

Mémoire M2

L'impact des politiques publiques sur les émissions de gaz à effet de serre
dans le secteur agricole au travers des échanges commerciaux.

Clara ROCH

2025

Contents

1	Introduction	3
2	Intuition	4
2.1	Introduction d'un droit de douane dans le pays domestique	5
2.2	Introduction d'une subvention à la production dans le pays importateur	5
3	Model	7
3.1	Setups	7
3.2	Modèle en niveau	7
3.3	Modèle en changement relatif	8
4	Implémentation	9
4.1	Tree-regions model	9
4.2	Multi-countries model	9
4.3	Data	9
5	Résultats	10
6	Conclusion	11
A	Intuition	12
A.1	Tariff	12
A.2	Subvention	13
B	Intuition	14

Chapter 1

Introduction

[Amorce]

Dans ce mémoire, nous allons étudier les effets de politiques publiques agricoles sur les émissions de gaz à effet de serres du secteur. Pour se faire nous nous intéresserons à un modèle de commerce de denrées agricoles. Les politiques que nous étudions sont celles des droits de douane.

[Biblio]

Pour réaliser cette étude, nous considérons les surfaces agricoles constantes, i.e. nous ne considérons pas les forêts, et la possibilité qu'elles changent de taille ici, c'est-à-dire que nous n'évaluons pas l'impact que l'agriculture peut avoir sur les couverts forestiers et donc sur les émissions de gaz à effet de serre liées à leur évolution.

Le reste du mémoire est organisé comme suit. Le chapitre 2 propose un modèle simple à deux pays et un produit, afin de comprendre comment l'implémentation de politiques agricoles affecte, par le biais des équilibres de marché, les émissions de gaz à effet de serre. Ensuite le chapitre suivant 3 présente quant à lui le modèle d'équilibre partiel utilisé pour mener notre étude, ce modèle inclus de nombreux pays et secteurs. Il se base sur celui présenté dans les papiers de Gouel et Laborde 2021 et Gouel 2025, en utilisant, à la place de fonctions de distribution de Fréchet pour capturer l'effet de l'hétérogénéité des cultures sur les rendements, et une fonction de gestion multilogit qui témoigne de l'augmentation des coûts associée à une trop forte ou trop faible spécialisation des cultures, et une fonction isoélastique pour les rendements suivant Galichon 2016. Le chapitre 4 décrit les données utilisées ainsi que leurs traitements pour intégration au modèle. Enfin, le chapitre 5 présente les résultats et donc les conclusions sur l'impact des politiques agricoles sur les émissions de gaz à effet de serre au travers du commerce en agriculture.

Chapter 2

Intuition

Cette section présente des premières intuitions sur comment les émissions de gaz à effet de serre (GES) réagissent à l'implémentation de deux politiques agricole : les droits de douanes et les subventions à la production.

Pour se faire considérons un marché à deux pays, avec un pays importateur H et un pays exportateur F .

Nous désignons les fonctions d'offre et de demande pour les deux pays, avec le pays $i \in H, F$, comme suit :

$$S_i = S_i^0 \left(1 + \eta_i \frac{P_i - P_i^0}{P_i^0} \right), \quad D_i = D_i^0 \left(1 + \epsilon_i \frac{P_i - P_i^0}{P_i^0} \right),$$

où S_i et D_i représentent respectivement les quantités produites et demandées par le pays i , P_i est le prix dans le pays i , et η_i ainsi que ϵ_i sont les élasticités de l'offre et de la demande dans le pays i . Ici, X^0 désigne la valeur initiale de X .

Étant donné que les pays constituent l'entièreté de l'économie, la différence entre la demande et la production dans un pays est égale à la différence à l'inverse de celle du pays extérieur, ainsi :

$$D_H - S_H = S_F - D_F.$$

Pour simplifier la suite des calculs, nous introduisons les élasticités agrégées suivantes :

- Élasticité de demande totale

$$\epsilon = \frac{\partial D}{\partial P_F} \frac{P_F^0}{D^0} = \left(\epsilon_H \frac{D_H^0}{P_H^0} + \epsilon_F \frac{D_F^0}{P_F^0} \right) \frac{P_F^0}{D^0} < 0,$$

- Élasticité d'offre totale

$$\eta = \frac{\partial S}{\partial P_F} \frac{P_F^0}{S^0} = \left(\eta_H \frac{S_H^0}{P_H^0} + \eta_F \frac{S_F^0}{P_F^0} \right) \frac{P_F^0}{S^0} > 0,$$

- Élasticité de la demande d'importation domestique

$$\mu_H = \frac{\partial (D_H - S_H)}{\partial P_H} \frac{P_H^0}{M_H^0} = \frac{\epsilon_H D_H^0 - \eta_H S_H^0}{M_H^0} < 0,$$

- Élasticité de l'offre à l'exportation étrangère

$$\chi_F = \frac{\partial (S_F - D_F)}{\partial P_F} \frac{P_F^0}{X_F^0} = \frac{\eta_F S_F^0 - \epsilon_F D_F^0}{X_F^0} > 0.$$

Pour chaque politique on examine ses effets sur les émissions totales à travers leur impact sur les prix internationaux (prix du pays F) et sur la production totale.

2.1 Introduction d'un droit de douane dans le pays domestique

Considérons une première politique, où le pays H met en place un droit de douane à l'importation t . Cela implique les relations suivantes :

$$P_H = P_F + t.$$

Sous la politique douanière, les prix dans le pays exportateur deviennent

$$\frac{P_F}{P_F^0} = -\frac{\mu_H(1 - t/P_H^0) - \chi_F}{\eta - \epsilon} \frac{X_F^0}{D^0},$$

et varient négativement selon t :

$$\frac{\partial P_F}{\partial t} = \frac{\mu_H}{\eta - \epsilon} \frac{X_F^0}{D^0} \frac{P_F^0}{P_H^0} < 0.$$

La production totale des deux pays est donnée par

$$Q = S_H^0 + S_F^0 + \frac{(P_H^0 - P_F^0 - t)(S_H^0 \eta_H \chi_F + S_F^0 \eta_F \mu_H)}{P_F^0 \mu_H - P_H^0 \chi_F},$$

et varie selon

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{S_H^0 \eta_H \chi_F + S_F^0 \eta_F \mu_H}{P_F^0 \mu_H - P_H^0 \chi_F}.$$

Le signe de ce changement est déterminé par $S_H^0 \eta_H \chi_F + S_F^0 \eta_F \mu_H$. Il n'y a donc pas d'effet clair des tarifs douaniers sur la production totale : un premier effet (direct) augmente la production dans le pays H , tandis qu'un second (indirect) réduit la production totale par la baisse des prix extérieurs.

Concernant les émissions totales E , si on considère que les émissions évoluent linéairement avec la production, on obtient :

$$E = E^0 + \frac{(P_H^0 - P_F^0 - t)(E_H^0 \eta_H \chi_F + E_F^0 \eta_F \mu_H)}{P_F^0 \mu_H - P_H^0 \chi_F},$$

et donc

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{E_H^0 \eta_H \chi_F + E_F^0 \eta_F \mu_H}{P_F^0 \mu_H - P_H^0 \chi_F}.$$

Ici, le signe est le même que celui de $E_H^0 \eta_H \chi_F + E_F^0 \eta_F \mu_H$. Autrement dit, l'effet de l'augmentation des tarifs douaniers sur les émissions totales est ambigu ; des émissions nationales plus importantes E_H^0 augmentent la probabilité que l'augmentation des droits de douanes augmente les émissions globales.

Voir annexe A.1 pour le détail des calculs et pour des cas particuliers.

2.2 Introduction d'une subvention à la production dans le pays importateur

Dans cette section, on considère l'introduction d'une subvention à la production dans le pays H . Cela change nos fonctions d'offre, comme suit :

$$S_F = S_F^0 \left(1 + \eta_F \frac{P_F - P_F^0}{P_F^0} \right),$$

et avec la subvention s ,

$$S_H = S_H^0 \left(1 + \eta_H \frac{P_H + s - P_H^0}{P_H^0} \right).$$

Pour simplifier, on assume $P_H = P_F = P$.

Introduire une subvention conduit aux fonctions de prix et à leur dérivé suivantes :

$$\begin{aligned} \frac{P}{P^0} &= 1 + \frac{\eta_H}{\mu_H - \chi_F} \frac{s S_H^0}{P^0 X_F^0}, \\ \frac{\partial P}{\partial s} &= \frac{\eta_H}{\mu_H - \chi_F} \frac{S_H^0}{X_F^0} < 0. \end{aligned}$$

Nous pouvons donc dire que l'introduction d'une aide à la production dans le pays domestique réduira les prix dans l'ensemble des pays faisant partis du marché. La production total devient :

$$S = S^0 + \eta_H \frac{s S_H^0}{P^0} \left[1 - \frac{\eta}{\chi_F - \mu_H} \frac{S^0}{X_F^0} \right],$$

et sa dérivée

$$\frac{\partial S}{\partial s} = \frac{\eta_H S_H^0}{P^0} \left[1 - \frac{\eta}{\chi_F - \mu_H} \frac{S^0}{X_F^0} \right].$$

Étant donné que $X_F^0(\chi_F - \mu_H) = \eta S^0 - \epsilon D^0$ et $\epsilon < 0$, on a

$$1 > \frac{\eta}{\chi_F - \mu_H} \frac{S^0}{X_F^0},$$

ce qui implique qu'une subvention augmentera la production totale.

En maintenant notre hypothèse de linéarité entre les émissions et la production, on a :

$$E = E^0 + \eta_H \frac{s}{P^0} \left[E_H^0 - \frac{\eta_H E_H^0 + \eta_F E_F^0}{\chi_F - \mu_H} \frac{S_H^0}{X_F^0} \right],$$

et donc

$$\frac{\partial E}{\partial s} = \frac{\eta_H}{P^0} \left[E_H^0 - \frac{\eta_H E_H^0 + \eta_F E_F^0}{\chi_F - \mu_H} \frac{S_H^0}{X_F^0} \right].$$

Dans ce cas, le signe de la dérivée est ambigu ; il dépend de la relation entre $(\eta - \epsilon)E_H^0 S^0$ et $(\eta_H E_H^0 + \eta_F E_F^0)S_H^0$, si le premier est plus grand que le second, alors la subvention augmentera les émissions totales.

Voir annexe A.2 pour plus de détails.

Chapter 3

Model

Cette section présente le modèle de commerce agricole en équilibre partiel utilisé pour analyser l'impact des politiques sur les émissions de GES. Le modèle est basé sur Gouel et Laborde (2021), avec des fonctions multilogit remplaçant les fonctions de rendement de Fréchet initialement employées, comme décrit dans Gouel et al. (202?). Alors que l'approche de Fréchet suppose une qualité des terrains hétérogène, entraînant des rendements suivant une distribution de Fréchet par rapport aux taux de spécialisation, l'approche multilogit considère les terrains comme homogènes. À la place, une fonction de gestion — dans laquelle les coûts varient en fonction des différents niveaux de spécialisation — permet d'incorporer l'hétérogénéité.

3.1 Setups

Les pays sont indexés par i or $j \in \mathcal{J}$, les biens par $k \in \mathcal{K}$, avec $k = 0$ le bien non-agricole jouant le rôle de numéraire, $k = l$ les produits de l'élevage, $k = g$ l'herbe, $k \in \mathcal{K}^c$ les cultures ($\mathcal{K}^c \in \mathcal{K}$), et $k_n c \in \mathcal{K}^n c$ les produits agricoles non issus de la culture, c'est-à-dire les produits résultants d'un processus agro-industriel ($\mathcal{K}^n c \subset \mathcal{K}$). On note $\mathcal{K}^a = \mathcal{K}^c \cup \mathcal{K}^p \cup l$ l'ensemble représentant l'ensemble des biens agricoles qui peuvent être exportés, l'herbe n'étant pas exportable, elle ne fait pas partie de cet ensemble, elle n'est utilisée que pour l'alimentation de l'élevage.

Pour plus de clarté, l'annexe B, référence tous les noms des variables et paramètres utilisés dans cette étude.

3.2 Modèle en niveau

3.2.1 Consommation

Considérons une demande pour les biens agricoles non-élastique aux revenus, cela signifie que [...]. On note la consommation de l'ensemble du panier de biens agricoles dans le pays j , C_j , avec une utilité $U_j = C_j^0 + \beta_j^{1/\epsilon} \ln C_j$, on a :

$$C_j = \left[\sum_{k \in \mathcal{K}^a} (\beta_j^k)^{1/\kappa} (C_j^k)^{(\kappa-1)/\kappa} \right]^{\kappa/(\kappa-1)}, \quad (3.1)$$

$\kappa > 0$ est l'élasticité de substitution entre biens agricoles on considère sa valeur identique dans chaque pays, C_j^k représente la consommation pour le produit k , et β_j^k est un paramètre exogène de préférence pour le bien k dans le pays j .

Le coût de ce panier est noté P_j , et

$$P_j = \left[\sum_{k \in \mathcal{K}^a} \beta_j^k (P_j^k)^{1-\kappa} \right]^{1/(1-\kappa)} \quad (3.2)$$

3.2.2 Échange

3.2.3 Production

Culture

Processus de transformation alimentaire

Produits issus de l'élevage

Produits issus de culture

3.3 Modèle en changement relatif

Nous adoptons le système d'équation précédent en changement relatif, en posant $\hat{x} = x'/x$, le changement relatif de la variable x entre son état à l'équilibre de référence x , et celui dans le scénario contractuel x' . Considérer les changements relatifs plutôt que les valeurs en niveau permet de se débarrasser de nombreux paramètres compliqués à paramétrer, ainsi nous n'avons pas besoin de calibrer des paramètres comme ceux de préférences β , car les préférences sont considérées identiques entre les situations de référence et contractuelles. L'implication directe d'une calibration en variation, et que si $x = 0$, alors $x' = 0$.

Chapter 4

Implémentation

- tidy_faostat (récupération données, agrégation + nettoyage)
- tidy_fabio (agrégation, nettoyage des losses, et process)
- valeur arbitraire choisit en fonction des autres papiers ou de la plouf (du coup la plouf pour le share cost labor et land)

4.1 Tree-regions model

In order to simplify the model, we first run it with two countries and one regions: China, United State of America, and a region Rest Of the World (RoW); the production and consumption values of China and the United State are around zero and two order of magnitude smaller then the values associated to the region RoW (e.g. cereals consumption in RoW is evaluated at 4.01e11, while China's and USA's are respectively at 1.35e11 and 4.28e10; for sugar we have in the same order 1.17e11, 3.72e10, and 6.99e9), this allows us to consider this tree regions in parallel.

4.2 Multi-countries model

In the multicountry model, we consider a wider range of countries and agricultural products.

4.3 Data

4.3.1 Data for initial equilibrium

To calibrate the model, we use prices from FAOSTAT, and production and consumption from FABIO. Our prices are

Chapter 5

Résultats

Chapter 6

Conclusion

Appendix A

Intuition

A.1 Tariff

First, we express P_F as a function of t and the elasticities.

Starting from the equation

$$D_H - S_H = S_F - D_F,$$

and using the definitions of demand and supply, we obtain:

$$D_H^0 \left(1 + \epsilon_H \frac{P_H - P_H^0}{P_H^0} \right) - S_H^0 \left(1 + \eta_H \frac{P_H - P_H^0}{P_H^0} \right) = S_F^0 \left(1 + \eta_F \frac{P_F - P_F^0}{P_F^0} \right) - D_F^0 \left(1 + \epsilon_F \frac{P_F - P_F^0}{P_F^0} \right).$$

We then factorize by $\frac{P_i - P_i^0}{P_i^0}$ for $i = H, F$:

$$\frac{P_H - P_H^0}{P_H^0} [D_H^0 \epsilon_H - S_H^0 \eta_H] + D_H^0 - S_H^0 = \frac{P_F - P_F^0}{P_F^0} [S_F^0 \eta_F - D_F^0 \epsilon_F] + S_F^0 - D_F^0.$$

Noting that $D_H^0 - S_H^0 = S_F^0 - D_F^0$, we obtain:

$$\frac{P_H - P_H^0}{P_H^0} [D_H^0 \epsilon_H - S_H^0 \eta_H] = \frac{P_F - P_F^0}{P_F^0} [S_F^0 \eta_F - D_F^0 \epsilon_F].$$

Using the aggregated elasticities defined in Chapter 2.1, we have

$$\frac{P_F}{P_F^0} = - \frac{\mu_H (1 - t/P_H^0) - \chi_F}{\eta - \epsilon} \frac{X_F^0}{D^0}.$$

Multiplying both sides by P_F^0 , a straightforward derivation yields:

$$\frac{\partial P_F}{\partial t} = \frac{\mu_H}{\eta - \epsilon} \frac{X_F^0}{D^0} \frac{P_F^0}{P_H^0} < 0.$$

Assuming an initial tariff of zero, i.e. $P_F^0 = P_H^0$, we have:

$$\frac{P_F}{P_F^0} = - \frac{(1 - t/P_H^0) \mu_H - \chi_F}{\chi_F - \mu_H} = 1 + \frac{\mu_H}{\chi_F - \mu_H} \frac{t}{P_H^0}.$$

Assuming an initial tariff of zero and uniform elasticities across countries, the price and its derivative are given by:

$$P_F = P_F^0 + t \frac{\mu_H}{\eta_i - \epsilon_i} \frac{X_F^0}{D^0},$$

$$\frac{\partial P_F}{\partial t} = \frac{\mu_H}{\eta_i - \epsilon_i} \frac{X_F^0}{D^0} < 0.$$

Regarding total production Q , with an initial tariff of zero we have:

$$Q = Q^0 + \frac{-\frac{t}{P_H^0} \eta_i (S_H^0 \chi_F + S_F^0 \mu_H)}{\mu_H - \chi_F},$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \eta_i \frac{S_H^0 \chi_F + S_F^0 \mu_H}{\chi_F - \mu_H} \frac{1}{P_H^0}.$$

For emissions, using $E_i = e_i S_i$, we obtain the results presented in Section 2.1. In addition, assuming an initial tariff of zero and equal elasticities (i.e., $\eta_H = \eta_F = \eta_i$ and $\epsilon_H = \epsilon_F = \epsilon_i$), we have:

$$E = E^0 + \frac{\frac{t}{P_H^0} \eta_i (E_H^0 \chi_F + E_F^0 \mu_H)}{\chi_F - \mu_H},$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \eta_i \frac{E_H^0 \chi_F + E_F^0 \mu_H}{\chi_F - \mu_H} \frac{1}{P_H^0}.$$

A.2 Subvention

By rewriting the equilibrium equation with the new supply functions,

$$D_H^0 \left(1 + \epsilon_H \frac{P - P^0}{P^0} \right) - S_H^0 \left(1 + \eta_H \frac{P + s - P^0}{P^0} \right) = S_F^0 \left(1 + \eta_F \frac{P - P^0}{P^0} \right) - D_F^0 \left(1 + \epsilon_F \frac{P - P^0}{P^0} \right),$$

we obtain the price and its derivative as presented in Section 2.2.

When elasticities are uniform across countries, so that $\epsilon_i = \epsilon$ and $\eta_i = \eta$, we have:

$$\frac{P}{P^0} = 1 + \frac{\eta}{\mu_H - \chi_F} \frac{s S_H^0}{P^0 X_F^0},$$

$$\frac{\partial P}{\partial s} = -\frac{\eta}{\chi_F - \mu_H} \frac{S_H^0}{X_F^0} < 0.$$

With regard to supply, we have:

$$S = S_F + S_H = S^0 + S^0 \eta \frac{P - P^0}{P^0} + S_H \eta_H \frac{s}{P^0},$$

which yields the results in Section 2.2.

For emissions, using again $E = e_H S_H + e_F S_F$, in the case of uniform elasticities the introduction of the subsidy results in higher emissions only if

$$\frac{E_H^0}{\eta S_H^0} > \frac{E^0}{(\eta - \epsilon) S^0}.$$

Appendix B

Intuition

One can find here a list of the variables used in the model from chapter 3, for more clarity.

Name	Description	Type
$\beta_{ij}^k \geq 0$	preference for good k produced in country i and consumed in j (exogenous)	param
$\kappa > 0 \neq 1$	elasticity of substitution between agr product	param
$\kappa_{\text{feed}} > 0$	elasticity of substitution between various feed crops	param
$\sigma > 0 \neq 1$	Armington elasticity of substitution	param
$\epsilon > 0$	opposite of price elasticity of demand for the agricultural bundle	param
p_j^k and P_j^k	producer and composite price of imports of good k in country j	variables
$\tau_{ij}^k \geq 1$	iceberg cost from i to j for k , here = 1	param
C_j^0	final consumption of non-agr product, $P_j^0 = 1$	variable
C_j^k	final consumption of product k in j	variable
$x_j^{\lambda k}$	content of k in process λ or livestock feed in country j	variable
$\mu_i^{\lambda k}$	conversion ratio of k in process λ or of livestock feed	param
ν_i^k	unit of labor required per unit of land	param
$A_i^0 > 0$	labor productivity (in money), equal to wages $A_i^0 = w_i$	param
N_i^0	labor demand for no-agr good in country i	param
L_i^k	surface of field dedicated to k in country $i = s_i^k L_i$	variable
r_i^k and R_i^k	per hectare and total land rents ($R_i^k = r_i^k L_i^k$)	variables
s_i^k	share of field in country i allocated to k	variable
Q_i^k	total output of k in i ($Q_i^k = s_i^k L_i^k Y_i^k$)	variable
$Q_i^{l\lambda}$	qtt of output l in the process λ	variable
$Q_i^\lambda = \sum Q_i^{l\lambda}$	total qtt of output in the process λ	variable
$v_i^{\lambda l\lambda} = Q_i^{l\lambda} / Q_i^\lambda$	mass proportion of output l_λ in the process λ	parameter
$m_i^{\lambda k\lambda} = x_i^{\lambda k\lambda} / x_i^\lambda$	mass proportion of input k_λ in process λ	parameter
y_i^k and Y_i^k	average and total yields of k in i	param, variable
$\varsigma_i^k > 0$	yield elasticity	param
X_i^k	quantity of inputs that intensify land	variables
P_i^X	price of X in country i	param
P_i^Z	price of non-land-intensifying input	param
$\alpha_i > 0$	behavioral parameter that governs the acreage elasticity	param
$X_{v,ij}^k$	volume of bilateral export between i and j for good k	variable
B_i	trade balance/deficits of country i	variable
E_i	expenditures	variable