



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

Préférences vis-à-vis du risque et choix d'intrants : le cas des pesticides

Douadia Bougherara

CEE-M, Univ. Montpellier, CNRS, INRAE, Institut Agro, Montpellier,
France
douadia.bougherara@inrae.fr

Céline Nauges

(auteur de correspondance) Toulouse School of Economics, INRAE,
Université de Toulouse Capitole, France
celine.nauges@inrae.fr

La France, comme beaucoup de pays pratiquant une agriculture moderne, est une grande consommatrice de produits phytosanitaires. Depuis plusieurs années, des programmes, tels que le plan Ecophyto, ont été mis en place pour inciter les agriculteurs à réduire leur utilisation d'intrants chimiques. L'intervention publique est justifiée par le fait que l'utilisation de produits phytosanitaires engendre des externalités négatives sur la santé et sur l'environnement, externalités qui imposent un coût à la société. Cependant, la question du choix de l'instrument pour inciter les agriculteurs à diminuer leur utilisation de produits phytosanitaires est difficile à trancher. A partir d'un modèle de simulations calibré sur des données de production de blé en France, on montre que fournir une couverture assurantielle complète aux agriculteurs ne permettrait pas une réduction significative de la quantité de pesticides utilisée.

Les agriculteurs utilisent les produits phytosanitaires pour deux raisons essentielles : pour améliorer la moyenne des rendements des cultures et pour se protéger contre le risque de variabilité des rendements, risque qui se trouve accru lorsqu'aucun intrant chimique protecteur des plantes n'est appliqué. L'utilisation de pesticides joue donc aussi un rôle assurantiel et ce d'autant plus que les agriculteurs sont averses au risque. En effet, si les agriculteurs étaient insensibles (ou neutres) au risque, seule la moyenne des rendements leur importerait. Au contraire lorsqu'ils sont averses au risque, la moyenne et la variance des rendements (la variance est la statistique qui mesure la variabilité, c'est-à-dire la dispersion par rapport à la moyenne d'événements aléatoires) sont prises en considération dans leurs calculs. Plus précisément, plus le niveau d'aversion au risque est élevé, plus l'agriculteur va être sensible à la variabilité des rendements et plus le montant qu'il est prêt à payer pour éliminer le risque sera important (ce montant est connu sous le nom de « prime de risque », voir encadré 3).

Il existe de nombreux travaux en économie agricole sur la question du risque lié à la variabilité des rendements. La grande majorité de ces recherches ont montré : i) que les pesticides ont un effet sur la moyenne et sur la variance des rendements des cultures, et ii) que les agriculteurs, en moyenne, sont averses au risque et utilisent les intrants chimiques pour gérer le risque lié à la variabilité des rendements. Cependant, à l'exception de Carpentier (1995) et Pannell (2006), il existe très peu de travaux ayant mesuré l'impact de l'aversion au risque sur les *quantités* d'intrants chimiques utilisées. L'objectif de notre travail (Bontemps, Bougherara et Nauges, 2021) est d'apporter des éléments permettant de mesurer la part des pesticides utilisée par les agriculteurs pour s'assurer contre le risque de production.

Connaître la part des dépenses en pesticides utilisée dans un objectif assurantiel permet de fournir aux décideurs publics des éléments de réflexion sur les politiques incitatives à mettre en œuvre. En effet, si une part importante des dépenses est utilisée pour se couvrir contre le risque de production, alors offrir aux agriculteurs des contrats d'assurance (à bas prix) pouvant se substituer aux pesticides en tant qu'instrument de couverture de risque, pourrait entraîner une réduction de la quantité de pesticides utilisée. En revanche, si la part des dépenses en intrants utilisée pour couvrir le risque est faible, alors d'autres types d'instruments tels qu'une taxe sur les pesticides, pourraient être plus adaptés.

Le cadre conceptuel

Nous avons développé un cadre conceptuel qui décrit (i) le rôle des intrants chimiques dans la technologie de production et le risque de production, c'est-à-dire la manière dont les produits phytosanitaires jouent sur la moyenne et la variabilité des rendements des cultures, et (ii) le modèle de décision de l'agriculteur, c'est-à-dire la manière dont l'agriculteur choisit la quantité de pesticides à appliquer lorsqu'il est confronté à un risque de production tel que décrit en (i).

Nous considérons le cas simple d'un agriculteur qui utilise des produits phytosanitaires pour produire un seul type de culture. La quantité qui sera récoltée n'est pas connue *ex ante* car des événements imprévisibles peuvent survenir (événements climatiques exceptionnels ou attaques de ravageurs par exemple). Ces événements créent un risque de production, c'est-à-dire que la quantité récoltée n'est pas connue avec certitude au début de la saison (elle varie entre une quantité minimale et une quantité maximale). La variabilité du rendement de la culture peut cependant être gérée par l'agriculteur, via l'utilisation de produits phytosanitaires. On fait l'hypothèse qu'une utilisation accrue de pesticides conduit à réduire la variabilité du rendement, autrement dit plus l'agriculteur applique de pesticides, plus il diminue le risque de production. Sous ces hypothèses, un agriculteur averse au risque va donc utiliser une quantité de produits phytosanitaires supérieure à un agriculteur neutre au risque, car une partie de la quantité d'intrants chimiques utilisée va servir d'instrument assurantiel. On considère que le prix des pesticides et le prix de la culture sont connus de l'agriculteur, autrement dit notre analyse exclut tout risque associé aux prix. La technologie de production et le modèle de décision d'un agriculteur neutre au risque sont décrits dans l'encadré 1. L'objectif de ce travail est de mesurer l'augmentation de la quantité de produits phytosanitaires appliquée par l'agriculteur dans un objectif assurantiel, autrement dit de mesurer la différence entre la quantité de pesticides utilisée par un agriculteur neutre au risque (qui ne cherche pas à s'assurer contre le risque) et un agriculteur averse au risque.

Les paramètres de la technologie et les prix sont choisis de manière à être représentatifs des conditions de production des agriculteurs dans le secteur des grandes cultures en Europe de l'Ouest. Plus précisément le calibrage a été effectué à partir de l'observation des choix de

production et des prix sur la période 1993-2010 pour un échantillon de producteurs céréaliers de la Meuse. Sur la période, le prix médian du blé était de 110 € par tonne.

Le modèle de décision de l'agriculteur en situation d'incertitude est construit d'abord selon la théorie de l'utilité espérée. On considère ensuite le cadre fourni par la théorie des perspectives cumulées offrant plus de flexibilité pour décrire les comportements (voir encadrés 2 et 3). Une méthode par simulations est utilisée pour calculer les quantités optimales d'intrants en fonction de tirages aléatoires sur les chocs pouvant affecter le niveau de production.

Résultats des simulations dans le cas de la théorie de l'utilité espérée

Le tableau 1 présente les résultats de simulations sur les quantités optimales de produits phytosanitaires (mesurées en €) pour différents niveaux d'aversion au risque et sous les conditions économiques du scénario de base (ici un rapport prix des pesticides sur prix de la culture égal à 1/11). Le paramètre d'aversion au risque (r_r) varie de 0 (cas d'un agriculteur neutre au risque) à 4 (cas d'un agriculteur très averse au risque). Sur la deuxième ligne on mesure la part (en %) de la quantité optimale d'intrants utilisée dans un objectif assurantiel. La troisième ligne renseigne sur le niveau de la prime de risque, qui représente le montant que l'agriculteur est prêt à abandonner pour éliminer le risque de production (voir encadré 3).

Lorsque l'agriculteur est neutre au risque, une dépense de 264 € en pesticides maximise l'espérance de son profit. Comme il est neutre au risque, il n'utilise pas de pesticides dans un objectif assurantiel et la prime de risque est égale à 0. En revanche lorsque l'agriculteur est averse au risque, la dépense en pesticides augmente car une partie des intrants est utilisée dans un objectif de couverture contre le risque de production. Les dépenses en pesticides augmentent avec le niveau d'aversion au risque, jusqu'à 285 € lorsque le coefficient d'aversion relative pour le risque est à son plus haut niveau ($r_r = 4$). Dans ce cas, 7,4 % de la dépense en pesticides sont utilisés dans un objectif assurantiel et la prime de risque représente 71 €, soit environ 6 % du profit moyen de l'agriculteur dans le scénario considéré (1115 €).

Encadré 1 :

LA TECHNOLOGIE DE PRODUCTION ET LE PROGRAMME DE DÉCISION DE L'AGRICULTEUR NEUTRE AU RISQUE

La technologie de production est dite de la forme « Just - Pope » :
 $y = f(x) + g(x)\varepsilon$ (1)
et décrit la quantité produite, y , à partir d'un intrant, x (qui représente ici les pesticides). Le terme ε représente l'aléa, le choc aléatoire qui rend la production incertaine. La fonction $f(x)$ décrit la manière dont l'intrant affecte la production en moyenne alors que la fonction $g(x)$ décrit le rôle de l'intrant sur la variance de la quantité produite. On fait les hypothèses suivantes : $\partial f / \partial x > 0$ (la productivité marginale des pesticides est croissante) et $\partial g / \partial x < 0$ (une utilisation accrue de pesticides réduit la variance de la quantité produite). Dans un cadre simple de neutralité au risque, on suppose que l'agriculteur choisit la quantité optimale d'intrants x_0^* qui maximise l'espérance de son profit décrite dans l'équation (2), avec p , le prix unitaire de la culture et r , le prix unitaire des pesticides.

$$\max_x E(\pi) = E(py - rx) = E[p(f(x) + g(x)\varepsilon) - rx] = pf(x) - rx \quad (2)$$

La quantité optimale d'intrants est la solution de la condition de premier ordre suivante :

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{r}{p} \quad \text{ou de manière équivalente} \quad p \frac{\partial f}{\partial x} = r \quad (3)$$

Ainsi, si l'agriculteur est neutre au risque, il choisit un niveau d'intrants tel que le revenu monétaire généré par l'utilisation d'une unité supplémentaire de pesticides ($p \frac{\partial f}{\partial x}$) soit exactement égal au coût de cette unité supplémentaire, r .

Encadré 2 :

LE PROGRAMME DE DÉCISION DE L'AGRICULTEUR AVERSE AU RISQUE – THÉORIE DE L'UTILITÉ ESPÉRÉE

Ici, un agriculteur averse au risque maximise l'espérance d'utilité du profit :

$$\max_x EU(\pi) = E[U(py - rx)] = E[U(p[f(x) + g(x)\varepsilon] - rx)] \quad (4)$$

où $U(\cdot)$ représente la fonction d'utilité qui est de forme concave (pour plus de précisions sur la fonction d'utilité, voir encadré 3). La quantité optimale de pesticides choisie par l'agriculteur, x^* , est la solution de la condition de premier ordre suivante :

$$\underbrace{\frac{\partial f}{\partial x}}_{(A)} = \underbrace{\frac{p}{r}}_{(B)} \underbrace{\frac{\partial g}{\partial x}}_{(C)} \underbrace{E[U'(\pi)\varepsilon]}_{(D)} \quad (5)$$

La condition (5) contient quatre éléments : (A) la productivité marginale des pesticides en termes physiques ; (B) le rapport de prix pesticides/culture ; (C) l'effet modérateur de risque induit par l'utilisation de pesticides et (D) une mesure des préférences vis-à-vis du risque de l'agriculteur. Ce dernier terme est égal à 0 si l'agriculteur est neutre au risque.

Tableau 1. Quantité optimale de pesticides et prime de risque pour différents niveaux d'aversion au risque

	Neutralité au risque	Aversion au risque			
	$r_r = 0$	$r_r = 1$	$r_r = 2$	$r_r = 3$	$r_r = 4$
Quantité optimale d'intrants (€)	264	268	273	279	285
Part assurantielle (%)	0,0	1,5	3,3	5,4	7,4
Prime de risque (€)	0	17	34	52	71

Un coefficient d'aversion relative pour le risque de 4 est relativement élevé. On considère souvent que les agriculteurs sont modérément averse au risque avec des coefficients d'aversion relative pour le risque plutôt de l'ordre de 1 ou 2. Dans ce cas, la quantité d'intrants utilisée à des fins de gestion des risques est de 2 à 3 % et la prime de risque représente 2 à 3 % du profit moyen.

Dans le tableau 2 on considère une variation des prix relatifs. Dans le scénario de base (voir tableau 1), le prix relatif des pesticides par rapport au prix de la culture était de 1/11, correspondant à un prix du blé de 110 € par tonne. Le prix du blé a cependant beaucoup fluctué

au cours des dernières décennies, avec des pics à 300 € la tonne en 2007-2008 et en 2021. Un prix de la culture élevé va inciter les agriculteurs à augmenter le rendement moyen espéré donc à utiliser les pesticides en plus grande quantité. On présente dans le tableau 2 les résultats des simulations sous diverses hypothèses sur le rapport de prix. On considère le cas d'un ratio prix des pesticides sur prix de la culture égal à 1/13, ce qui correspond à une augmentation relative de 18 % du prix de la culture. De manière symétrique on étudie le cas d'un ratio prix égal à 1/9, qui correspond à une baisse relative du prix de la culture de 18 %.

Tableau 2. Sensibilité des quantités de pesticides aux ratios de prix et aux niveaux d'aversion au risque

Ratio prix		Neutralité au risque	Aversion au risque			
		$r_r = 0$	$r_r = 1$	$r_r = 2$	$r_r = 3$	$r_r = 4$
1/13	Pesticides (€)	335	340	346	352	359
	Assurance (%)	0	1,5	3,2	4,8	6,7
	Prime (€)	0	19	39	60	82
1/11 (scénario de base)	Pesticides (€)	264	268	273	279	285
	Assurance (%)	0	1,5	3,3	5,4	7,4
	Prime (€)	0	17	34	52	71
1/9	Pesticides (€)	198	202	206	210	215
	Assurance (%)	0	2,0	3,9	5,7	7,9
	Prime (€)	0	14	28	42	58

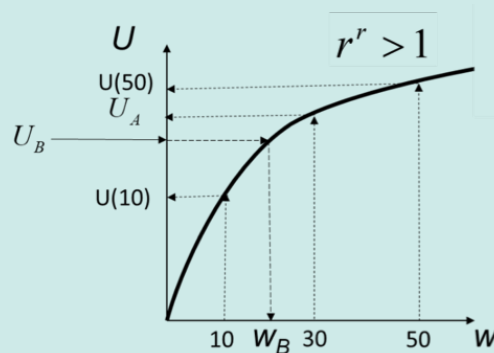
Comme attendu, lorsque le prix de la culture augmente par rapport au prix des pesticides, la quantité de pesticides utilisée augmente. Un agriculteur neutre au risque dépensera 335 € en pesticides contre 264 € (une augmentation de 27 %) si le prix de la culture augmente de 18 %. Il dépensera 198 € si le prix baisse de 18 %. En revanche, quel que soit le ratio de prix, l'impact de l'aversion au risque sur la quantité

d'intrants utilisée reste toujours du même ordre. Lorsque le prix de la culture augmente par rapport au prix des pesticides (ratio 1/13), la part des pesticides utilisée dans un objectif assurantiel varie de 1,5 % à 6,7 % pour un niveau d'aversion au risque variant de 1 à 4. Dans le cas du ratio de prix moins favorable au prix de la culture (ratio 1/9), la part des pesticides dédiée à l'assurance varie entre 2 et 7,9 %.

Encadré 3 :

LES PRÉFÉRENCES FACE AU RISQUE

Supposons avoir le choix entre recevoir 30 € (Option A) et jouer à un jeu de pile (gain de 10 €) ou face (gain de 50 €) (Option B). En moyenne, l'Option B permet de gagner 30 € (l'espérance de gain est : $\frac{1}{2} \times 10 + \frac{1}{2} \times 50$), soit un montant identique à l'Option A, qui garantit ce gain de manière certaine. Certains préféreront éviter le risque ($A \succ B$), d'autres le rechercheront ($B \succ A$), et d'autres seront indifférents ($A \sim B$). Les économistes utilisent le cadre de l'*utilité espérée* pour modéliser ces comportements. Ainsi, la forme de la fonction d'utilité va caractériser chaque agent. Prenons une fonction puissance : $U(w) = \frac{1}{(1-r^r)} w^{1-r^r}$ avec w la richesse et r^r , un paramètre propre à chaque agent (aversion relative au risque). Un individu averse au risque (voir figure) préférera $U_A = U(30)$ à $U_B = \frac{1}{2} \times U(10) + \frac{1}{2} \times U(50)$. Dans ce cas, la fonction d'utilité est concave ($r^r > 1$).



Pour un risquophile, c'est-à-dire un individu qui aime le risque, $r^r < 1$, la fonction est convexe, et pour un individu neutre au risque, elle est linéaire, $r^r = 1$. La *prime de risque* est définie comme le consentement à payer de l'individu pour éviter le risque. Pour un individu averse au risque, la prime de risque sera donc la différence entre l'espérance de gain de l'Option B (30 €) et la richesse w_B associée à l'utilité de l'Option B.

La *théorie des perspectives cumulées* (Cumulative Prospect Theory – CPT, Tversky and Kahneman, 1992) permet plus de flexibilité par rapport à la théorie de l'utilité espérée. La valeur associée à chaque niveau de richesse est représentée à présent par la fonction :

$$\begin{cases} v(w) = \frac{1}{(1-r_r^+)} (w - w_{ref})^{(1-r_r^+)} & \text{si } w \geq w_{ref} \\ v(w) = -\frac{1}{(1-r_r^-)} \lambda (-w + w_{ref})^{(1-r_r^-)} & \text{si } w < w_{ref} \end{cases}$$

Ici, les gains sont évalués de manière relative par rapport à un point de référence w_{ref} . Les gains inférieurs à ce point de référence sont considérés comme des pertes. La courbure de la fonction dépend de ce point de référence (r_r^+ dans les gains et r_r^- dans les pertes). Par ailleurs, une perte est ressentie en valeur absolue de manière bien plus forte qu'un gain de même grandeur en cas d'aversion à la perte ($\lambda > 1$). On considère également que les individus surestiment les probabilités associées aux gains élevés et sous-estiment les probabilités associées aux gains faibles grâce à la fonction

suivante dans laquelle les probabilités objectives p sont pondérées par les paramètres γ et δ :

$$\Gamma(p) = \begin{cases} \frac{p^\gamma}{\left[p^\gamma + (1-p)^\gamma \right]^{1/\gamma}} & \text{si } w \geq w_{ref} \\ \frac{p^\delta}{\left[p^\delta + (1-p)^\delta \right]^{1/\delta}} & \text{si } w < w_{ref} \end{cases}$$

Tableau 3. Quantité optimale de pesticides et prime de risque sous divers scénarios de la théorie des perspectives cumulées (CPT)

	CPT Scénario (0) (T-K, 1992)	Scénario (1) + forte distorsion de prob. dans les pertes	Scénario (2) + forte aversion au risque dans les gains	Scénario (3) (1) + (2)	Scénario (4) (3) + aversion à la perte + forte
	$rr^+ = rr^- = 0,12$	$rr^+ = rr^- = 0,12$	$rr^+ = 0,88$ $rr^- = 0,12$	$rr^+ = 0,88$ $rr^- = 0,12$	$rr^+ = 0,88$ $rr^- = 0,12$
	$\lambda = 2,25$ $\gamma = 0,61$ $\delta = 0,69$	$\lambda = 2,25$ $\gamma = 0,61$ $\delta = 0,30$	$\lambda = 2,25$ $\gamma = 0,61$ $\delta = 0,69$	$\lambda = 2,25$ $\gamma = 0,61$ $\delta = 0,30$	$\lambda = 3,50$ $\gamma = 0,61$ $\delta = 0,30$
Point de référence = 0 €					
x* (Δ, %)	272 (2,9 %)	272 (2,9 %)	281 (6,0 %)	281 (6,0 %)	281 (6,0 %)
Prime (€)	54	54	85	85	85
Point de référence = profit median (1102 €)					
x* (Δ, %)	275 (4,0 %)	275 (4,0 %)	291 (9,3 %)	320 (17,5 %)	324 (18,5 %)
Prime (€)	47	30	84	62	63

Note : Le ratio de prix est à 1/11. T-K : Tversky and Kahneman.

Résultats des simulations dans le cas de la théorie des perspectives cumulées

On se place ici dans un cadre plus général de représentation des préférences des individus, permettant de prendre en compte des phénomènes comportementaux au-delà de la « simple » mesure de l'aversion au risque (voir encadré 3). On considère deux points de références possibles, un profit nul et le profit médian. Les paramètres utilisés pour le calibrage du modèle de préférences de l'agriculteur sont issus de la littérature, notamment de l'article de Tversky and Kahneman (1992).

Dans le scénario de base (Scénario 0), la quantité optimale de pesticides augmente de 2,9 % par rapport au cas où l'agriculteur est neutre au risque, si le point de référence est fixé à 0. La distorsion de probabilité joue peu (Scénario 1) alors qu'une plus forte aversion au risque dans les gains (Scénario 2) conduit à une augmentation de 6 % de la quantité de pesticides utilisée, par rapport au cas de neutralité au risque. L'impact sur l'utilisation de pesticides est plus important lorsque le profit médian est choisi comme point de référence. Les effets les plus marqués sont observés dans les Scénarios 3 et 4 lorsque les individus sont caractérisés à la fois par une plus forte aversion au risque dans les gains et une plus grande distorsion de la probabilité de pertes. Dans ce cas, 17 à 19 % de la quantité de pesticides utilisée l'est pour des raisons assurantielles.

Conclusion

Sous des hypothèses relativement courantes sur la forme de la technologie et les fonctions d'utilité des agriculteurs, et en considérant des conditions économiques représentatives de celles rencontrées en Europe de l'Ouest, nous montrons que la part de pesticides utilisée à des fins assurantielles est de l'ordre de 2 à 3 % pour des niveaux moyens d'aversion au risque dans un cadre d'espérance d'utilité. La prime de risque représente entre 2 et 3 % du profit moyen pour un niveau d'aversion au risque moyen.

Les résultats des simulations montrent également que la quantité de pesticides utilisée répond significativement aux variations du rapport des prix pesticides/culture. Quand le prix de la culture augmente par rapport au prix de l'intrant, les agriculteurs intensifient leur utilisation de pesticides du fait de leur impact positif sur le rendement moyen. L'impact de l'aversion au risque sur les quantités optimales reste cependant sensiblement le même, quel que soit le ratio de prix.

Les résultats obtenus dans le cadre plus flexible de la théorie des perspectives cumulées mettent en évidence un impact plus marqué des préférences vis-à-vis du risque sur les quantités de pesticides utilisées, en particulier lorsque le profit médian est choisi comme point de référence, que l'agriculteur est plus averse au risque dans les gains et qu'il distord plus les probabilités de pertes.

Ces résultats conduiraient à privilégier les politiques de type taxation des pesticides plutôt que de subvention aux assurances si l'objectif est d'inciter les agriculteurs à réduire de manière significative les quantités de pesticides utilisées.

Il serait intéressant de poursuivre ce travail en se concentrant cette fois sur le risque prix, au vu de la forte variabilité des prix sur les marchés agricoles, et de vérifier la robustesse des résultats sur d'autres cultures, voire dans d'autres régions du monde.

Pour en savoir plus :

Bontemps C., Bougherara D., et Nauges C. (2021). Do risk preferences really matter? The case of pesticide use in agriculture. *Environmental Modeling and Assessment* 26(4), 609-630.

Carpentier A. (1995). *La gestion du risque phytosanitaire par les agriculteurs dans les systèmes de production intensive : une approche économétrique.* Thèse de Doctorat. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, France.

Pannell D. J. (2006). Flat earth economics: The far-reaching consequences of flat payoff functions in economic decision making. *Review of Agricultural Economics* 28(4), 553-566.

Tversky A. et Kahneman D. (1992). Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty* 5(4), 297-323.