Séminaire UMR INRA – le 25 avril 2006 - Frédérick BERNARD

Contribution à une modélisation de l'offre et de la demande de biocarburants en France.

Prise en compte d'une contrainte carbone et sensibilité au prix du pétrole.

Frédérick BERNARD

Thèse ADEME-IFP 2004 – 2007

Directeurs de thèse : P-A. Jayet & J-C. Sourie - INRA

Promoteurs IFP : A. Pierru, S. His

PLAN DE LA PRESENTATION

1. Mise en perspective du problème étudié
2. Les filières des biocarburants étudiées
3. Présentation des modèles utilisés
4. Mise en oeuvre
5. Prochaines étapes

© IFP-2003

1. MISE EN PERSPECTIVE DU PROBLEME ETUDIE

- Motivation et objectifs
- Approche retenue

MOTIVATION ET OBJECTIFS

- Modélisation de l ’offre et de la demande de biocarburants en France afin d ’étudier la compétitivité des biocarburants et leurs externalités.

- Objectifs :
  - Analyse des mécanismes micro-économiques régissant le fonctionnement des marchés des biocarburants
  - Établir des bilans énergétiques et carbone
    Évaluation de scénarios prospectifs à l'horizon 2012

© IFP-2003

APPROCHE RETENUE

- Analyser les décisions de production des acteurs des filières des biocarburants en fonction de signaux économiques, techniques et réglementaires.

- Étudier les évolutions possibles du marché des biocarburants

- Méthodologie :
  - Modélisation systémique et intégrée
  - Analyse marginale → étude de la compétitivité sous ≠ hypothèses
  - Analyse comptable → bilans énergétiques et carbone

© IFP-2003

2. LES FILIERES DES BIOCARBURANTS ETUDIEES

- Les biocarburants étudiés
- Organisation des filières des biocarburants
- Mesures de promotion

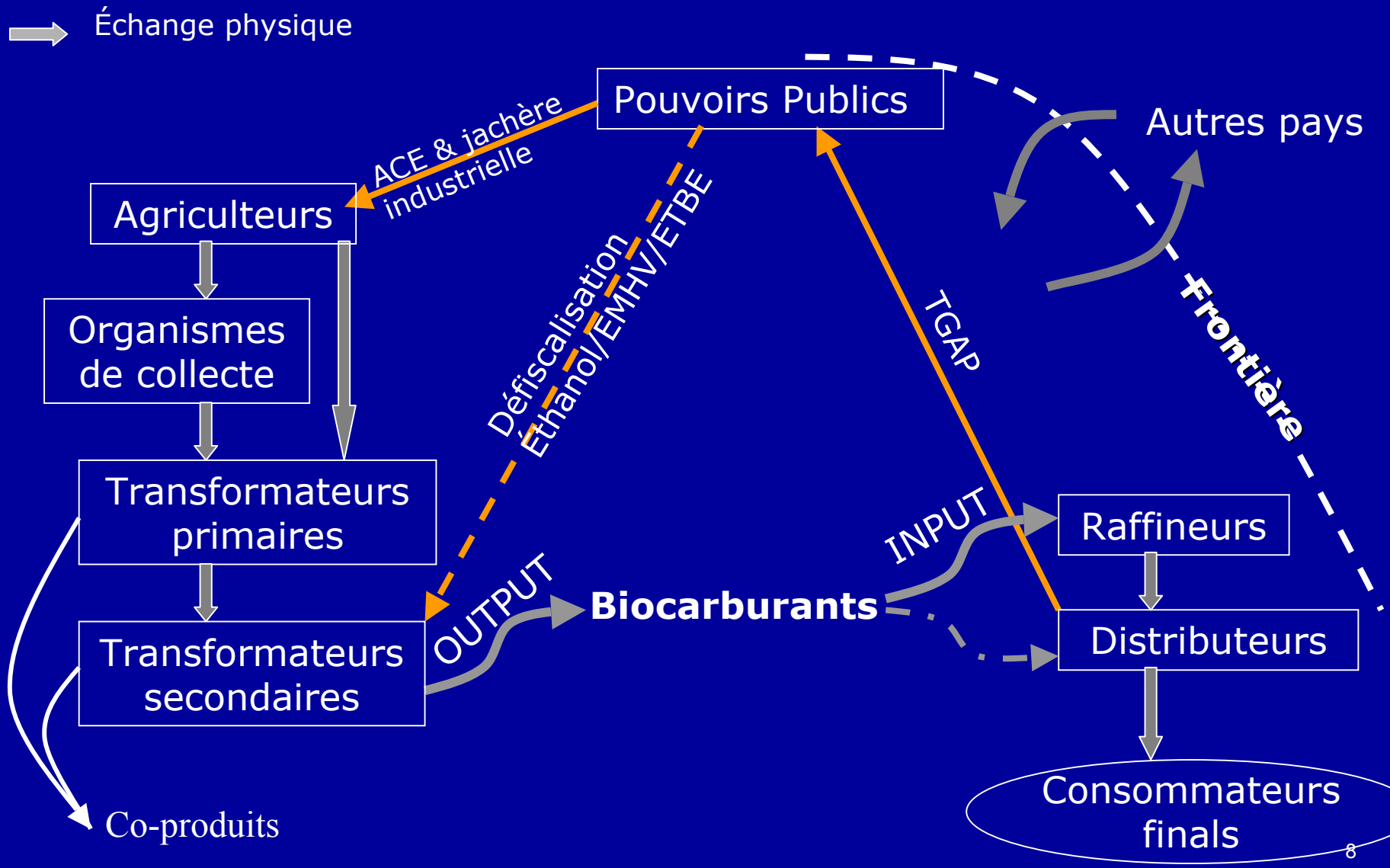
LES BIOCARBURANTS ETUDIES

Filière	EMHV	Éthanol/ETBE
Cultures agricoles	Colza Tournesol	Betterave Blé (Maïs)
Transformation primaire Co-produits	Huile Tourteaux	Sucre Jus sucré Drèches, pulpes
Transformation secondaire Co-produits	Ester méthylique d'huile végétale Glycérine	Éthanol (+iso butylène= ETBE)

- EEHV : ester éthylique d'huile végétale
- EMHA : ester méthylique d'huile animale
- Gazole synthétique Next BTL

© IFP-2003

ORGANISATION DES FILIERES DES BIOCARBURANTS



© IFP-2003

Primes - Agréments - TGAP

- ACE : aide aux cultures énergétiques 45€/ha

- Agréments de défiscalisation de la Taxe Intérieure sur les Carburants (TIC)

Tonnes	2004	2005	2006	2007	2008	Défiscalisation
EMHV	387 500	418 500	716 500	1 386 500	2 321 500	25 €/hl
Éthanol	111 000	207 000	307 000	562 000	892 000	33 €/hl
EMHV+Éthanol	498 500	625 500	1 023 500	1 948 500	3 213 500	

- TGAP : taxe sur les activités polluantes appliquée à l'essence et au gazole

% PCI	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Taux TGAP	1,20	1,75	3,50	5,75	6,25	7,00

Possibilité d'exonération à hauteur du taux d'incorporation des biocarburants en énergie jusqu'à atteindre le taux cible de la TGAP

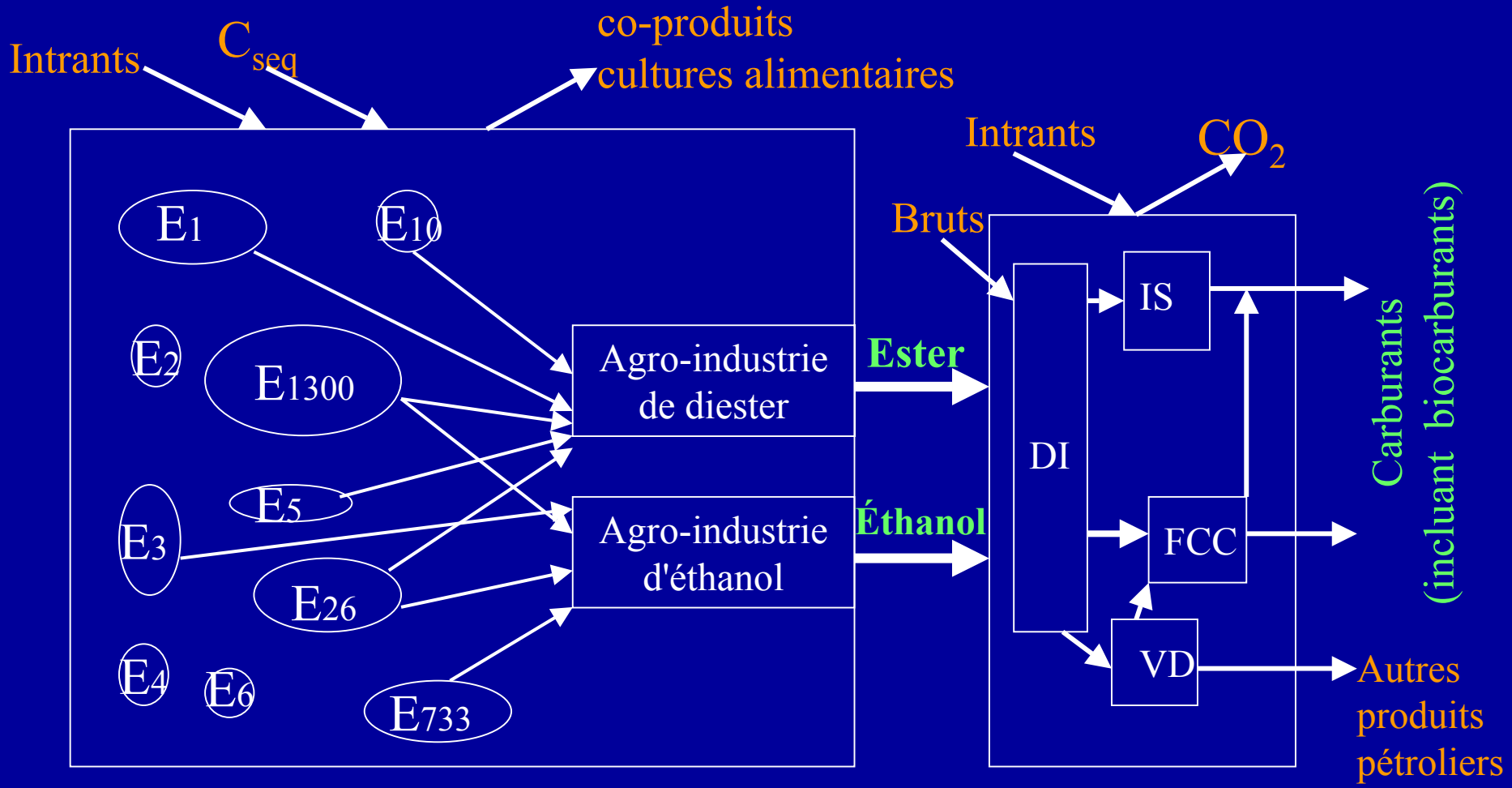
© IFP-2003

3. DESCRIPTION DES MODELES UTILISES

- Modèle agricole/agro-industriel OSCAR et Modèle de raffinage OURAR

- Interface de couplage INRA-IFP

REPRESENTATION SYSTEMIQUE DES FILIERES



Modèle agro-industriel OSCAR

Modèle de raffinage OURAR

© IFP-2003

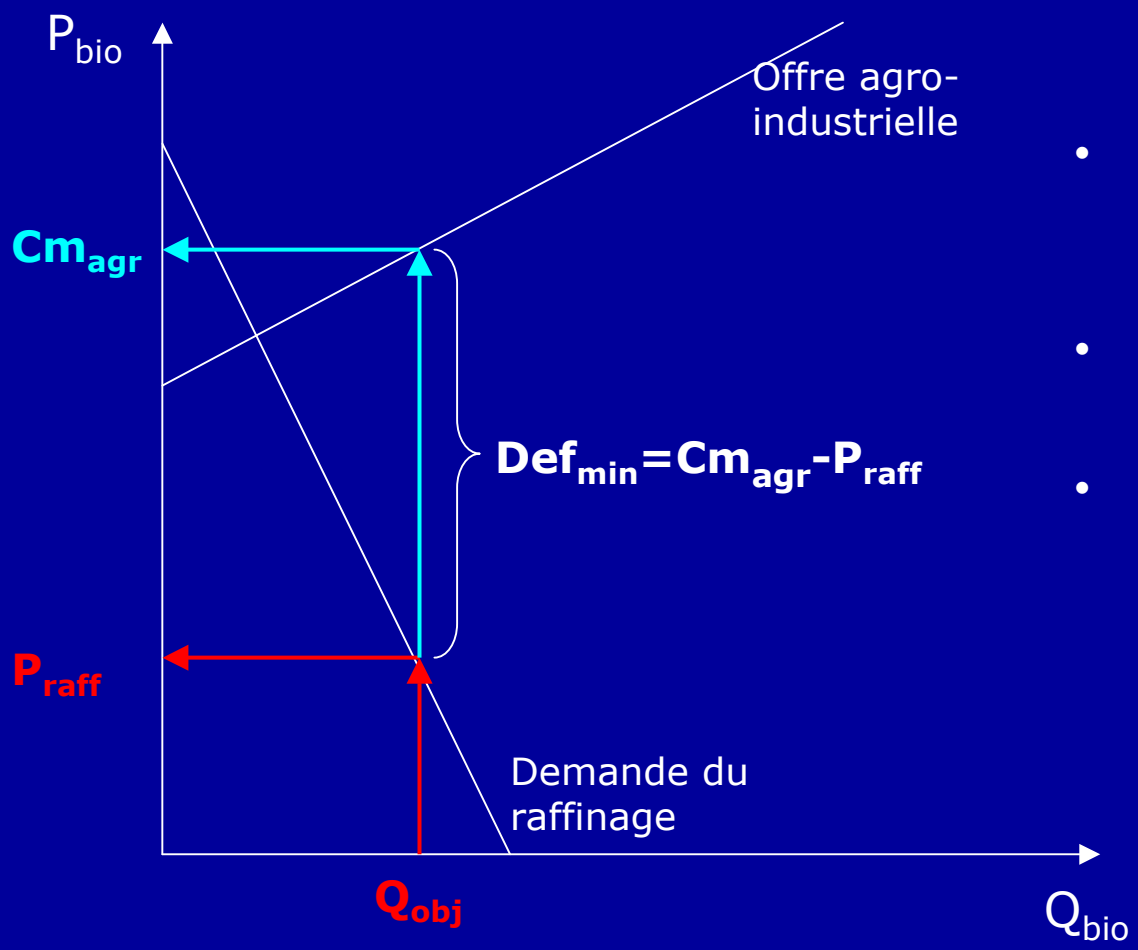
INTERFACE DE COUPLAGE INRA-IFP (1)

- Prise en compte :
  - 3 biocarburants : EMHV, ETBE, éthanol
  - des agréments de défiscalisation
  - des phénomènes non linéaires de volatilité dans les mélanges éthanol/essence
  - Objectifs d'incorporation obligatoire
  - Scénarios sur le prix du pétrole
  - Coefficients de différentiel de séquestration de C des cultures
- Amélioration de la modélisation de l'agro-industrie
  - Collecte de données
  - Prise en compte de rendements d'échelle décroissants (2 tailles d'unités)
- Développement d'un outil multicritères :
  - Critères : émissions de CO_2, SO_2, PM_{10} évitées, surplus agricole, coût total des biocarburants, montant des subventions agricoles

© IFP-2003

INTERFACE DE COUPLAGE INRA-IFP (2)

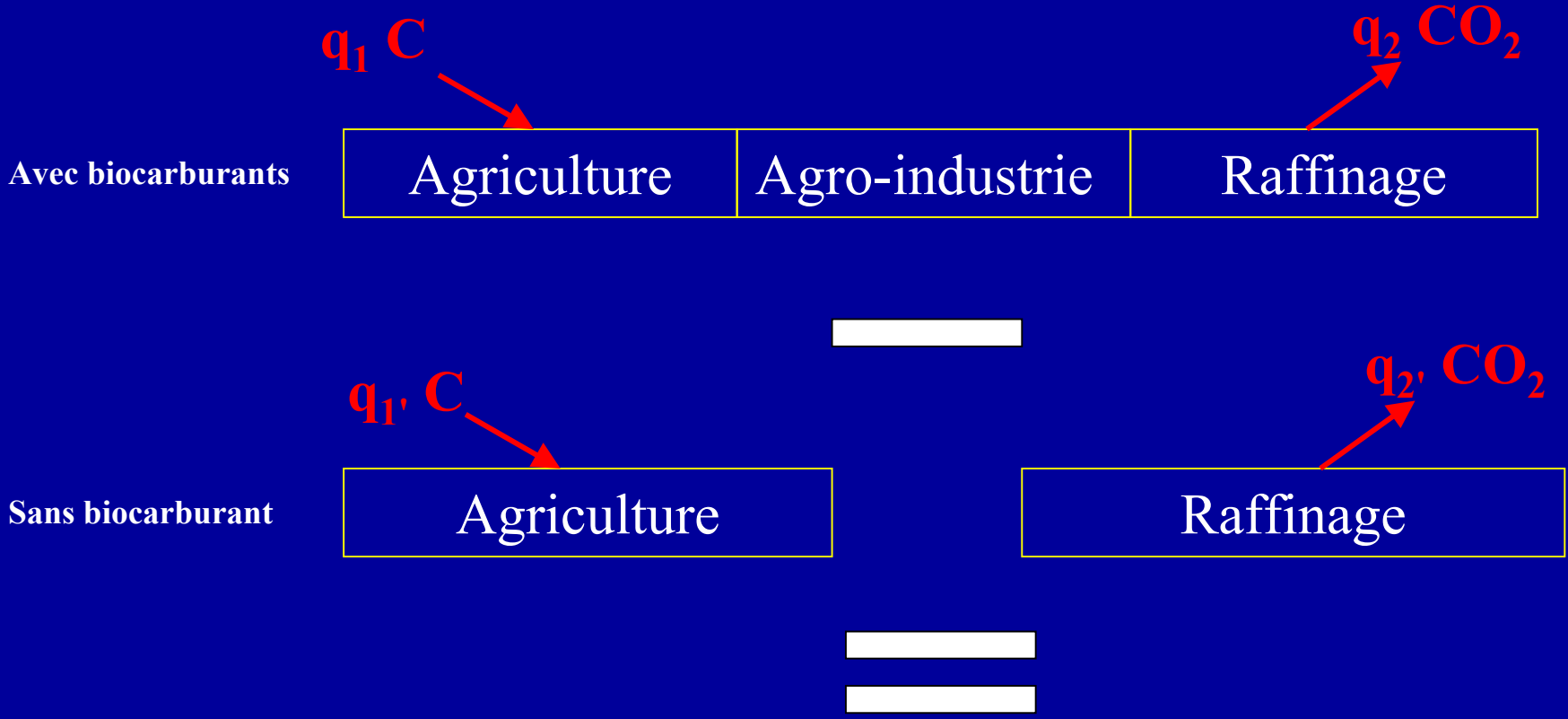
- Couplage des modèles



- Pilotage des modèles par les quantités
- Approche par objectifs
- Recherche d'un montant de défiscalisation minimum

© IFP-2003

INTERFACE DE COUPLAGE INRA-IFP (3)



ECONOMIE D'EMISSIONS DE CARBONE

© IFP-2003

MISE EN OEUVRE

- Des améliorations à apporter aux modèles

- Analyse de substitutions biocarburants/ carburants fossiles au sein de la raffinerie

- Coûts d'opportunité d'incorporation des biocarburants en fonction du prix du pétrole

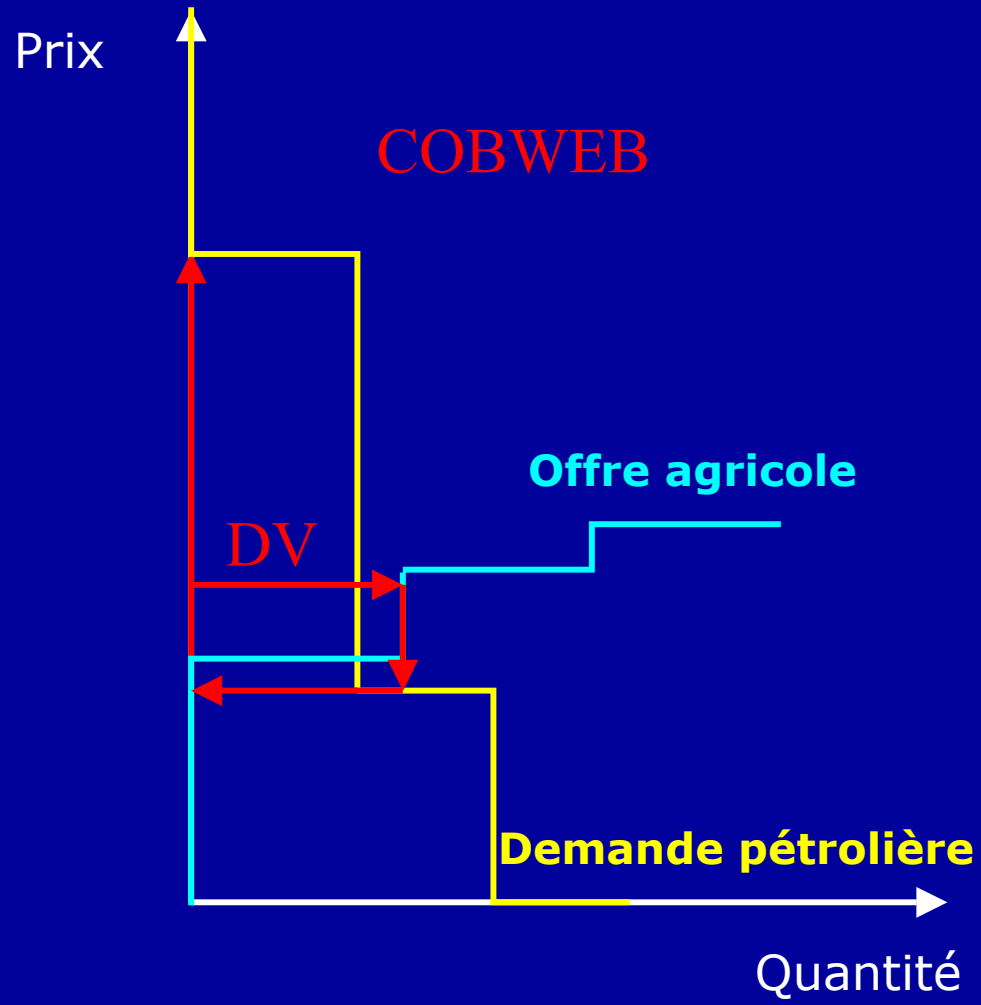
DES AMELIORATIONS A APPORTER AUX MODELES (1)

- Prise en compte de :
  - la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP)
  - bases essences à éthanoler
  - importations de biocarburants
  - développement de nouveaux biocarburants et technologies
  - Élasticité-prix de la demande en co-produits agricoles et industriels
- Analyse de l'incorporation des biocarburants par les raffineurs
  - substitutions biocarburants/carburants en fonction des prix des biocarburants
  - sensibilité de l'incorporation au prix du pétrole
  - sensibilité de l'incorporation aux normes des carburants
- Bilans énergétiques et carbone
  - Sera traité par le modèle de raffinage et le module agro-industriel
  - Partie agricole dépend de l'INRA ????
- Étude des positions dominantes (Bilevel programming??)

© IFP-2003

DES AMELIORATIONS A APPORTER AUX MODELES (2)

- Réflexions sur le couplage par les prix



Problèmes rencontrés

- ***Méthode du Cobweb impossible***
- ***A un C_m peut correspondre plusieurs quantités***

D'autres méthodes de convergences à étudier.

© IFP-2003

1ère ILLUSTRATION

Analyse des substitutions des carburants fossiles par les biocarburants dans l'outil de raffinage

- Hypothèses : $P_{bruts} \approx 27\$/bl$

Prix de l'ester $/t	Quantité d'ester incorporée (Mt)	Coût marginal de production du gazole ($/t)	Coût d'opportunité d'incorporation d'éthanol ($/t)
330	1.449	337.6	4.6
332	1.449	337.7	4.6
334	1.449	337.8	4.6
336	1.449	337.9	4.6
338	1.449	338.0	4.5
340	0.698	339.2	173.1
342	0	339.3	172.1
344	0	339.3	172.1

•Incorporation tant que :

P ester ≤ C_m gazole

• Interaction entre le prix d'ester et le coût d'opportunité de l'éthanol

➢Flexibilité due à l'ester

- Contrainte d' incorporation maximum saturée à 5% vol, Q_{max}=1,5 Mt

Relâchement de cette contrainte : Q_{max} = 7, 5 Mt = 26 % vol.

© IFP-2003

2ème ILLUSTRATION

Coûts d'opportunité d'incorporation des biocarburants par les raffineurs en fonction du prix des bruts (1)

- Régression entre les prix des pétroles bruts pour éviter les phénomènes de substitution.
  - Forcados = 0,951 x Brent
  - Arabian light = 0,85 x Brent
  - Arabian heavy = 0,775 x Brent

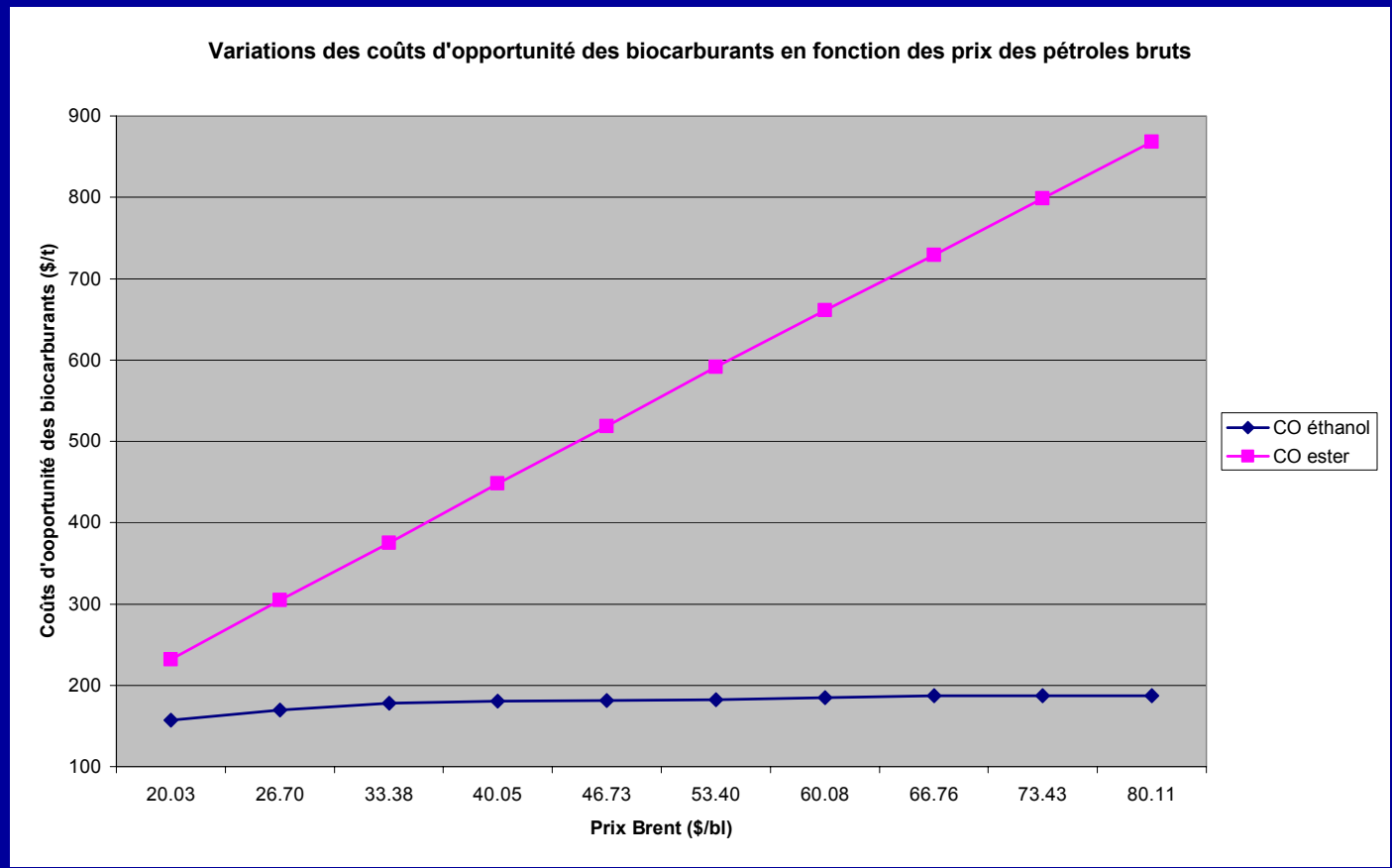
  } Prix directeur : Brent

- Coût d'opportunité d'incorporation des biocarburants pour le raffineur : prix maximum auquel le raffineur est prêt à acheter la première tonne de biocarburants

- Comparaison entre les coûts d'opportunité d'incorporation des biocarburants et les coûts marginaux de production des carburants

© IFP-2003

Coûts d'opportunité d'incorporation des biocarburants par les raffineurs en fonction du prix des bruts (2)

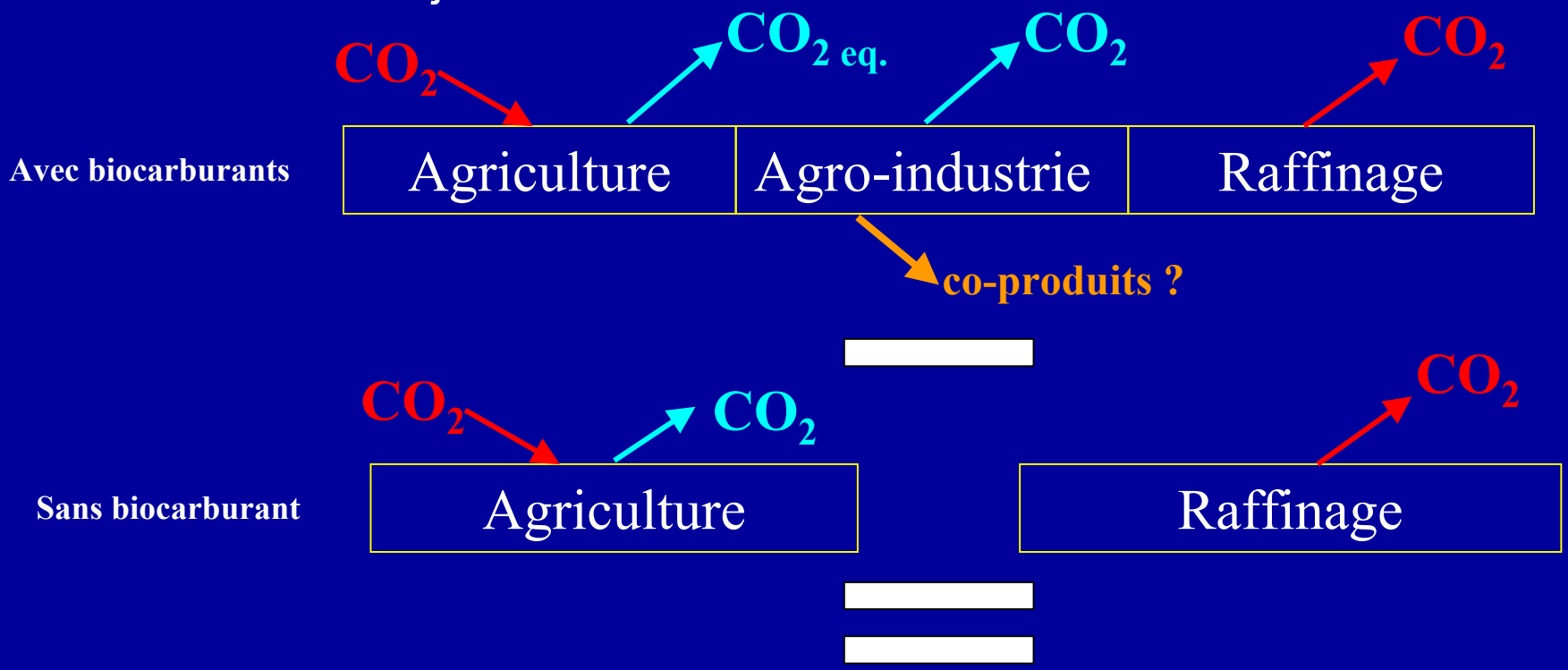


- Résultats concordants avec la tension qui s'exerce sur la production de gazole dans les raffineries françaises

© IFP-2003

Amélioration des bilans carbone (1)

- Bilans carbone : 2 cas à distinguer
  - Cultures sur jachère

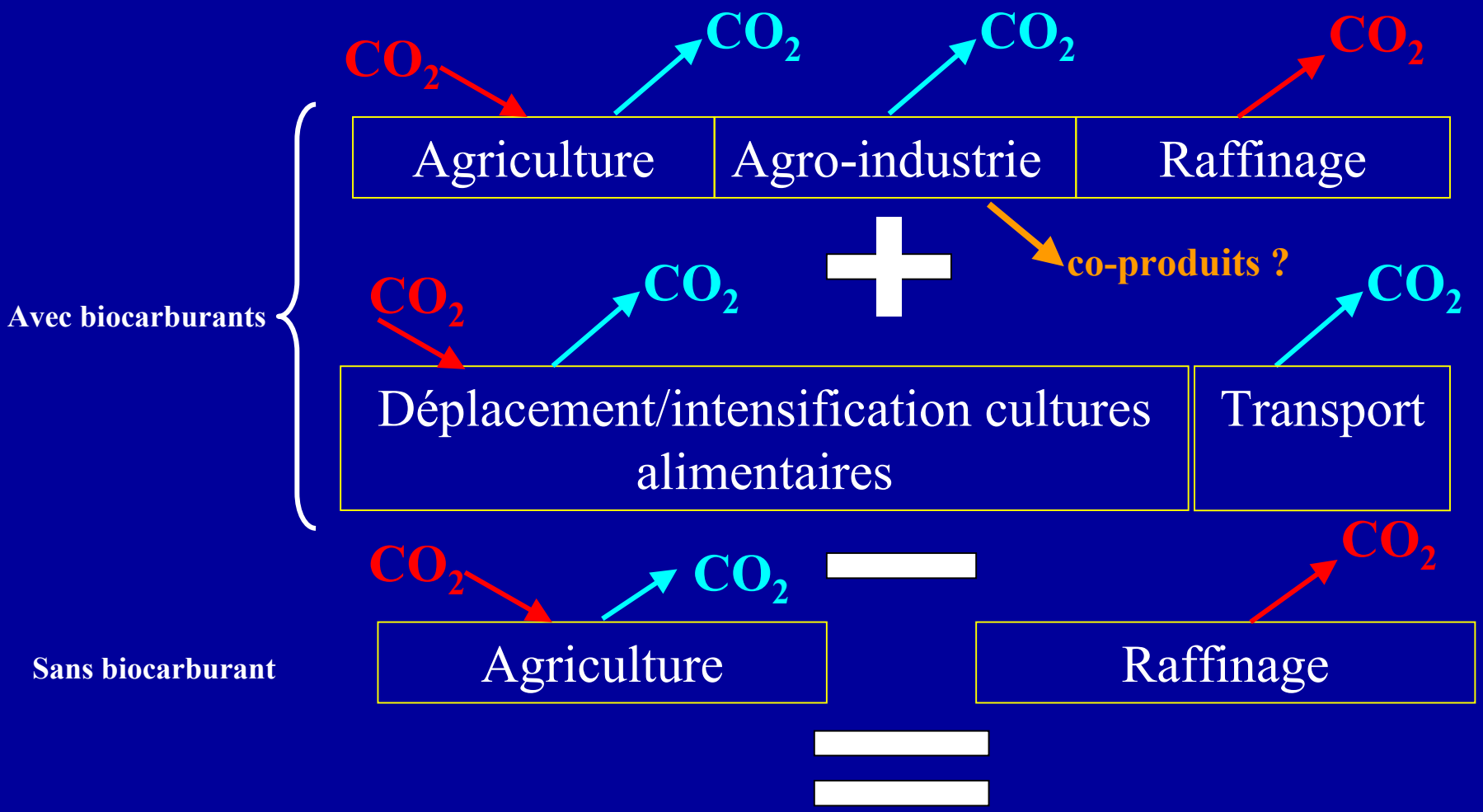


ECONOMIE D'EMISSIONS DE CARBONE

© IFP-2003

Amélioration des bilans carbone (2)

– Cultures sur ACE



© IFP-2003

PROCHAINES ETAPES

PROCHAINES ETAPES

- Calibrage du modèle de raffinage pour 2005
- Amélioration de la modélisation de l'agro-industrie (EEHV)
- Étude des effets de substitution au sein du raffinage en fonction de différents paramètres :
  - Identification des contraintes saturées d'incorporation
  - Sensibilité en fonction des prix du pétrole brut.
  - Étude du marché des bases essences à éthanoler
  - Sensibilité des Cm des biocarburants à la valorisation des co-produits agro-industriels (élasticité)
- Réalisation des scénarios prospectifs qui correspondent aux objectifs d'incorporation français et aux évolutions de la PAC à l'horizon 2012
  - Bilans carbones et énergétiques
  - Quantité de biocarburants échangés

© IFP-2003

BIBLIOGRAPHIE

- Bernard, His, Rozakis, Saint Antonin, Tréguer (2006). *Agro-industrial and refining model integration for decision making purposes concerning biofuel take-off*. Paper prepared for presentation at the 29th IAEE Conference in Potsdam 'Securing Energy in insecure time'. Potsdam, Germany.

- Ignaciuk, Vôhringer, Ruijs & van Ierland (2006). *Competition between biomass and food production in the presence of energy policies: a partial equilibrium analysis*. Energy Policy, 34, 1127-1138.

- Rozakis & Sourie (2001). *Biofuel production system in France: an economic analysis*. Biomass & Bienergy, 20, 483-489.

- Rozakis, Tréguer, Saint-Antonin, Gruson & His (2005). *Développement d'un outil d'aide à la décision sur les biocarburants en France suivant une approche systémique*. Rapport final projet ADEME. INRA-IFP.

- Saint-Antonin (1998). *Modélisation de l'offre de produits pétroliers en Europe*. Thèse de Doctorat d'économie. Université de Bourgogne-ENSPM. France.

© IFP-2003

FIN

MERCI !

MODELE AGRO-INDUSTRIEL OSCAR

- Modèle INRA de programmation linéaire
- Maximisation de la marge agrégée du secteur agricole/agro-industriel
- Contraintes : agronomiques, réglementaires, d'offre
- Basé sur un modèle d'offre agricole (MAORIE):
  - 16 types de cultures différenciés
  - 2 régions représentées : betteravière et céréalières
  - 1300 types d'exploitation dont 81 000 potentiellement productrices de biocarburants
- Comprenant un module agro-industriel :
  - 2 industries : distillation → Éthanol
    trituration - raffinage - estérification → EMHV

© IFP-2003

MODELE DE RAFFINAGE OURAR

- Modèle IFP de programmation linéaire
- Objectif de minimisation des coûts de raffinage
- Contraintes : techniques, réglementaires, environnementales, de demande
- Représente l'activité de raffinage française :
  - 1 raffinerie représentative des 13 raffineries françaises
  - unités de traitement = capacité française totale
- Prise en compte de :
  - 4 pétroles bruts traités
  - 25 unités de traitement
  - 13 produits pétroliers demandés

© IFP-2003