineux (€/ 100kg)	13.55
Production Oléagineux (100 kg)	527.50	Prix Oléagineux (€/ 100kg)	20.23
Engrais azoté (kg N)	2 647.30	Prix engrais azoté (€/ kg)	0.55
Surface Céréales (ha)	26.65	Subvention Céréales (€/ ha)	273.40
Surface Maïs (ha)	15.87	Subvention Maïs (€/ ha)	357.73
Surface Protéagineux (ha)	2.27	Subvention Protéagineux (€/ ha)	467.03
Surface Oléagineux (ha)	15.38	Subvention Oléagineux (€/ ha)	479.04
Surface jachère volontaire (ha)	3.75	Subvention Jachère (€/ ha)	359.52
Marge (€)	40 177.74		

2820 observations. Période : 1995-2001

Légumineuses et
agriculture durable

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Combinaison du bilan hydrique, de la réserve utile et de l'évapo-transpiration, pour estimer le lessivage hivernal et finalement le niveau de lessivage d'azote

Lessivage d'azote (NR) estimé à partir de résultats expérimentaux (Lacroix et al. 2006) :

$$NR = 0.17NB + 33WR + 0.08NB * WR + 0.24IN$$

où WR : rapport eau drainée / réserve utile en eau du sol,

IN : durée de l'inter-culture (durée sol nu),

NB : bilan azoté (entrées - sorties d'azote sur l'exploitation) :

$$NB = \sum_c f_c l_c + \sum_j a_j N_j - \sum_c b_c q_c l_c$$

où f_c : niveau d'épandage d'azote minéral par hectare sur la culture c ,

l_c : surface (en hectares) allouée à la culture c ,

a_j : niveau moyen d'azote organique issue de l'élevage pour un cheptel de type j

N_j : cheptel de type j ,

b_c : contenu moyen d'azote exporté par unité de rendement de la culture c

q_c : rendement de la culture c .

Elasticités prix

	Prix Maïs	Prix Céréales	Prix Oléagineux	Prix Protéagineux	Prix engrais	Prix autres intrants
Production Maïs	0.2337 ^c (5.15)	-0.1917 ^c (-5.04)	0.0163 (0.63)	0.0027 (0.50)	-0.017 ^c (-3.93)	0.0402 ^c (5.24)
Production Céréales	-0.1794 ^c (-4.87)	0.2380 ^c (4.35)	-0.0185 (-0.74)	0.0050 (0.88)	0.0295 ^c (3.86)	-0.0815 ^c (-9.35)
Production Oléagineux	0.0395 (0.63)	-0.0369 (-0.59)	0.0568 (1.59)	-0.0225 ^b (-1.99)	0.0211 ^a (1.71)	0.0073 (0.87)
Production Protéagineux	0.0763 (0.23)	0.3860 (1.06)	-0.5559 ^a (-1.95)	0.3172 ^c (2.76)	-0.0547 (-0.52)	0.0306 (0.28)

t-Student entre parenthèses. a, b et c : significatif à 10, 5 et 1 %.

Elasticités aux subventions

	Subv. Maïs	Subv. Céréales	Subv. Oléagineux	Subv. Protéagineux	Subv. Jachère
Surface	0.1263 ^b	-0.0887 ^c	-0.0617	0.0483	-0.0174
Maïs	(2.52)	(-2.70)	(-1.42)	(1.04)	(-1.59)
Surface	-0.0627 ^a	0.1595 ^c	0.0629	-0.1873 ^c	-0.0333 ^c
Céréales	(-1.79)	(3.51)	(1.47)	(-3.30)	(-2.99)
Surface	-0.0667 ^a	0.0256	0.1575 ^a	-0.1805 ^b	0.0215
Oléagineux	(-1.64)	(0.69)	(1.92)	(-2.45)	(1.60)
Surface	0.3118	-1.1749 ^c	-1.1947 ^b	2.3076 ^c	0.0818
Protéagineux	(1.11)	(-3.76)	(-2.53)	(3.41)	(0.78)
Surface	-0.1518 ^b	-0.1513 ^b	0.2185 ^b	0.1032	0.1234 ^c
Jachère	(-1.99)	(-2.10)	(2.33)	(0.86)	(3.35)

t-Student entre parenthèses. a, b et c : significatif à 10, 5 et 1 %.

Elasticités de l'indicateur environnemental (lessivage d'azote)

Variable d'entrée	Elasticité de lessivage d'azote (pour 1 %)
Prix du maïs grain	-0.0845
Prix des céréales (hors maïs)	0.1773
Prix des oléagineux	0.0602
Prix des protéagineux	-0.0055
Paiement compensatoire Maïs	-0.0980
Paiement compensatoire Céréales	0.1431
Paiement compensatoire Oléagineux	0.1237
Paiement compensatoire Protéagineux	-0.2150
Paiement compensatoire Jachère	-0.0165
Prix de l'engrais azoté	-0.1204
Prix des autres intrants	-0.1810

Notes. Sur la base des prix de marché et des paiements compensatoires PAC de 2005.

5. Conclusion et perspectives

➤ Objectif de limitation pollution azotée :

- Rôle important des paiements compensatoires protéagineux
- Identification d'une substitution azote minéral – protéagineux
- Nécessaire prise en compte des modifications des rendements
- Elasticité limitée au prix de l'engrais

➤ Autres application :

- Application à d'autres impacts environnementaux (protoxyde d'azote,...)
- Analyse de l'impact de variations de prix de marché
- Prise en compte du risque (variabilité rendement protéagineux,...)
- Autres régions et surtout, ... situation actuelle (post-PAC 2006, DPU)

Merci de votre attention

thomas@toulouse.inra.fr