

Annexe 1

Modèle bio économique pour l'estimation des coûts

Max $f_c(X)$ (1)

$$\text{avec } f_c(X) = \sum_i \sum_p \sum_k (X_{i,p,k,c} * y_{ipk} * p_i - cv_{i,p,k} + inc_{k_2}) + \sum_l \sum_p X_{l,p,c} * y_{l,p} * p_l - cv_{l,p} \quad \text{pour tout } c$$

avec

c : commune (commune ayant au moins 10% de sa surface à l'intérieur du bassin versant)

i : activités cultures

l : activité élevage

p : niveau d'intensité de la pratique (intensif, moyen, extensif)

k : pratiques standard k_1 ou avec la mesure agri environnementale k_2

X_{ipkc} : surface de l'activité pour la culture i , intensité p et la pratique k (ha) à l'intérieur de la commune c

y_{ipk} : rendement de l'activité [tonnes de grains ou Matière Sèche ha^{-1}] par culture, niveau d'intensité et type de pratique

inc_k : incitation (€/ha⁻¹)

Sous contraintes (2)

Contraintes de surface

$$\sum_i \sum_p \sum_k X_{i,p,k,c} \leq X_c \quad X_c: \text{surface agricole de la commune } c \text{ incluse dans le bassin versant}$$

Contraintes de mise en place des mesures

$$\sum_i \sum_p \sum_k X_{i,p,k,c} - (1 - x_1) X_c \leq 0 \quad \text{pour tout } c$$

$$\sum_i \sum_p \sum_k X_{i,p,k_2,c} - (X_c * x_1) \leq 0 \quad \text{pour tout } c$$

X_c : surface agricole de la commune c incluse dans le bassin versant

x_1 : variable binaire permettant le passage à la mise en place des mesures

Contraintes pour la mesure rotation longue rotation

$$\sum_i \sum_p \sum_{k1} X_{i,p,k1,c} - (1 - x2_i) X_c \leq 0 \quad \text{pour tout } c$$

$$\sum_i \sum_p \sum_{k2} X_{i,p,k2,c} - (X_{cm} * x2_i) \leq 0 \quad \text{pour tout } c$$

$$\sum_i x2_i \geq 4$$

X_c : surface agricole de la commune c incluse dans le bassin versant

$x2_i$: variable binaire par culture

Contraintes d'irrigation

$$\sum_i \sum_p \sum_k X_{i,p,k,c} \leq X_{irc}$$

i : cultures irriguées

X_{irc} : surface agricole irrigable de la commune

Contraintes prairies permanentes

$$\sum_p X_{i,p,k1,c} - \hat{X}_{i,c} \leq \varepsilon \quad i: \text{prairies permanentes}$$

$\hat{X}_{i,c}$: surface en prairies permanentes estimée (RA2000, Land cover 2000, Landstat TM 2006) sur la commune c

Contraintes de rotation

L'utilisation du sol est modélisé en passant des rotations aux successions culturales ; ainsi nous considérons que, par exemple pour une rotation Tournesol/Blé, la moitié de la surface de la rotation est en tournesol alors que l'autre moitié est en blé. Nous avons ainsi les contraintes suivantes :

*Rotation Tournesol-Blé tendre

$$\sum_i \sum_p \sum_k X_{i,p,k,c1} - \sum_{i'} \sum_p \sum_k X_{i',p,k,c1} \leq 0 \quad i: \text{blé tendre et } i': \text{tournesol}$$

$$\sum_i \sum_p \sum_k X_{i,p,k,c1} + \sum_{i'} \sum_p \sum_k X_{i',p,k,c1} \leq X_{c1} \quad X_{c1}: \text{surface agricole de la commune } c \text{ avec la séquence 1}$$

$$\sum_{i''} \sum_p \sum_k X_{i'',p,k,c1} = \varepsilon \quad \text{avec } i'': \text{maïs sec, maïs irrigué, maïs ensilage, blé dur, soja, colza, sorgho, prairie temporaire}$$

*Rotation Maïs/Blé tendre/Tournesol/Blé tendre

Colloque SFER sur les pesticides agricoles
 "La réduction des pesticides agricoles, enjeux, modalités et conséquences"

$$\sum_i \sum_p \sum_k X_{i,p,k} - 0.5 * \sum_{i'} \sum_p \sum_k X_{i',p,k} \leq 0 \quad \text{pour } i : \text{ blé tendre et } i' : \text{ maïs sec, maïs irrigué, maïs ensilage, tournesol}$$

$$\sum_i \sum_p \sum_k X_{i,p,k,c} + \sum_{i'} \sum_p \sum_k X_{i',p,k,c} \leq X_{c2} \quad X_{c2} : \text{ surface agricole de la commune } c \text{ avec la séquence 2}$$

$$\sum_{i''} \sum_p \sum_k X_{i'',p,k,c} = \varepsilon \quad \text{pour } i'' : \text{ autres cultures du bassin versant n'entrant pas dans la rotation}$$

idem pour les autres rotations

Contraintes activités élevage

*** Gestion du troupeau**

$$\sum_p X_{l,p,c} \leq \hat{X}_{l,c} \quad l : \text{ vaches laitières } l_1, \text{ vaches allaitantes } l_2; X_{l,p,c} : \text{ Nombre de têtes avec niveau d'intensité } p \text{ sur la commune } c; \hat{X}_{l,c} : \text{ Nombre de têtes sur la commune } c \text{ estimée à partir du RA2000}$$

*** Catégories d'animaux**

Vaches laitières

$$\sum_{i'} \sum_p X_{i',p,c} - 0.47 * X_{l_1,p,c} \leq 0 \quad \text{pour tout } c$$

$X_{l_1,p,c}$: activités génisses vaches laitières (vente veaux femelles, engraissement veaux femelles 12 et 24 mois, remplacement vaches réforme)

$$\sum_{i'} \sum_p X_{i',p,c} - 0.47 * X_{l_2,p,c} \leq 0 \quad \text{pour tout } c; X_{l_2,p,c} : \text{ activités veaux mâles vaches laitières (vente veaux mâles)}$$

Remplacement du troupeau

$$X_{l_2,c} - 0.15 * \sum_p X_{l_1,p,c} \leq 0 \quad \text{pour tout } c; X_{l_2,c} : \text{ vente vaches réforme } X_{l_1,p,c} : \text{ vaches laitières}$$

$$0.15 * \sum_p X_{l_2,p,c} - X_{l_3,c} - X_{l_4,c} \leq 0 \quad \text{pour tout } c; X_{l_3,c} : \text{ achat vaches remplacement; } X_{l_4,c} : \text{ remplacement par génisses 24 mois}$$

Vaches allaitantes

$$\sum_{i''} \sum_p X_{i'',p,c} - 0.47 * X_{l_2,p,c} \leq 0 \quad \text{pour tout } c$$

$X_{l_2,p,c}$: activité veaux males (ventes veaux mâles, taurillons 6 mois et 12 mois)

Besoins alimentaires

$$\sum_i \sum_p X_{l,p,c} * f_{l,p} - \sum_{i'} \sum_p \sum_k X_{i',p,c} * y_{i',p,k} \leq 0 \quad \text{pour tout } c$$

l : catégories d'animal (vaches laitières, vaches allaitantes, génisses 12 et 24 mois, taurillons 6 mois)

$f_{l,p}$: besoins alimentaires par catégorie d'animal et niveau d'intensité

i : permanent grassland, temporary grassland, maize silage