

Chapitre 8

Analyse de sensibilité

L'analyse des politiques, en testant l'impact de diverses situations envisageables, permet de se faire une idée des effets de différents instruments d'action. Ces instruments ont été examinés dans les différentes études de cas réalisées avec le SAPIM, ainsi que dans le chapitre consacré à l'analyse comparative. Le présent chapitre traite des méthodes d'évaluation, par une analyse de sensibilité, de la validité des résultats obtenus.

L'analyse de sensibilité est importante pour formuler des recommandations à l'attention des décideurs. Elle permet de savoir dans quelle mesure l'analyse est crédible, dans quelle mesure elle résiste à différentes hypothèses, etc. En principe, l'analyse de sensibilité est l'application d'une idée simple : changer une hypothèse ou un paramètre du modèle et observer l'effet. Plus le modèle est complexe (c'est-à-dire plus grand est le nombre d'hypothèses et de paramètres), plus il est difficile de tester systématiquement toutes les combinaisons possibles. L'analyse de sensibilité peut être classée dans deux catégories : 1) sensibilité aux valeurs des paramètres, et 2) sensibilité aux principales hypothèses.

Analyse de sensibilité des paramètres du modèle

Pannell (1997) propose diverses méthodes systématiques pour évaluer l'incertitude des paramètres du modèle. La méthode la plus complète (celle consistant à tester toutes les situations possibles) est très intensive en ressources. D'un autre côté, une méthode simple judicieusement choisie peut tout de même être encore assez raisonnablement systématique et fournir les principaux éclairages que la méthode la plus systématique aurait permis d'obtenir. Pannell présente cette méthode "simple" comme suit :

- choisir les paramètres devant varier. Définir pour chaque paramètre une amplitude de variation qui soit réaliste ;
- procéder pour chaque paramètre à une analyse de sensibilité séparée, en utilisant deux valeurs du paramètre (max et min) ;
- caractériser le paramètre principal par un indice de sensibilité

$$SI = (D_{\max} - D_{\min})$$

où D_{\max} est le résultat pour la valeur maximum du paramètre et D_{\min} le résultat pour la valeur minimum.

- Écrire les résultats. Pour chaque variable de décision essentielle, calculer les valeurs de l'indice de sensibilité (IS) pour tous les paramètres, et les classer en fonction de leur valeur absolue. Ces résultats pourront être présentés directement ou utilisés pour décider quels paramètres doivent être examinés dans les graphes et les tableaux (par exemple, diagrammes en toile d'araignée). Cela permet aux

décideurs de porter son attention sur les paramètres et les liens les plus importants ;

- Tirer des conclusions : (a) donne X, (b) donne X ou Y selon les circonstances, (c) donne X ou Y, selon les préférences, et en cas de doute, (d) donne X (stratégie de sécurité).

Analyse de sensibilité par rapport aux principales hypothèses

Les études de cas réalisées dans le cadre du SAPIM se fondent toutes sur une série d'hypothèses essentielles. Les modèles sont des modèles d'équilibre partiel, ils impliquent donc des hypothèses sur les prix des produits et des intrants, c'est-à-dire sur des données exogènes. Les valeurs retenues dans ces hypothèses sont spécifiques à chaque étude de cas et dépendent donc du cadre d'action correspondant dans chaque pays. Ainsi, par exemple, dans deux études de cas (Japon et Suisse), une des principales hypothèses retenues est que le gouvernement maintient les prix des produits au-dessus des prix observés sur le marché international. Dans l'étude de cas suisse, la "sensibilité" de cette hypothèse est déjà analysée dans le scénario dans lequel la réglementation du marché (quotas laitiers) est supprimée. De même, un scénario courant dans toutes les études de cas est l'application d'une taxe sur les engrais. Cela revient à tester la sensibilité à une variation des prix des engrais.

Il existe donc un certain recoupement entre la définition de l'analyse de sensibilité fondée sur des hypothèses essentielles et les simulations déjà effectuées. Néanmoins, il reste utile d'évaluer de façon systématique la sensibilité de tous les modèles utilisés dans les études de cas à une série de variations bien définies au niveau des principales hypothèses exogènes.

Analyse de sensibilité pour les études de cas réalisées dans le cadre du SAPIM

En résumé, il n'est pas nécessaire de tester toutes les combinaisons, dans la mesure où un sous-ensemble opportunément choisi incluant les hypothèses et paramètres essentiels permet d'évaluer les sources d'incertitude les plus probables d'un modèle. Dans le cadre de cette étude, qui classe les instruments d'action en fonction de plusieurs critères (par exemple, rapport coût-efficacité, efficacité environnementale, etc.), une question importante se pose, en l'occurrence savoir dans quelles circonstances le classement des instruments est modifié.

L'analyse de sensibilité sera donc effectuée comme suit :

- Faire varier de 10 % et 30 % des prix des produits et des prix des intrants.
- Faire varier de 10 % la valeur des paramètres qui déterminent la réaction aux engrais du rendement de la culture considérée.
- Comparer le classement relatif des mesures du point de vue de leur rapport coût-efficacité et de leur efficacité environnementale.

Chocs sur les prix des produits et des intrants

Le tableau 8.1 donne les résultats obtenus sous l'effet d'une variation de 10 % du prix des produits et de 30 % du prix des intrants (engrais) pour chacun des pays ayant fait

l'objet d'une étude de cas. Dans la situation de référence, les quantités sont exprimées en valeur absolue, tandis que pour les scénarios, les résultats sont indiqués sous la forme des variations en pourcentage par rapport aux valeurs de référence. Dans le cas de la Finlande et du Japon, l'optimum privé est donné dans ce tableau, alors que l'optimum social figure dans les tableaux 8.2 et 8.3.

Dans chacune des études de cas, le choc sur le prix des produits est défini comme une variation de 10 % et 30 % du prix des productions agricoles produits par l'exploitation considérée. Les fluctuations des profits restent dans une fourchette raisonnable dans chaque étude de cas : une variation de 10 % (30 %) du prix des produits induit une variation des profits de plus de 10 % (30 %) du simple fait que les coûts, eux, n'ont pas varié. L'ampleur de la variation des profits diffère selon les études de cas, mais comparer les différentes études de cas n'apporte pas grand-chose, d'une part parce que les systèmes de production étudiés sont très différents (élevage laitier en Suisse et maïsiculture aux États-Unis, par exemple), et d'autre part, parce que les coûts de production n'ont pas toujours été modélisés de la même manière (à titre d'exemple, tous les coûts de l'exploitation ont été pris en compte dans le cas de la Suisse, alors que dans celui des États-Unis, les coûts de la main-d'œuvre et les coûts d'investissement ne sont pas inclus).

Les chocs sur le prix des produits ont également induit des changements d'affectation des terres. Dans les études de cas finlandaise et suisse, les évolutions ont parfois conduit à des assolements très différents des choix initiaux et ont notamment eu un impact sur le ruissellement de l'azote. En conséquence, il n'est a priori pas possible de dire si un accroissement de la production se traduira par une augmentation du ruissellement. Dans l'étude de cas américaine, la principale culture (maïs) est en rotation avec le soja, ce qui limite par définition les changements d'affectation des terres. Enfin, dans l'étude de cas japonaise, la hausse du prix du riz et du blé incite davantage à accroître la superficie rizicole du fait que le prix de base du riz est plus élevé que celui du blé. De fait, la diminution du ruissellement dans le scénario « sans ajustement de la production (quota de riz) » dépasse la valeur observée dans le scénario « avec quota de production », où la culture du riz est limitée.

Le choc sur le prix des engrais indique systématiquement dans toutes les études de cas que le ruissellement (ou le surcroît) d'azote est relativement peu sensible aux fluctuations du prix des engrais, ce qui résulte essentiellement des modalités de représentation de la réaction à l'azote. Il est notoire que l'emploi d'une fonction de réaction à l'azote de Mitscherlich implique que l'élasticité des apports d'engrais par rapport aux prix est relativement faible. Néanmoins, dans les études de cas où il existe d'autres cultures concurrentes, on observe une certaine évolution des assolements. Dans l'étude de cas finlandaise, le ruissellement de l'azote varie sensiblement au niveau global de l'exploitation (-19 % à +20 %), mais les changements d'affectation concernent la conversion de surfaces à la sylviculture, ou vice versa. Pour les productions végétales proprement dites, le ruissellement par hectare varie très peu. Dans l'étude de cas suisse, il ne se produit par hypothèse aucune variation du ruissellement puisque, dans un large éventail de situations, les engrais chimiques peuvent facilement être remplacés par un équivalent azoté, en l'occurrence le fumier produit par l'exploitation laitière.

Tableau 8.1. Analyse de sensibilité : chocs de 10 % et 30 % sur les prix des produits et des engrais

Pays	Valeur de référence	Prix des produits					Prix des engrais				
		10 %	-10 %	30 %	-30 %	10 %	-10 %	30 %	-30 %	10 %	-10 %
Finlande	Profit privé, EUR	2 869	50%	-30%	279%	-33%	-10%	13%	-24%	146%	
	Ruissellement N, kg total exploitation	367	56%	-71%	190%	-100%	-19%	22%	-54%	169%	
Suisse	Profit privé, CHF	82 083	29%	-26%	90%	-77%	-1%	1%	-4%	5%	
	Bilan azoté, kg/ha	81,2	-19%	2%	-1%	-19%	0%	4%	6%		
États-Unis*	Profit privé, USD/acre	375	21%	-21%	63%	-63%	-4%	4%	-11%	11%	
	Bilan azoté, lbs/acre	7,45	1%	-1%	2%	-3%	-1%	1%	-2%	2%	
Japon	Profit privé, 000JPY	1 854	37%	-35%	111%	-86%	-2%	1%	-2%	2%	
	Bilan azoté, kg total exploitation	101	-7%	115%	-17%	158%	-2%	9%	-6%	14%	
	Profit privé, 000JPY	1 873	36%	-34%	110%	-86%	-1%	1%	-2%	2%	
	Bilan azoté, kg total exploitation	103	-63%	91%	-146%	152%	-2%	3%	-6%	14%	

*moyenne simple pour 8 systèmes de production, productivité moyenne.

Source : calculs effectués par l'auteur.

Le tableau 8.2 indique les résultats pour un choc de 10 % sur les prix des produits et des intrants (engrais), ainsi que pour une variation de 30 % de l'estimation des dommages dus au ruissellement de l'azote à l'optimum social dans l'étude de cas finlandaise.

Tableau 8.2. Étude de cas finlandaise : effets des prix des produits et des intrants, estimation des dommages dus au ruissellement de l'azote sur le bien-être social (EUR), profits des agriculteurs à l'optimum social (EUR), ruissellement total d'azote (kg) et dommages dus au ruissellement d'azote (kg)

	EUR Valeur de référence	Variation en % par rapport à la valeur de référence					
		Prix des produits		Prix des intrants		Dommages dus au ruissellement	
		+10%	-10%	+10%	-10%	+30%	-30%
Optimum social							
Bien-être social	3019	56	-26	-3	19	2	12
Profits des agriculteurs	2498	62	-23	-3	22	7	7
Ruissellement total	170	54	-59	-18	18	-15	17
Dommages dus au ruissellement	607	54	-59	-18	18	-15	17

Source : calculs effectués par l'auteur.

Les résultats montrent qu'une hausse (baisse) du prix des produits de 10 % augmente (diminue) le bien-être social de 56 % (26 %) par suite de l'accroissement (recul) de la rentabilité des cultures. L'effet correspondant de la variation du prix des engrais sur le bien-être à l'optimum social est plus faible. Une hausse du prix des engrais diminue le bien-être social, puisque les profits régressent davantage en valeur absolue que les dommages provoqués par le ruissellement. Lorsque l'estimation de ces derniers augmente de 30 %, le bien-être social recule légèrement en raison de la diminution du ruissellement de l'azote et, partant, des dommages qu'il cause.

Dans l'étude cas japonaise, la sensibilité des résultats à l'évaluation des externalités environnementales a été testée en faisant varier de 10 % la valeur monétaire du ruissellement (élimination) de N et des émissions de gaz à effet de serre, afin de s'aligner sur les autres chocs évoqués précédemment (sur les produits et les engrais). On a par ailleurs imposé une variation de 30 % afin de prendre en compte le degré d'incertitude plus élevé qui entoure l'évaluation monétaire.

Le tableau 8.3 présente les résultats obtenus dans le cas du Japon sous l'effet d'un choc de 10 % et de 30 % sur cette valeur monétaire à l'optimum social. Il en ressort que l'impact de ces variations est bien moindre que celui des variations du prix des produits indiqué dans le tableau 8.1, même dans le scénario prévoyant un choc de 30 %.

Une des principales conclusions de l'étude de cas japonaise demeure valable dans le cadre de cette analyse de sensibilité. À savoir que les résultats du scénario *qui ne prévoit pas* la fixation d'un quota de production de riz montrent un impact positif sur la réduction du ruissellement d'azote, sur la fixation du carbone et sur le bien-être social, par rapport au scénario *prévoyant la fixation* d'un quota de production de riz.

Tableau 8.3. Étude de cas japonaise : choc de 10 % et 30 % sur l'évaluation monétaire à l'optimum social

		Évaluation N					Évaluation GES			
		Base	+10%	-10%	+30%	-30%	+10%	-10%	+30%	-30%
Profit, 1 000 JPY	Ajust. production	1 802	-0.2%	0.2%	-0.7%	0.7%	-0.1%	0.1%	-0.4%	0.3%
	Ajust. production bien-être/optimum	1 765	-0.2%	0.2%	-0.6%	0.7%	-0.1%	0.1%	-0.3%	0.2%
Bien-être, 1 000 JPY	Ajust. production	1 850	7%	5%	9%	3%	6%	6%	5%	7%
	Ajust. production bien-être/optimum	2 007	5%	2%	9%	-2%	3%	4%	2%	5%
Ruissellement N total kg	Ajust. production	56.4	-3%	7%	-12%	23%	-	-	-	-
	Ajust. production bien-être/optimum	-58.9	-1%	1%	-0.4%	3%	-	-	-	-
Emissions de GES, total CO ₂	Ajust. production	6.2	-	-	-	-	-3%	2%	-8%	6%
	Ajust. production						-1%	1%	-2%	2%
	bien-être/optimum	10.7	-	-	-	-				

Source : calculs effectués par l'auteur.

Chocs sur les paramètres : la fonction de réaction à l'azote

Chacune des études de cas SAPIM comprend, pour les activités agricoles, un module qui se fonde sur des fonctions non linéaires pour modéliser la réaction des cultures (rendements) aux apports azotés. Ces fonctions se caractérisent par trois paramètres : l'ordonnée à l'origine (a) qui sert principalement à calibrer le modèle sur le rendement de référence, un coefficient de pente (α), et un paramètre de courbure (β). Ces deux derniers paramètres déterminent la réaction du rendement à l'apport d'azoté. Le paramètre de courbure (β) est quant à lui négatif afin de rendre compte de la baisse des rendements avec l'augmentation des apports azotés.

Dans les études de cas américaine, japonaise et finlandaise, on a eu recours, pour la modélisation, à des fonctions quadratiques de forme $y=a+\alpha x-\beta x^2$, tandis que dans l'étude suisse, on a employé une fonction de Mitscherlich, $y=\alpha(1-a)\exp(-\beta x)$, où y désigne le rendement et x le niveau des apports d'azote. On a fait varier de 25 % les coefficients de la fonction de réaction à l'azote, trois types de choc ayant été appliqués : α seul, β seul, et α et β simultanément. Les différents résultats obtenus sont donnés dans le tableau 8.4.

Tableau 8.4. Analyse de sensibilité : chocs de 25 % sur les paramètres de la fonction de réaction à l'azote

Pays	Valeur de référence	Réaction à l'azote					
		α		β		α et β	
		25 %	-25 %	25 %	-25 %	25 %	-25 %
Finlande	Profit privé, EUR	142 %	-15 %	273 %	-29 %	307 %	-33 %
	Ruissellement, kg total exploit.	134 %	-23 %	235 %	-77 %	235 %	-100 %
Suisse	Profit privé, CHF	32 %	-23 %	3 %	-5 %	36 %	-28 %
	Bilan azoté, kg/ha	-98 %	112 %	-73 %	69 %	-142 %	160 %
États-Unis	Profit privé, USD/acre	154 %	-118 %	-52 %	86 %	71 %	-71 %
	Ruissellement, lbs/acre	57 %	-35 %	-28 %	78 %	2 %	-3 %
Japon	Profit privé, 000JPY	50 %	-41 %	-19 %	27 %	23 %	-23 %
	Ruissellement N, kg total exploit.	101	-34 %	-34 %	93 %	3 %	5 %
	Profit privé, 000JPY	1 873	48 %	-39 %	-18 %	25 %	-22 %
	Ruissellement, kg total exploit.	103	99 %	-71 %	-52 %	78 %	-16 %
	ajust. production						
	ajust. production						
	ajust. production bien-être optimum						
	ajust. production bien-être optimum						

Source : calculs effectués par l'auteur.

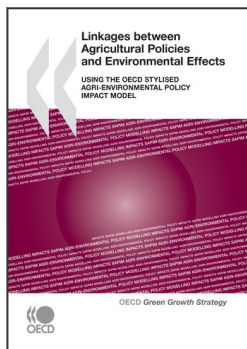
Le paramètre de courbure (β) étant négatif, la modification du seul coefficient de pente (α) devrait entraîner une plus forte réponse de la culture que la modification de α et de β . C'est effectivement le cas pour les études concernant les États-Unis et le Japon, où les changements d'affectation des terres sont rares (Japon) ou inexistant (États-Unis). Dans le cas du Japon, par exemple, une augmentation de 25 % du coefficient α induit une conversion minimale des surfaces rizicoles à la culture du blé du simple fait que la pente de la courbe de réaction du blé est plus forte que celle du riz ($\partial y_{wheat} / \partial x_{wheat} > \partial y_{rice} / \partial x_{rice}$). On observe parallèlement une intensification des apports azotés. L'impact global dépasse 25 %, alors que si l'on fait varier ces deux paramètres de 25 %, l'impact sur les profits et le ruissellement est inférieur à 25 % car l'effet de la variation de α est en partie compensé par celui de β .

Néanmoins, dans les études de cas finlandaise et suisse, les changements d'utilisation des terres ont une incidence notable sur les profits et le ruissellement. Il n'est alors pas possible a priori de prédire si, en faisant varier α et β indépendamment, l'impact sera plus important ou non qu'en les faisant varier simultanément.

Résumé de l'analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité présentée dans les tableaux 8.1 à 8.4 ne reflète qu'une petite partie des options qui pourraient être étudiées, mais elle prend néanmoins en compte d'importantes variables ainsi qu'une fourchette d'incertitude comprise entre 10 % et 30 %. S'il est vrai que les résultats concernant, entre autres, les profits des agriculteurs, les excédents d'azote et la réaction à l'azote sont tous très largement subordonnés aux hypothèses du modèle, l'analyse présentée dans ce rapport ne dépend pas de façon déterminante du niveau absolu des résultats obtenus. Les modèles ont été soigneusement calibrés de manière à reproduire des exemples concrets pour chaque pays étudié. A priori, l'analyse de sensibilité présentée (ainsi que toute autre combinaison raisonnable de chocs) ne devrait pas déboucher sur des résultats inattendus. Il est vrai par ailleurs que certaines des principales hypothèses du modèle en déterminent les résultats, comme dans le cas des chocs sur le prix des engrais, pour lesquels la forme de la fonction utilisée pour modéliser la réaction à l'azote implique une très faible élasticité-prix. Ce choix permet, dans chacune des études de cas conduites, d'être très proche de la situation effective. Par conséquent, il ne constitue pas seulement une hypothèse essentielle du cadre d'analyse, mais rend compte également de la réalité.

La principale source d'incertitude est, semble-t-il, liée aux estimations des avantages sociaux dans les études de cas finlandaise et japonaise. Or, bien que cette analyse ne cherche aucunement à déterminer quelle est, pour l'évaluation des avantages sociaux, la fourchette d'incertitude que l'on peut juger raisonnable, même une variation de 30 % ne modifie pas de manière fondamentale les résultats obtenus.



Extrait de :

Linkages between Agricultural Policies and Environmental Effects

Using the OECD Stylised Agri-environmental Policy Impact Model

Accéder à cette publication :

<https://doi.org/10.1787/9789264095700-en>

Merci de citer ce chapitre comme suit :

OCDE (2010), « Analyse de sensibilité », dans *Linkages between Agricultural Policies and Environmental Effects : Using the OECD Stylised Agri-environmental Policy Impact Model*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264095724-10-fr>

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les arguments exprimés ici ne reflètent pas nécessairement les vues officielles des pays membres de l'OCDE.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à rights@oecd.org. Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) info@copyright.com ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) contact@cfcopies.com.