

« Quel équilibre entre protection *ex ante* et compensations *ex post* dans la réforme de l'assurance agro-climatique ? »

Auteurs

Anne Rozan et Sandrine Spaeter

Document de Travail n° 2022 – 30

Octobre 2022

Bureau d'Économie
Théorique et Appliquée
BETA

www.beta-economics.fr

[@beta_economics](https://twitter.com/beta_economics)

Contact :
jaoulgrammare@beta-cnrs.unistra.fr

Quel équilibre entre protection *ex ante* et compensations *ex post* dans la réforme de l'assurance agro-climatique ? *

Anne Rozan[†] et Sandrine Spaeter[‡]

Octobre 2022

Abstract

L'Etat français et les assureurs privés proposent de réformer en profondeur le système de couverture des risques agro-climatiques des exploitants agricoles. Dans cet article, nous nous intéressons à l'articulation entre protection et assurance à l'aulne de cette réforme adoptée le 2 mars 2022 et dont les décrets sont attendus en 2023. A l'aide d'un modèle simple de décision dans le risque, nous déterminons les conditions sous lesquelles protection et assurance décidées par l'exploitant sont substituables ou complémentaires selon que l'effort de protection reste une information privée de l'exploitant, ou qu'il est pris en compte soit par l'assureur soit par l'Etat. Contrairement à l'intuition première, nous montrons qu'un niveau élevé de subvention de la prime d'assurance visant à inciter l'exploitant à s'assurer diminue, dans le même temps, ses incitations à investir en techniques de protection de ses cultures alors même que l'assureur en tient compte. Il est toutefois possible de définir un taux de subvention tel que, lorsque l'Etat décide de le faire dépendre des niveaux de protection de l'exploitant, assurance et protection deviennent complémentaires. La question du partage du financement de la protection entre assureurs privés et Etat, ainsi que celle de la modulation de la subvention en fonction de l'efficacité des technologies de protection disponibles par culture sont discutées.

Mots-clé: risques agro-climatiques, assurance privée, fonds public, réforme, incitations.

Classification JEL: G52, O13, Q54.

***Remerciements** Nous remercions Christophe Delcamp (Directeur des Assurances de Dommages et de Responsabilité, France Assureurs), Bruno Lepoivre (Directeur adjoint Marchés agriculture et professionnels, Crédit Agricole) et Nicolas Riff (Coordinateur Assurance, Groupama Grand Est) pour les discussions que nous avons pu avoir avec eux sur le sujet.

[†] ENGEES, GESTE UMR MA 8101. Adresse postale : ENGEES, 1 Quai Koch, 67070 Strasbourg. E-mail: anne.rozan@engees.unistra.fr

[‡] BETA, UMR 7522 CNRS, Université de Strasbourg. Adresse postale : BETA, 67, avenue de la Forêt-Noire, 67085 Strasbourg Cedex. E-mail: spaeter@unistra.fr

1 Introduction

L'épisode de gel tardif d'avril 2021 est considéré comme la plus grande catastrophe agro-climatique du 21e siècle ([Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021b](#)). En touchant de nombreux agriculteurs sur l'ensemble du territoire français, cet événement a renforcé la volonté de l'Etat et des assureurs privés de réformer le système de couverture des risques agro-climatiques. D'une part, ce système est considéré comme discriminant, car il ne donne pas accès aux mêmes garanties pour un même événement climatique selon les types de cultures touchées. Alors que les grandes cultures ne peuvent bénéficier que d'une couverture privée, les prairies, l'horticulture et l'arboriculture bénéficient du fonds public des calamités agricoles. D'autre part, le recours à l'assurance via l'achat d'un contrat Multi risque climatique (MRC dans la suite de l'article) est très peu développé malgré le subventionnement des primes par l'Etat. En 2020, seules 18% des exploitations agricoles avaient souscrit une MRC, avec une grande hétérogénéité de la demande (3% en arboriculture, 31% en grandes cultures par exemple), alors que le taux de subventionnement des primes peut aller jusqu'à 65%. Ainsi, la valeur que les agriculteurs accordent *ex ante* à l'assurance des risques agro-climatiques semble faible au regard du lissage des revenus dans le temps qu'elle procure ([Boucher et al., 2019](#); [Folus et al., 2020](#)).

Plusieurs raisons expliquent la nécessité de la réforme du système actuel. Tout d'abord, le système privé/public articulé autour du fonds des calamités agricoles pour certaines cultures et de l'assurance privée pour d'autres cultures est jugé complexe et fondé sur des considérations juridiques et techniques plutôt que sur la réalité des pertes des agriculteurs. Les franchises appliquées sont perçues, par ailleurs, comme élevées par les exploitants.

Du point de vue du modèle économique retenu, les ratios sinistres à primes (S/C) enregistrées ces dernières années confirment la pertinence de repenser en profondeur ce système. A titre d'illustration, notons les 447% de S/C en 2018 et 149% en 2019 pour les prairies, ou les 136% enregistrés en moyenne sur l'ensemble des grandes cultures en 2019 ([Caisse Centrale de Réassurance, 2020](#)). L'objectif de la réforme du système de gestion des risques agro-climatiques est à la fois d'amener un plus grand nombre d'exploitants agricoles à s'assurer sur le marché privé, et d'améliorer l'aide publique qui a vocation à compléter l'assurance privée en cas de catastrophes exceptionnelles. L'Etat reste assureur en dernier ressort, mais conditionne son aide à l'achat de contrats MRC privés. Par ailleurs, la réforme permettra également d'adapter le système de couverture français au règlement européen Omnibus ([Omnibus, 2017, 2021](#)). Ainsi, selon le rapport [Descrozaille \(2021\)](#), l'objectif cible de la réforme pour 2030 devrait être fixée à un taux de diffusion de l'assurance de 60% pour la viticulture, les grandes cultures et les légumes d'industrie, et de 30% pour l'arboriculture et les prairies.

Dans cet article, nous souhaitons mettre en avant les avantages du nouveau système proposé par le projet de loi, mais également les points d'amélioration qui devraient être pris en compte. En particulier, nous nous intéressons à l'articulation entre assurance et protection. Ces deux activités peuvent tour à tour être complémentaires ou substituables selon le niveau de prise en compte des investissements en protection de l'exploitant par les acteurs, privés (les assureurs) et/ou public (l'Etat), qui le compenseront.

Nous discutons ainsi de la disponibilité des données d'investissement privé, de l'impact du subventionnement des primes d'assurances et de celui des coûts de gestion des assureurs privés. Afin de répondre à ces différentes questions, nous développons un modèle simple de décision dans lequel l'exploitant arbitre entre investissement en protection et demande d'assurance privée. Plus précisément, l'exploitant peut s'adresser à un assureur privé afin de contracter une assurance agro-climatique. L'état subventionne la prime d'assurance payée à hauteur d'un certain pourcentage à déterminer dans le modèle. Le premier résultat connu de la théorie de l'assurance que nous obtenons est celui de la substitution systématique entre demande d'assurance et investissement en protection lorsque ce dernier est une information privée de l'exploitant. Ce résultat intuitif s'explique facilement. La conclusion que nous obtenons en supposant ensuite que l'assureur tient compte des investissements en protection de l'exploitant lorsqu'il fixe sa prime d'assurance est, au contraire, surprenant de prime abord : une subvention élevée de la prime d'assurance, qui prend en compte les investissements en protection, réduit ces mêmes incitations. Il est alors impossible que demande d'assurance et protection soient complémentaires l'un l'autre. En nous focalisant ensuite sur une prise en compte directe des investissements en protection par l'Etat lorsqu'il fixe le taux de subvention, nous obtenons des conditions qui peuvent aboutir à la complémentarité des deux activités de gestion des risques. En revanche, dans le modèle ainsi proposé, c'est l'Etat qui finance la réduction du risque agro-climatique et l'assureur privé qui en tire les bénéfices : la prime d'assurance ne dépend pas des investissements en protection, donc ne varie pas à la baisse, tandis que les risques en portefeuille diminuent. Nous discutons ainsi de la coopération nécessaire entre acteurs privés (les assureurs) et acteur public (le gouvernement) dans la mise en oeuvre de la réforme et la rédaction des prochains décrets.

Dans une section dédiée à la discussion de nos résultats et à leur implication en matière d'aide à la décision, nous reprenons plusieurs points importants. En particulier, nous revenons sur la nécessaire prise en compte des investissements en protection consentis par l'exploitant à la fois par l'Etat et par les assureurs privés. Nous mettons en avant le fait que ces conditionnements doivent être différenciés selon le type de culture considérée et selon l'efficacité de la technologie de protection concernée. La question de l'arbitrage entre simplicité, voulue pour la réforme, et sophistication minimale souhaitée du système d'aides est également évoquée. Le niveau de la subvention est encore discuté au regard notamment des premiers décrets parus au moment de la finalisation de la rédaction de cet article (octobre 2022). Enfin, nous précisons dans la discussion le fait que le type de protection que nous considérons dans cet article est différent de la protection au long cours que constitue l'adaptation des cultures au changement climatique tel que préconisé dans l'avis rendu par la [Commission de l'économie du développement durable \(2022\)](#). Les deux types d'investissement ne s'opposent pas, au contraire.

La suite de l'article est organisée en trois parties. Dans la deuxième section, nous comparons l'ancien et le nouveau système de l'assurance agro-climatique. La troisième section explore les liens entre décision de protection et décision d'assurance à travers un modèle théorique de décision. Enfin, la quatrième et dernière section discute des résultats et propose des pistes d'évolution de la réforme.

2 D'un système de couverture à deux vitesses à un nouveau programme universel et incitatif ?

Le système actuel de gestion des risques agro-climatiques est jugé complexe et peu efficace dans la mesure où peu d'exploitants s'assurent sur le marché privé. Nous rappelons brièvement son fonctionnement dans la sous-section 2.1. Dans la sous-section 2.2, nous présentons la réforme telle qu'elle est décrite dans la loi promulguée le 2 mars 2022.¹ Nous comparons ses points forts avec le système actuellement en vigueur.

2.1 Un système de couverture actuel à deux entrées

Nous proposons d'identifier ici les principaux points du système actuel qui ont fait débat et qui ont mené à la réforme. Le lecteur pourra trouver une présentation plus complète des spécificités de ce régime dans [Koenig et al. \(2022\)](#).

Le système de gestion des risques agro-climatiques tel qu'il est connu et appliqué aujourd'hui repose sur une matrice à double entrée : l'entrée par le type de cultures - celles qui sont considérées comme assurables et celles jugées inassurables, ainsi que l'entrée par le niveau des pertes - importantes ou exceptionnelles au point de faire intervenir l'Etat en qualité d'assureur en dernier ressort. L'exploitant agricole peut ainsi acheter à un assureur privé une multi-risque climatique (MRC) pour couvrir les pertes subies sur ses cultures assurables. Ce premier niveau, dit premier socle, est subventionnable par l'Etat à 65% et indemnise sur la base du coût de production. L'exploitant a la possibilité de compléter ce premier niveau par une couverture complémentaire, toujours privée, subventionnable à 45% et basée sur le prix de vente du produit agricole assuré. Un troisième niveau enfin, non subventionnable, permet à l'exploitant d'affiner encore la couverture de ses risques agro-climatiques, les garanties proposées à ce stade étant personnalisables. Outre l'augmentation du prix garanti, ces deux derniers niveaux permettent notamment le rachat de franchises ainsi que l'abaissement des seuils de déclenchement de la prise en charge des pertes.

Lorsqu'une culture est considérée comme non (ou difficilement) assurable par l'Etat, comme les prairies, l'arboriculture ou l'horticulture, seul le 1er socle est actuellement accessible sur le marché privé et donc la subvention à 65%. Toute garantie complémentaire qui pourrait être proposée par un assureur et achetée par un exploitant le serait par ce dernier au taux plein.² En cas d'événement climatique considéré comme exceptionnel, faisant l'objet d'un arrêté préfectoral, et seulement pour ces cultures dites difficilement assurables, le régime de calamités agricoles créé en 2005 intervient et complète ainsi la faible assurance privée.³

¹LOI n° 2022-298 du 2 mars 2022 d'orientation relative à une meilleure diffusion de l'assurance récolte en agriculture et portant réforme des outils de gestion des risques climatiques en agriculture

²Nous renvoyons le lecteur intéressé au document support du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation pour la campagne 2021 d'assurance agro-climatique ([Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021a](#)). Il propose des illustrations chiffrées de l'articulation des trois niveaux de garanties selon les types de cultures considérés.

³Des exceptions existent dans la mesure où ce fonds a été mobilisé suite à l'événement de gel tardif d'avril 2021 pour l'indemnisation des pertes viticoles, alors que la viticulture n'est plus éligible depuis 2010 au fonds de calamités agricoles car considérée comme assurable par le gouvernement. La question se pose également au moment où nous écrivons cet article pour les grandes cultures dévastées par les orages de ce mois de mai 2022.

Finalement, le système de couverture du risque agro-climatique est discriminant et considéré comme tel: les possibilités de rachat de franchises et de seuil ne s'appliquent pas à toutes les cultures, les deux niveaux de couverture privée subventionnable disponibles pour les cultures dites assurables ne le sont pas pour les autres. De plus, ces autres cultures bénéficient d'un fonds public, celui des calamités agricoles, partiellement alimenté par des taxes payées par l'ensemble des exploitants agricoles. Enfin, les délais de prise en charge des dossiers de déclaration de sinistres et de paiement des indemnités diffèrent également selon que le risque sur la culture relève de l'assurable ou du non assurable.

2.2 Le nouveau régime : vers un programme d'assurance efficace et équitable

Le nouveau programme de couverture des risques agro-climatiques adopté le 2 mars 2022 n'a qu'une entrée, celle du montant des pertes lié à l'intensité de l'événement climatique qui les a générées. Trois niveaux sont définis :

- un premier niveau de pertes rattaché à un aléa courant, donc non exceptionnel, qui doit être pris en charge par l'exploitant lui-même grâce à de l'auto-assurance.
- un deuxième niveau de pertes, dû à un aléa significatif, qui est assez important pour justifier l'intervention de l'assurance privée, mais pas exceptionnel au point de faire également intervenir l'Etat.
- Un troisième niveau de pertes lié à un aléa exceptionnel tel qu'un fonds de solidarité national préalablement alimenté soit mobilisé pour compléter l'assurance privée.

Ces trois niveaux de prise en charge sont bien connus dans le domaine de la gestion des risques majeurs. Leur existence et l'ordre dans lequel ils apparaissent sont directement liés à leurs coûts de transaction et coûts d'opportunité respectifs.⁴ Ainsi, l'auto-assurance pour les premières pertes est, en général, jugée abordable pour les entreprises. Elle peut consister à provisionner. Le coût d'immobilisation du capital financier peut être limité si la fiscalité sur ce provisionnement de précaution est adapté.⁵ L'auto-assurance peut également consister à investir dans des mesures de protection afin de limiter les pertes sur les récoltes en cas d'événement agro-climatiques. Dans le nouveau régime, c'est ce type d'auto-assurance qui est le plus souvent rattaché au premier niveau de pertes.

Lorsque l'événement climatique est à l'origine de pertes de récoltes importantes au point de ne pas être qualifié de simple caprice de la météo, l'intervention du marché de l'assurance privée est requise. Tout comme dans le régime actuel, la réforme maintient le principe de primes d'assurance subventionnées par l'Etat. Sur ce deuxième niveau de pertes, les assureurs ont vocation à mutualiser les risques au sein de leur portefeuille afin d'être en mesure de proposer une couverture adaptée aux risques souscrits et aux primes collectées. Ce principe fonctionne bien lorsque les risques en portefeuille ne sont pas fortement corrélés entre eux et ne portent pas sur des montants potentiellement catastrophiques, le premier point induisant souvent le second. Cette description correspond bien au 2ème niveau de pertes

⁴Mahul and Wright (2004) les examinent dans le cadre de la couverture des risques de catastrophes naturelles. Spaeter (2021) examine le système de gestion des risques à trois étages dans le contexte des pertes d'exploitation des entreprises suite à la pandémie de la COVID-19.

⁵Ce n'est pas le cas en France. A l'heure actuelle, il n'existe pas de fiscalité "risques majeurs". Toutefois, le gouvernement travaille le sujet pour le provisionnement de précaution lié aux risques de pertes d'exploitation des (grandes) entreprises dans le cadre d'une pandémie (Carrère, 2020). Cette réflexion pourrait également être menée dans le cadre de la gestion des risques agro-climatiques et du changement climatique.

considéré par la réforme. Au-delà, l'Etat envisage de compléter la couverture en qualité d'assureur en dernier ressort, comme il le fait déjà dans le cadre du régime des catastrophes naturelles (cat nat) en France. Notons toutefois que le mécanisme prévu pour les risques agro-climatiques diffère de celui des cat nat. En effet, les fonds libérés en cas de catastrophe naturelle actée par un décret sont financés *ex ante* par une cotisation proportionnelle appliquée à tout contrat privé multi-risque habitation ou contrat d'assurance d'un véhicule. C'est donc l'assuré qui s'acquitte directement de cette cotisation, tandis que le financement du fonds dans le cadre des risques agro-climatiques sera directement intégré dans le budget de l'Etat. Il s'agit bien de mettre en place un fonds de solidarité nationale (FSN) et non un étage supplémentaire d'assurance au sens classique où on l'entend.

Toutes les cultures auront accès au nouveau fonds de solidarité nationale. En revanche, le seuil de pertes qui déclenchera une indemnisation par le fonds jouera le rôle d'une franchise assurantielle, et différera selon la culture : il sera de 30% des pertes pour la prairie, l'arboriculture et l'horticulture et de 50% pour les grandes cultures et la viticulture. Le rachat de franchise se fera ainsi entre 0 et 30% pour les cultures considérées comme difficilement assurables et entre 0 et 50% pour les autres cultures. En considérant ainsi des franchises différentes, la différenciation non assurable/assurable perdure quelque peu. Cette différenciation est encore accentuée par la différence dans les pourcentages de prise en charge du FSN selon qu'un assureur privé intervient au préalable ou pas.

Dans le cas où l'exploitant agricole a contracté une assurance privée au préalable, le fonds national de solidarité interviendra pour les pertes au-delà du seuil de déclenchement à hauteur de 90%. Dans le cas contraire, c'est-à-dire si l'exploitant agricole décide de ne pas souscrire d'assurance privée et de s'en remettre exclusivement au FSN, il ne se verra indemnisé qu'à hauteur de 45% au lieu de 90% des pertes.

Il s'agit ici d'une innovation majeure du nouveau régime de couverture : le conditionnement du niveau de prise en charge par le fonds de solidarité nationale à l'achat préalable, ou non, d'assurance privée. Le gouvernement n'a, certes, pas retenu la proposition faite par les assureurs de rendre l'assurance agro-climatique obligatoire, ce qui aurait augmenté au maximum le nombre d'assurés et optimisé le principe de mutualisation. Mais il crée une incitation forte à contracter une assurance privée en limitant l'accès au FSN si l'exploitant choisit de ne pas s'assurer. Par ailleurs, cette incitation vaut également pour les cultures dites difficilement assurables dans la mesure où la couverture par le fonds à 45% au lieu de 90% en cas d'assurance privée s'applique à toutes les cultures quelles qu'elles soient.

Finalement, l'exploitant qui choisit de ne pas souscrire d'assurance privée économise ainsi la prime d'assurance dans les deux états de la nature *ex ante*, mais est moins bien couvert *ex post* en cas d'événement climatique extrême. Si l'on retient l'hypothèse réaliste selon laquelle l'exploitant est risco-phobe et préfère un revenu le plus stable possible dans le temps, il est assez immédiat de conclure que le nouveau régime incitera cet exploitant à souscrire une assurance privée dès lors que le prix unitaire de cette assurance privée reste raisonnable. Il faudra également que le conditionnement *ex post* du niveau de prise en charge par le FSN à l'existence d'un contrat d'assurance privée soit crédible. En effet, si l'exploitant considère l'Etat comme le bon samaritain (en référence au syndrome du bon samaritain),

il anticipera son intervention quel que soit son niveau d'assurance privée. L'enjeu réside dans les croyances des exploitants agricoles et la crédibilité de l'Etat à appliquer cette différenciation assuré/non assuré en cas d'événement climatique majeur. Ce point est repris dans la discussion proposée en conclusion de cet article. Dans la section qui suit, nous modélisons l'autre enjeu de ce nouveau régime, à savoir les arbitrages à anticiper entre investissements en protection et achat d'assurance privée par les exploitants. Ce point est peu ou prou pris en compte dans la réforme malgré son importance : pour qu'un risque majeur devienne ou reste assurable, il faut au préalable que toutes les actions de protection et/ou de prévention mobilisables à un coût raisonnable aient été entreprises.

3 Comment rendre complémentaires demande d'assurance et investissement en protection ?

Considérons un exploitant agricole qui, pour gérer le risque agro-climatique sur son exploitation, peut recourir à des dépenses en protection ainsi qu'à de l'achat d'assurance auprès d'un assureur privé. L'Etat intervient dans le dispositif en subventionnant la prime d'assurance si l'exploitant décide de s'assurer. Nous ne faisons pas intervenir de fonds de solidarité dans ce modèle. Pour le simplifier encore, nous supposons que l'exploitant est neutre au risque, ce qui n'enlève rien à la pertinence des résultats obtenus.⁶ Il cherche ainsi à maximiser le revenu attendu de son activité agricole. L'exploitant peut investir un montant e dans des mesures de protection de ses récoltes, avec $e \in [0, \bar{e}]$, le montant maximum \bar{e} choisi de manière à ce qu'on n'ait pas de contrainte de ressources pour financer la protection et l'assurance. Les mesures de protection permettent de diminuer le montant des dommages en cas d'événement agro-climatique. Ses ressources financières après récolte et lorsqu'aucun événement climatique ne vient l'affecter se notent $K - e$, K étant le capital financier initial, valeur comprise des récoltes attendues. Si un événement agro-climatique survient, les ressources financières sont diminuées d'un montant de perte $L(e)$, avec $L'(e) < 0$ et $L''(e) > 0$. Dans la suite, nous utiliserons la notation $L = L(0)$, qui correspond au montant maximal de pertes. Cette dérivée première négative indique que tout accroissement de la protection diminue la sévérité des pertes en cas d'événement. La dérivée seconde positive indique que cette diminution se fait à un taux décroissant reflétant ainsi le fait que l'investissement devient de plus en plus coûteux pour un même niveau d'efficacité au fur et à mesure qu'il augmente. Le niveau de protection e n'affecte pas, toutefois, la probabilité de réalisation de l'événement climatique, que nous notons π , avec $0 < \pi < 1$.⁷

Supposons également qu'un marché privé de l'assurance existe et que l'exploitant peut, moyennant le paiement d'une prime P , obtenir une compensation proportionnelle de ses pertes en cas d'événement agro-climatique dont le pourcentage est noté α : si l'exploitant agricole choisit un taux $\alpha = 1$, il opte pour une couverture complète de ses pertes. Si $\alpha = 0$, il aura décidé de ne pas s'assurer. Pour tous les autres cas intermédiaires $0 < \alpha < 1$, le risque est partagé entre l'assureur, qui prend à sa charge la proportion $\alpha.L$ des pertes, et l'exploitant qui retient la proportion résiduelle $(1 - \alpha).L$. Pour

⁶Lorsqu'ils peuvent différer avec un agent risco-phobe, nous le mentionnons et expliquons pourquoi.

⁷Nous étudions bien la protection, qui affecte la gravité, et non la prévention, qui impacte la probabilité d'occurrence.

rester le plus proche de la réforme, nous devrions travailler avec un contrat de franchise. Néanmoins, l'exploitant agricole considéré étant neutre au risque, sa richesse attendue est linéaire dans le niveau e de ses investissements en protection. Dans le cas que nous traitons plus loin où ni l'assureur ni l'Etat ne prennent en compte ces dépenses et parce que le risque agro-climatique considéré est binomial, le résultat serait trivial avec une franchise : l'exploitant n'a jamais intérêt à investir en protection car il n'en tire aucun bénéfice (Eeckhoudt et al., 2005; Eeckhoudt and Spaeter, 2013). Avec une franchise, le risque est en effet écarté de son revenu net dans la mesure où il connaît à l'avance le montant de sa perte après assurance peu importe le niveau des pertes agricoles $L(e)$. Seule la franchise restera à sa charge. En considérant un contrat d'assurance proportionnelle, nous rendons le revenu attendu non linéaire dans e dans la mesure où $L(e)$ n'est pas linéaire dans e . Notons tout de même que la réforme envisage également une part de proportionnalité dans le nouveau régime puisque le fonds national de solidarité, que nous ne considérons pas dans cette partie modélisée, n'interviendra au maximum qu'à hauteur de 90% des pertes non couvertes par l'assurance privée.

Si l'assureur concerné supporte des coûts de transaction qui correspondent à un pourcentage λ de l'indemnisation et en supposant qu'il a une capacité de diversification des risques de son portefeuille qui l'amène à se comporter comme un assureur neutre au risque, la prime d'assurance demandée s'écrit :

$$P = (1 + \lambda) \cdot \pi \cdot \alpha \cdot L \tag{1}$$

Enfin, l'Etat subventionne la prime d'assurance privée à hauteur d'un pourcentage τ . Ainsi, l'exploitant ne paie que la proportion $(1 - \tau)$ de P à l'assureur s'il décide de s'assurer.

Finalement, l'exploitant agricole doit choisir le niveau de ses investissements en protection ainsi que le niveau d'assurance privée à acheter pour maximiser le revenu attendu de son activité. Dans ce qui suit, nous considérons les trois cas suivants :

- Ni l'assureur ni l'Etat ne sont en mesure de tenir compte des investissements en protection de l'exploitant dans la prime d'assurance ou le taux de subventionnement de la prime.
- L'assureur a accès aux informations sur e et les utilise pour fixer le montant de prime.
- L'Etat a accès aux informations sur e et les utilise pour fixer le pourcentage de subvention de la prime d'assurance privée.

3.1 Quand l'information sur les investissements en protection reste privée

Ce premier cas très simple suppose que les investissements en protection ne sont pas subventionnés puisque non observés par l'Etat. Ils ne sont pas non plus pris en compte par l'assureur dans le calcul de la prime ; le niveau de pertes considéré dans le calcul de P est constant et fixé de manière arbitraire au montant maximal possible de L (autrement dit celui que l'on obtient si aucune protection n'est effectuée). Tout le coût de la protection est supporté par l'exploitant. Ce premier cas nous permet d'isoler la relation entre protection et assurance lorsque ni les acteurs privés ni l'acteur public ne prennent en compte l'impact de la protection sur le risque à couvrir.

Le revenu attendu par l'exploitant dans cette situation s'écrit (avec E l'opérateur 'espérance mathématique' et W sa richesse nette aléatoire)

$$EW = K - (1 - \tau).P - e - \pi.(1 - \alpha).L(e), \quad (2)$$

avec P défini par (1). Il est égal à son capital de départ moins la prime d'assurance subventionnée moins son investissement en protection et moins le reste à charge attendu en cas d'événement agro-climatique. L'exploitant connaissant son propre investissement e , il le prend en compte lorsqu'il calcule sa perte potentielle brute d'assurance $L(e)$.

Il doit ainsi déterminer les niveaux optimaux de protection e^* et d'assurance α^* qui maximisent son revenu moyen donné par (2). Formellement, nous devons considérer deux conditions de premier ordre.

S'agissant d'abord du niveau optimal d'assurance, notons que le revenu moyen (2) est linéaire dans α . Ceci est dû à la neutralité au risque supposée de l'exploitant. Nous avons ainsi trois types de solution. Soit l'exploitant ne s'assure pas ($\alpha^* = 0$), soit il s'assure complètement ($\alpha^* = 1$), ou encore il est indifférent entre tout niveau d'assurance entre 0% et 100%. Nous nous intéressons aux cas dans lesquels il décide de s'assurer. Formellement, $\alpha^* > 0$ si et seulement si :

$$\begin{aligned} \frac{\partial EW}{\partial \alpha} &\geq 0 \\ -(1 - \tau).\pi.(1 + \lambda).L + \pi.L(e^*) &\geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Cette condition est constante en α . Ainsi, l'assurance complète, $\alpha^* = 1$, est une solution parmi d'autres possibles lorsque la condition (3) est satisfaite en égalité, tandis qu'elle est le seul optimum si c'est l'inégalité stricte qui prévaut.

Par construction, nous avons $L \geq L(e^*)$ quel que soit e^* . Nous avons également $L'(e) < 0$. La condition (3) est alors satisfaite si

$$\tau \geq 1 - \frac{L(\bar{e})}{L} \cdot \frac{1}{(1 + \lambda)}, \quad (4)$$

Cette condition, suffisante mais non nécessaire, illustre le fait que le taux de subvention τ doit être suffisamment élevé pour compenser les coûts de gestion ainsi que la non prise en compte par l'assureur des efforts de protection de l'exploitant. Dans la mesure où ce dernier est neutre au risque, il n'acceptera aucune surprime pour s'assurer.⁸

Dans ce qui suit, nous supposons que la condition (4) est satisfaite et ainsi que le niveau d'assurance choisi α^* est strictement positif. En particulier, l'assurance complète $\alpha^* = 1$ est toujours un optimum. Attardons-nous maintenant sur le niveau des investissements en protection que l'exploitant choisit.

⁸Cette contrainte sur τ serait moins forte si l'exploitant était riscofobe. Il accepterait alors de payer une surprime (couvrant les frais de gestion par exemple) pour lisser ses revenus.

Formellement, nous le notons e^* et il est solution de la condition de premier ordre suivante⁹ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial EW}{\partial e}(e^*) &= 0 \\ -\pi.(1 - \alpha^*).L'(e^*) &= 1 \end{aligned} \tag{5}$$

La condition (5) est une condition classique d'égalisation du bénéfice marginal de l'investissement avec son coût marginal. En d'autres termes, le niveau optimal e^* est strictement positif si ce que coûte la dernière unité investie (le dernier euro ici dans le terme de droite de la condition) est égal à ce qu'elle rapporte en termes de diminution de la perte attendue en cas d'événement agro-climatique (terme de gauche).

Le fait que les conditions suffisantes soient satisfaites garantit que toutes les autres unités rapportent plus que ce qu'elles ne coûtent et ont donc intérêt à être investies.

Il est donc possible que l'exploitant investisse en protection même si son activité n'est valorisée ni par l'assureur ni par l'Etat. En revanche, il arbitrera entre protection et assurance privée. Ces résultats sont détaillés dans la proposition 3.1 qui suit.

Proposition 3.1 *Supposons que les investissements en protection effectués par l'exploitant sont une information privée.*

(i) *Si la technologie de protection des cultures est suffisamment efficace pour réduire la sévérité des dommages en cas d'événement agro-climatique, l'exploitant agricole choisira d'investir en protection même si ni l'assureur ni l'Etat ne valorisent cette activité.*

Formellement, on a : $e^ > 0$ ssi $-\pi.(1 - \alpha^*).L'(e^*) - 1 \geq 0$.*

(ii) *En revanche, il arbitrera toujours entre protection et assurance privée, qui sont ainsi des substituts : $\frac{d\alpha^*}{de^*} < 0$.*

Démonstration. Cf. Appendice.

L'enseignement à retenir de ce résultat connu de substitution entre protection et assurance lorsque l'information sur la protection reste privée (Ehrlich and Becker, 1972) est que l'assureur privé ou l'Etat doit prendre cette information en compte. En effet, l'objectif de la réforme est d'amener les exploitants agricoles à augmenter leur demande d'assurance tout en investissant dans des mesures de protection de leurs cultures. La proposition nous dit que ce n'est pas envisageable si l'exploitant ne peut pas valoriser ses investissements lors de son interaction avec l'assureur privé ou avec l'Etat.

3.2 Impact d'une prime incitative

Considérons ainsi le cas où l'assureur privé a accès à l'information sur le niveau e des investissements en protection décidés par l'exploitant. Dans ce cas, la prime d'assurance devient :

⁹Les conditions du second ordre sont également satisfaites sous l'hypothèse faite de $L''(e) > 0$.

$$P(e) = (1 + \lambda) \cdot \pi \cdot \alpha \cdot L(e) \quad (6)$$

Le revenu attendu par l'exploitant dans cette situation s'écrit alors

$$EW = K - (1 - \tau) \cdot P(e) - e - \pi \cdot (1 - \alpha) \cdot L(e), \quad (7)$$

avec P défini par (6). La condition qui garantit un niveau strictement positif d'assurance ((4) dans la sous-section précédente) devient maintenant :

$$\tau \geq 1 - \frac{1}{(1 + \lambda)} \quad (8)$$

Elle est, ici, nécessaire et suffisante. La proposition qui suit résume les résultats obtenus lorsque l'exploitant cherche à maximiser le revenu attendu donné par (7).

Proposition 3.2 *Supposons que l'assureur observe e et en tient compte dans le calcul de la prime d'assurance.*

(i) *Il existe un taux de subvention $\hat{\tau}$ à ne pas dépasser pour que l'exploitant juge utile d'investir en protection. Formellement, on a $e^* > 0$ ssi $\tau \leq \hat{\tau}(e^*)$ avec $\hat{\tau}(e^*) = 1 - \frac{1}{(1 + \lambda) \cdot \pi \cdot |L'(e^*)|}$.*

Ce seuil est négatif si la technologie de protection est peu efficace ($|L'(e^)|$ faible) et aboutit alors à l'absence de subvention de la prime d'assurance. Si ce seuil est positif au contraire, alors le taux de subvention admissible est d'autant plus élevé que les coûts de gestion de l'assureur sont élevés.*

(ii) *Dans le cas où l'exploitant choisit d'investir en protection et de s'assurer, assurance privée et protection sont toujours substituables : $\frac{d\alpha^*}{de^*} < 0$.*

Démonstration. Cf. Appendice.

Le premier enseignement de la proposition 3.2 est que trop de subvention de l'assurance privée tue l'incitation à se protéger *ex ante*. Ce résultat est dû à deux effets qui se combinent. Premièrement, si la prime est fortement subventionnée, le bénéfice sur la réduction de prime consentie par l'assureur à un exploitant ayant investi en protection n'est pas capté à 100% par cet exploitant puisqu'il ne paie que $(1 - \tau)\%$ de la prime. Si τ est élevé, les incitations à annoncer à l'assureur des investissements élevés en protection diminuent. Il s'agit là du point (i) de la proposition 3.2. A cet effet se rajoute un second effet, énoncé par le point (ii) de la proposition. Si le taux de subvention est élevé, l'exploitant arbitre entre les deux activités de réduction de la gravité du dommage : il comparera le bénéfice marginal de l'assurance privée à celui de la protection et allouera son budget "gestion des risques" à l'activité la plus rentable en relatif. Or les deux bénéfices marginaux ne sont pas affectés de la même manière par le taux de subvention.

Le second enseignement du point (i) semble surprenant de prime abord. Si la technologie de protection n'est pas efficace, l'Etat ne doit pas inciter à acheter de l'assurance en subventionnant la prime. Cette interprétation n'est pas tout à fait correcte, en fait, car décontextualisée. En effet, dans

le point (i) nous étudions les incitations à investir en protection, non directement en assurance. Ainsi, la proposition nous dit simplement qu'il est inutile de mobiliser des fonds publics pour que l'exploitant soit incité, via une diminution de ses charges, à investir en protection notamment lorsque la technologie n'est pas efficace : certaines cultures, comme les prairies par exemple, peuvent être difficiles à protéger. Ce résultat ne remet pas en cause l'intérêt de l'assurance, au contraire. Le point (ii) nous dit que si l'exploitant diminue son montant de protection, il reportera ses dépenses sur l'assurance.

Le troisième enseignement nous amène à conclure que la politique fiscale de l'Etat dans ce contexte est complexe à mener. Elle requiert en effet que l'Etat, à défaut d'observer directement les investissements en protection de l'exploitant, doit être capable de les estimer pour pouvoir calibrer le bon taux de subvention. La proposition nous dit en effet que le seuil de subvention à ne pas dépasser dépend de la stratégie de l'exploitant : $\hat{\tau} \equiv \hat{\tau}(e^*)$.

Dans la proposition qui suit, nous explicitons les solutions en fonction du niveau de τ .

Proposition 3.3 *Lorsque l'assureur tient compte des investissements en protection de l'exploitant, le taux de subvention minimum qui amène l'exploitant à s'assurer est $\tau = 1 - \frac{1}{(1+\lambda)}$.*

Par ailleurs, les choix privés de l'exploitant sont $(\alpha^ = 1, e^* > 0)$ si $\pi \cdot |L'(e^*)| > 1$ et $(\alpha^* = 1, e^* = 0)$ si $\pi \cdot |L'(e^*)| < 1$.*

Démonstration. Ces résultats découlent de la confrontation entre la condition (8) et la condition sur τ énoncée par le point (i) de la proposition 3.2.

Finalement, le subventionnement par l'Etat de la prime d'assurance peut réduire les incitations de l'exploitant à investir dans des mesures de protection lorsque seul l'assureur privé les considère. Par ailleurs, les incitations indirectes à la protection sont portées par l'Etat au travers de la fixation du taux de subventionnement dans la mesure où la prime tient compte de e ici, alors que ce même instrument doit inciter l'exploitant à s'assurer. Une alternative peut être que l'activité de protection soit directement prise en compte par l'Etat, lorsqu'il décide du taux de subventionnement. Ce cas est étudié dans ce qui suit.

3.3 Un taux de subvention sur mesure

La prime d'assurance s'écrit à nouveau comme dans (1). Le revenu attendu par l'exploitant dans cette situation s'écrit maintenant

$$EW = K - (1 - \tau(e)) \cdot P - e - \pi \cdot (1 - \alpha) \cdot L(e), \quad (9)$$

La condition qui garantit un niveau strictement positif d'assurance s'écrit :

$$\begin{aligned}
\frac{\partial EW}{\partial \alpha} &\geq 0 \\
-(1 - \tau(e^*)).\pi.(1 + \lambda).L + \pi.L(e^*) &\geq 0 \\
\tau(e^*) &\geq 1 - \frac{L(e^*)}{L} \cdot \frac{1}{(1 + \lambda)}
\end{aligned} \tag{10}$$

Pour $\alpha^* = 1$, il suffit qu'elle soit vérifiée en égalité. Les résultats que nous obtenons sont résumés dans la proposition qui suit.

Proposition 3.4 *Supposons que l'Etat tienne compte des investissements en protection dans son taux de subventionnement.*

(i) *L'exploitant agricole investit en protection si le taux de subvention est suffisamment sensible à cet investissement. Formellement, on a $e^* > 0$ ssi $\tau'(e^*) \geq \frac{1}{(1+\lambda).\pi.L(e^*)} > 0$.*

(ii) *Par ailleurs, si la technologie de protection $L(\cdot)$ est suffisamment efficace, alors il existe un taux de subvention qui incite l'exploitant à s'assurer complètement et à investir en protection. Les deux activités sont également complémentaires sous ces conditions. Formellement, si $\pi.|L'(e^*)| = \frac{L}{L(e^*)}$, l'optimum ($\alpha^* = 1, e^* > 0$) est obtenu avec $\tau(e^*) = 1 - \frac{L(e^*)}{L} \cdot \frac{1}{(1+\lambda)}$ et $\frac{d\alpha^*}{de^*} > 0$.*

Le taux marginal de subvention doit être suffisamment sensible aux variations de e pour que l'exploitant considère l'activité de protection rentable, sachant qu'il s'assure complètement à l'optimum.

Contrairement aux cas précédents, assurance et prévention peuvent être complémentaires si le taux de subvention de la prime ne sert pas uniquement à inciter à s'assurer. Il doit également tenir compte des investissements en protection.

Un autre point important concerne le coût social de la protection. Une hausse de la protection contribue à diminuer la gravité L des pertes de l'exploitant en cas d'événement agro-climatique, et donc le montant de l'indemnité versée par l'assureur privé. Ainsi, l'assureur bénéficie de la réduction du risque sans financer le coût de la protection dans la mesure où la prime de risque n'en dépend pas dans ce modèle. Ceci lui permet d'accroître ses marges.

Si l'assureur est une société anonyme, les actionnaires *in fine* récupèrent une partie des surplus. On observe ainsi un effet d'éviction des fonds publics vers des bénéficiaires privés. Dans la situation d'une mutuelle d'assurance, l'intégralité du résultat peut alimenter les fonds propres, ce qui contribue à la solvabilité de l'assureur et donc à la protection de ses assurés ; la marge de la mutuelle revient à ses sociétaires, ici les exploitants agricoles.

Au vu de nos résultats, il semble toutefois judicieux d'envisager que l'assureur privé et l'Etat tiennent tous deux compte des investissements en protection. Une coordination entre eux peut alors contribuer à améliorer les incitations à s'assurer et à se protéger. Dans cette situation, les acteurs ont plusieurs outils à leur disposition pour rendre les activités d'assurance et de protection complémentaires.

Enfin, notons encore que les résultats obtenus dépendent souvent de l'efficacité de la technologie de protection, formalisée par la fonction $L(e)$. Ceci suggère que les politiques de subvention devraient être différenciées selon les cultures considérées, certaines pouvant être plus facilement protégées que d'autres. Ainsi, la politique adéquate doit arbitrer entre efficacité de l'assurance et efficacité de la protection dans la gestion du risque agro-climatique. Nous reprenons ce point dans la discussion plus bas à l'aune des caractéristiques de la réforme française.

4 Discussion

L'un des objectifs importants de la réforme adoptée le 2 mars 2022 en France est d'inciter un plus grand nombre d'exploitants agricoles à s'assurer contre le risque agro-climatique. Aujourd'hui seulement 20% des exploitations sont assurées. Toutefois, ce recours à l'assurance privée ne doit pas se faire au prix d'une réduction des investissements de protection. Or l'investissement dans des techniques de protection qui permettent de réduire le risque avant assurance n'est pas considéré en tant que tel dans la réforme. Dans cet article, nous nous sommes ainsi focalisés sur l'arbitrage que l'exploitant peut être amené à effectuer entre assurance et protection. En particulier, nous avons traité différents cas dans lesquels tour à tour l'assureur, puis l'État, prennent en compte l'investissement en protection de l'exploitant dans le calcul, respectivement, de la prime d'assurance et du taux de subvention de cette prime. Les résultats que nous obtenons doivent permettre d'éclairer le décideur public dans la rédaction des décrets attendus pour le début de l'année 2023 et dans l'évolution souhaitable du nouveau régime de gestion des risques agro-climatiques. Nous discutons également leurs limites plus bas.

L'une des principales conclusions que nous tirons de notre modèle, dans lequel exploitant et assureur sont neutres au risque, est la substituabilité systématique entre assurance privée et protection lorsque, soit aucune information sur la protection n'est utilisée ni par l'assureur ni par l'État, soit l'information est utilisée par le seul assureur privé. Le résultat est connu et ne surprend pas lorsque l'information sur les activités de protection de l'exploitant reste privée, c'est-à-dire non connue des acteurs externes à l'exploitation. Dans ce cas, l'exploitant arbitre simplement entre les coûts marginaux et les bénéfices marginaux des deux activités, assurance et protection. Le résultat de substituabilité surprend toutefois lorsque l'assureur accepte de diminuer le montant de la prime d'assurance pour un niveau donné de couverture si l'exploitant a investi, au préalable, dans des mesures de protection de ses cultures. Il s'explique par le niveau du taux de subvention : pour que l'exploitant accepte de s'assurer à un niveau adéquat (assurance complète dans notre modèle), la prime d'assurance doit être suffisamment subventionnée pour couvrir les frais de gestion de l'assureur intégrés dans la prime. Dans ce cas, l'assurance devient moins coûteuse, mais l'activité de protection devient également moins rentable. Elle fait baisser une prime d'assurance qui ne sera pas supportée dans son intégralité par l'exploitant. Ainsi, trop de subvention peut réduire les incitations de l'exploitant à protéger ses récoltes sachant qu'il est assuré par ailleurs.

Toutefois, le subventionnement de la prime d'assurance des risques agro-climatiques est nécessaire. Il s'agit d'un risque systémique, qui ne peut donc pas être mutualisé entre les exploitants d'une même

région contrairement à des risques indépendants. La subvention permet à la fois de rendre le prix de la couverture acceptable par l'exploitant et, ce faisant, d'augmenter le nombre d'exploitants qui s'assureront. Si la taille du portefeuille de risques assurés augmente, une mutualisation entre régions ou entre types de risques peut être envisagée.

Nous avons alors analysé une autre situation d'assurance subventionnée, dans laquelle c'est l'Etat qui prend en compte le niveau des investissements en protection lorsqu'il définit la structure du taux de subvention. Ce taux devient ainsi une fonction qui, à l'optimum, décroît avec le niveau de protection. Sous certaines hypothèses et notamment de technologie de protection suffisamment efficace dans la réduction de la gravité des dommages en cas d'événement climatique, assurance privée et protection deviennent complémentaires. Il est, en effet, possible de trouver un taux de subvention qui amène l'exploitant à jouer sur les deux tableaux pour réduire le montant de ses pertes potentielles : celui de la compensation par l'assureur et celui de la réduction directe des dommages par la protection *ex ante*.

Dans ce contexte, plusieurs points doivent être discutés.

Le premier concerne la technologie de protection. Certaines cultures sont plus difficiles à protéger que d'autres. Nous pensons ici aux arbres fruitiers, qui peuvent être difficilement protégés contre des épisodes tardifs de gel tels que ceux observés en avril 2021 et à nouveau en avril 2022. Les prairies sont également plus difficiles à protéger d'une sécheresse. Ainsi, les taux de subvention de la prime d'assurance ne devraient pas être uniformes d'un type de culture à l'autre. Cette personnalisation permettrait à la réforme d'être plus efficace dans l'atteinte des objectifs que pouvoirs publics et assureurs privés ont définis. Comme le souligne le rapport [Descrozaille \(2021\)](#), elle pourrait également aller dans le sens d'une incitation à diversifier les cultures sur l'ensemble du territoire : " [...] parallèlement, l'hypothèse de l'abandon de productions dans certaines régions ou de transformation radicale du paysage de production n'est pas non plus à écarter. En tout état de cause, la diversification des exploitations devra être encouragée jusqu'à être prise en compte dans la commercialisation même des produits de type "assurance MRC" rénovés. " (page 2).

Cette déclinaison des subventions au regard des types de cultures assurées est efficace sur le plan théorique, mais apporterait de la complexité à la mise en place pratique de la réforme. Ainsi, un arbitrage entre simplicité et personnalisation ne pourra pas être évité lors de la rédaction des décrets. Notons qu'à l'heure où nous finalisons la rédaction de cet article, les premiers décrets sortis (octobre 2022) annoncent une subvention unique. Elle s'élèverait à 70% des primes d'assurance quelles que soient les cultures considérées afin, notamment, d'inscrire la réforme dans l'esprit du règlement Omnibus de la Politique Agricole Commune ([Omnibus, 2017, 2021](#)).

Un second point important concerne la coopération nécessaire entre Etat et assureurs privés. Aujourd'hui, certains assureurs spécialisés prennent en compte la protection dans la tarification du contrat MRC. Toutefois, nous avons montré plus haut que protection et assurance sont substituables lorsque l'assureur est le seul acteur à considérer l'investissement dans la protection, ce qui n'est pas souhaitable. A l'inverse, il n'est pas non plus souhaitable que l'Etat prenne seul en compte les investissements de protection. Le régime de couverture deviendrait alors un régime dans lequel l'Etat, donc le contribuable et l'Europe, finance les incitations à se protéger, tandis que l'assureur en récolte les bénéfices : les primes

d'assurance qu'il encaisse ne diminuent pas car non indexées sur les investissements en protection, alors que les risques agro-climatiques qu'il a en portefeuille sont réduits. Il améliore ainsi son taux de marge en ne supportant pas le financement de la réduction des risques. Si l'assureur est une société anonyme, une partie de ces bénéfices sera redistribuée aux actionnaires. S'il s'agit d'une mutuelle, l'intégralité de la marge pourra alimenter les fonds propres et ainsi contribuer à la solvabilité de l'assureur. Ceci va, certes, dans le sens d'une meilleure protection *in fine* de l'assuré, ici l'exploitant. Ce n'est toutefois pas l'objet de la réforme du système de gestion du risque agro-climatique en France.

Finalement, nos résultats appellent, avant même l'entrée en vigueur de la réforme, à une évolution de celle-ci. L'état doit effectivement subventionner au bon niveau la prime d'assurance pour que la France soit en capacité d'augmenter significativement le taux de diffusion de la couverture des risques agro-climatiques. Simultanément, les assureurs privés doivent conditionner la partie de la prime payée par l'exploitant aux investissements qu'il effectue dans des techniques de protection. Ce conditionnement nécessite l'acquisition de données relatives à ces investissements. Le pool d'assurance envisagé dans la réforme pourra faciliter la récolte et la centralisation de ces données pour ses membres assureurs et réassureurs. Par ailleurs, ces conditionnements, de la subvention de la prime d'assurance et de la partie effectivement payée par l'exploitant, devront être adaptés à l'efficacité de la technologie de protection. Nous pouvons ainsi imaginer qu'une culture qui peut être protégée efficacement bénéficierait d'une subvention d'assurance moindre de l'état mais d'une aide plus importante à l'investissement de protection. Cette aide pourrait être directe - certaines aides publiques existent aujourd'hui, ou indirecte et privée. Dans ce dernier cas, c'est bien la partie payante de la prime d'assurance que l'assureur privé devra faire baisser pour inciter l'exploitant à investir en protection tout en s'assurant. Il sera ainsi possible qu'assurance et protection soient considérés comme deux instruments complémentaires d'une gestion adaptée des risques agro-climatiques.

Bien entendu, nos résultats doivent être considérés avec prudence. Ils sont obtenus dans un modèle simple, avec des agents économiques neutres au risque, et sans contrainte de solvabilité ni pour l'assureur ni pour l'exploitant. Par ailleurs, nous avons volontairement ignoré l'intervention d'un fonds de solidarité nationale en qualité d'assureur en dernier ressort. Il nous aurait fallu alors également envisager l'apparition d'un syndrome du bon samaritain et aborder la question de la crédibilité de l'Etat dans sa volonté de discriminer en termes de niveau de solidarité selon que l'exploitant est assuré sur le marché privé ou non. Ces points ne sont pas traités dans cet article.

Nous avons également isolé un risque de perte de récoltes suite à un événement climatique. Dans la réalité de l'exploitation agricole, d'autres risques s'ajoutent, et notamment le risque-prix. Ce risque, considéré comme très important par les exploitants agricoles, peut diminuer leur perception de l'assurance comme mécanisme efficace de lissage des revenus dans le temps.

Par ailleurs, le marché privé de l'assurance est concurrentiel dans notre modèle (nous considérons un taux de marge nul de l'assureur à l'équilibre). Cette hypothèse doit être rediscutée dans la mesure où le nombre d'assureurs sur le marché privé spécialisé dans la couverture du risque agro-climatique n'est pas élevé en pratique en France. L'un ou l'autre bénéficie historiquement d'une position d'assureur, ou de bancassureur, privilégié dans le secteur agricole. La question de la mutualisation des risques au

niveau national est également liée à celle de la structure du marché privé de l'assurance.

Enfin, nous avons considéré une forme immédiate et atemporelle de la protection : un investissement sur la période entraîne une diminution de la sévérité des pertes en cas d'événement climatique sur cette même période. Or, et nous citons ici l'avis de la [Commission de l'économie du développement durable \(2022\)](#), " [...] la réforme des outils de couverture des événements climatiques en agriculture n'est qu'un volet de son adaptation au changement climatique. En particulier, il devient important de [...] renforcer la résilience de l'agriculture dans une approche globale en agissant notamment sur les sols, les variétés, les pratiques culturales et d'élevage, les infrastructures agroécologiques et l'efficacité de l'eau d'irrigation". Ainsi, la protection au long cours passe également par l'adaptation au changement climatique et par l'adoption d'innovations radicales qui pourront compléter l'arsenal d'innovations dites incrémentales, de court terme, comme les filets anti-grêle ou les ombrières agricoles par exemple.

APPENDICE

Démonstration Proposition 3.1

Les conditions du second ordre étant vérifiées, le résultat du point (i) découle directement de la condition (5). Le point (ii) est obtenu en appliquant une différentiation totale à la condition (5) considérée pour un optimum intérieur. On a :

$$\begin{aligned}
 -\pi.(1 - \alpha^*).L''(e^*).de^* + \pi.L'(e^*).d\alpha^* &= 0, \quad \forall e^* \\
 \frac{d\alpha^*}{de^*} &= \frac{(1 - \alpha^*).L''(e^*)}{L'(e^*)}
 \end{aligned} \tag{11}$$

Avec $L''(e^*) > 0$ et $L'(e^*) < 0$, l'expression (11) est strictement négative. Le point (ii) est ainsi démontré.

Démonstration Proposition 3.2

La dérivée de (7) par rapport à e , évaluée à l'optimum e^* , nous permet d'écrire que $e^* > 0$ si et seulement si :

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial EW}{\partial e}(e^*) &\geq 0 \\
 -(1 - \tau).P'(e^*) - 1 - \pi.(1 - \alpha^*).L'(e^*) &\geq 0
 \end{aligned} \tag{12}$$

et ainsi

$$\tau \leq 1 + \frac{\pi.(1 - \alpha^*).L'(e^*) + 1}{P'(e^*)} \tag{13}$$

Nous avons $P'(e^*) = (1 + \lambda).\pi.\alpha^*.L'(e^*)$ d'après (6) et nous travaillons avec (8) vérifiée. Sous cette condition, le niveau optimal de α est strictement positif et, en particulier, $\alpha^* = 1$ est toujours un optimum. En remplaçant dans (13), on obtient ainsi :

$$\tau \leq 1 - \frac{1}{(1 + \lambda).\pi.|L'(e^*)|} = \hat{\tau}(e^*) \tag{14}$$

$\hat{\tau}$ peut être négatif si $|L'(\cdot)|$ est faible : aucune subvention n'est souhaitable. A l'inverse, si $\hat{\tau}$ est strictement positif, il est d'autant plus élevé que les coûts de gestion λ de l'assureur sont élevés. Le point (i) est ainsi démontré.

Pour le point (ii), appliquons une différentiation totale à la condition de premier ordre (12) considérée pour un optimum intérieur, en ayant à l'esprit (6). On a :

$$0 = -((1 - \tau).P''(e^*) + \pi.(1 - \alpha^*).L''(e^*)).de^* - ((1 - \tau).(1 + \lambda).\pi.L'(e^*) - \pi.L'(e^*)).d\alpha^*, \quad \forall e^*$$

$$\frac{d\alpha^*}{de^*} = \frac{-((1 - \tau).P''(e^*) + \pi.(1 - \alpha^*).L''(e^*))}{\pi.L'(e^*).(1 - \tau).(1 + \lambda) - 1} \quad (15)$$

Le numérateur de (15) correspond aux conditions du second ordre, qui sont vérifiées : Il est négatif. Le dénominateur est strictement positif si et seulement si $\tau > \frac{\lambda}{(1+\lambda)}$, ce qui est vérifié du fait de (8). Le point (ii) est ainsi démontré.

Démonstration Proposition 3.4

La dérivée de (9) par rapport à e , évaluée à l'optimum e^* , nous permet d'écrire que $e^* > 0$ si et seulement si :

$$\frac{\partial EW}{\partial e}(e^*) \geq 0$$

$$\tau'(e^*).P - 1 - \pi.(1 - \alpha^*).L'(e^*) \geq 0 \quad (16)$$

Ainsi,

$$\tau'(e^*) \geq \frac{1 + \pi.(1 - \alpha^*).L'(e^*)}{(1 + \lambda).\pi.\alpha^*.L(e^*)} \quad (17)$$

Nous travaillons avec (10) vérifiée. Sous cette condition, le niveau optimal de α est strictement positif et, en particulier, $\alpha^* = 1$ est toujours un optimum. En remplaçant dans (17), la condition de premier ordre pour $e^* > 0$ devient :

$$\tau'(e^*) \geq \frac{1}{(1 + \lambda).\pi.L(e^*)} \quad (18)$$

Cette expression est strictement positive. Le point (i) est ainsi démontré.

Pour le point (ii), saturons la condition (10) sur τ qui nous permet d'avoir $\alpha^* = 1$. On a :

$$\tau(e^*) = 1 - \frac{L(e^*)}{L} \cdot \frac{1}{(1 + \lambda)} \quad (19)$$

En dérivant (19) par rapport à e^* , on a :

$$\tau'(e^*) = -\frac{L'(e^*)}{L} \cdot \frac{1}{(1 + \lambda)} = \frac{|L'(e^*)|}{L} \cdot \frac{1}{(1 + \lambda)} \quad (20)$$

Considérons (18) pour une solution intérieure e^* , soit :

$$\tau'(e^*) = \frac{1}{(1 + \lambda) \cdot \pi \cdot L(e^*)} \quad (21)$$

En considérant , pour que $(\alpha^* = 1, e^* > 0)$ soit un optimum il faut que (20) et (21) soit vérifiées simultanément. En les égalisant, on trouve que la condition nécessaire et suffisante à cela est :

$$\pi \cdot |L'(e^*)| = \frac{L}{L(e^*)} > 1 \quad (22)$$

Une condition nécessaire est ainsi que $\pi \cdot |L'(e^*)| > 1$. Ceci démontre la 2ème partie du point (ii).

Pour démontrer la dernière partie du point (ii), appliquons une différentielle totale à la condition de premier ordre (16) vérifiée en égalité. On a :

$$\begin{aligned} 0 &= (\tau''(e^*) \cdot (1 + \lambda) \cdot \pi \cdot \alpha \cdot L - \pi \cdot (1 - \alpha) \cdot L''(e^*)) \cdot de + (\tau'(e^*) \cdot (1 + \lambda) \cdot \pi \cdot L + \pi \cdot L'(e^*)) \cdot d\alpha \\ \frac{d\alpha}{de^*} &= - \frac{\tau''(e^*) \cdot (1 + \lambda) \cdot \pi \cdot \alpha \cdot L - \pi \cdot (1 - \alpha) \cdot L''(e^*)}{(\tau'(e^*) \cdot (1 + \lambda) \cdot \pi \cdot L + \pi \cdot L'(e^*))} \end{aligned} \quad (23)$$

Le numérateur de (23) correspond aux conditions de second ordre. En dérivant (20), on conclut que $\tau''(e^*) < 0$ à l'optimum. Les conditions de second ordre sont donc vérifiées ; le numérateur de ((23)) est négatif. En remplaçant (18) dans le dénominateur, il devient $-(1 + \pi \cdot L'(e^*))$ ou $(\pi \cdot |L'(e^*)| - 1)$. Cette dernière expression est positive d'après (22), ce qui rend le dénominateur strictement positif. L'expression (23) est strictement positive. Le point (ii) est démontré.

References

- Boucher, L., L. Duval, M. Phéllippé-Guinvarc'H, and E. Prudon (2019). Évaluation du programme national de gestion des risques et d'assistance technique (PNGRAT) et en particulier de l'assurance récolte. DECID&Risk, rapport pour le MAA, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02481118>.
- Caisse Centrale de Réassurance (2020). Note de synthèse sur le suivi de l'aide à l'assurance multirisque climatique pour l'exercice 2019 par CCR pour le ministère de l'agriculture et de l'alimentation. Rapport pour le MAA, septembre, 43 pages.
- Carrère, M. (2020). Assurance pandémie : les risk managers favorables aux provisions pour les grandes entreprises. L'Argus de l'assurance, 9 décembre.
- Commission de l'économie du développement durable (2022). Avis sur la réforme des assurances agricoles et le changement climatique : Enjeux et recommandations n°2. Note CEDD, Ministère de la Transition Ecologique, France, février.

- Descrozaille, F. (2021). Proposition d'un plan stratégique 2023-2030 pour la réforme des calamités agricoles et le développement des assurances récoltes. Varenne agricole de l'eau et du changement climatique - Rapport au Ministre de l'agriculture et de l'alimentation, 13 pages.
- Eeckhoudt, L., C. Gollier, and H. Schlesinger (2005). *Economic and financial decisions under risk*. Princeton University Press.
- Eeckhoudt, L. and S. Spaeter (2013). La dictature des 3 p : Prévention, prudence. *Revue Assurances et gestion des risques*, 59–84.
- Ehrlich, I. and G. Becker (1972). Market insurance, self-insurance, and self-protection. *Journal of Political Economy*, 623–648.
- Folus, D., P. Casal Ribeiro, B. Lepoivre, and A. Roumigué (2020). L'assurance et la protection financière de l'agriculture. *Annales des Mines - Réalités industrielles*, février, 30–38.
- Koenig, R., M. Brunette, D. P., and C. Tevenart (2022). Assurance récolte en France: spécificité du régime et déterminants potentiels. *Economie Rurale*, 2, 7–25.
- Mahul, O. and B. Wright (2004). Implications of incomplete performance for optimal insurance. *Economica* 71, 661–670.
- Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (2021a). Campagne 2021 : L'assurance multirisque climatique des récoltes. 12 pages, <https://agriculture.gouv.fr/>.
- Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (2021b). Projet de loi portant réforme des outils de gestion des risques climatiques en agriculture : Créer une protection universelle pour les agriculteurs face aux risques climatiques. Dossier de presse, 1er décembre, <https://agriculture.gouv.fr/>.
- Omnibus (2017). Règlement (ue) 2017/2393 du parlement européen et du conseil du 13 décembre 2017 modifiant les règlements (ue). Journal Officiel de l'Union Européenne.
- Omnibus (2021). Règlement (ue) 2021/2117 du parlement européen et du conseil du 2 décembre 2021. Journal Officiel de l'Union Européenne.
- Spaeter, S. (2021). How to reconcile pandemic business interruption risk with insurance coverage. Working Paper 2021-18 BETA, University of Strasbourg.