Gestion du risque prix post-tempête en économie : comparaison entre stockage et prix plancher

Marielle Brunette[1*], Julien Jacob[2], Antoine Leblois[3]

1. Université de Lorraine, Université de Strasbourg, AgroParisTech, CNRS, INRAE, BETA, F-54000, Nancy, France ; Chercheur associé à la Chaire Économie du Climat, Paris, France

2. BETA, CNRS – Université de Strasbourg, F-67000, Strasbourg, France

3. CEE-M, Université de Montpellier, CNRS, INRAE, Montpellier SupAgro, F-34000, Montpellier, France

*Auteur correspondant : Marielle Brunette, marielle.brunette@inrae.fr

ORCID : 000-0001-8192-4819

Gestion du risque prix post-tempête en économie : comparaison entre stockage et prix plancher

Après une tempête, l'importante quantité de bois mise sur le marché a tendance à provoquer un effondrement des prix. Nous proposons une analyse économique comparant deux outils de politiques publiques pour faire face à cet effondrement : stockage des bois et prix planchers. Le modèle théorique, simulé numériquement, évalue les coûts et avantages des politiques pour les acteurs de la filière. Nos résultats révèlent que la mise en place d'une politique publique est toujours souhaitable et que le prix plancher est préférable socialement au stockage en cas de tempêtes de fortes ampleurs, tandis que le stockage est préférable en cas de tempêtes de plus faibles ampleurs. Des effets contrastés entre les acteurs sont cependant observés.

Post-storm price risk management in economics: comparison of timber storage and floor prices

In the aftermath of a storm, the high quantity of wood put on the market tends to cause a collapse in prices. In this economical analysis, we compare two public policy tools for dealing with such a collapse: timber storage and floor prices. The theoretical model, numerically simulated, evaluates the costs and benefits of policies for industry actors. Our results show that implementing a public policy is always desirable, and that while the floor price is socially preferable to timber storage in the case of heavy storms, the latter is preferable in less strong storms. However, contrasting effects were observed among the stakeholders.

Messages clés :

- Le stockage des bois et la fixation d'un prix plancher sont deux politiques publiques permettant de faire face à l'effondrement des prix du bois après une tempête.
- Favoriser le stockage ou fixer un prix plancher est toujours souhaitable socialement.
- Le choix de la politique publique dépend de l'ampleur de la tempête et du bénéficiaire ciblé (producteurs de bois vs consommateurs).

Mots clés : tempête, stockage, prix plancher, prix, économie, forêt

Highlights:

- Timber storage and setting a floor price are two public policies for dealing with the collapse in wood prices after a storm.
- Promoting timber storage or setting a floor price is always socially desirable.
- Choice of public policy depends on the scale of the storm and on the target beneficiary (wood producers versus consumers).

Keywords: Storm, storage, floor price, price, economy, forest

Citation de l'article : Brunette, M., Julien J. et Leblois A. (2025). Gestion du risque post-tempête en économie : comparaison entre stockage et prix plancher. *Revue forestière française, 76*(1), 55-67. https://doi.org/10.20870/revforfr.2024.9370

Licence Creative Commons
Attribution - 4.0 International (CC BY 4.0)

Les écosystèmes forestiers sont menacés par les risques naturels, et parmi eux, la tempête est l'événement le plus dommageable. En Europe, au cours de la période 1950-2000, une moyenne annuelle de 35 millions de m^3 de bois a été endommagée par des perturbations, dont plus de la moitié était due à des tempêtes (Schelhaas *et al.,* 2003). L'Europe a été frappée par plusieurs tempêtes extrêmes au cours des dernières décennies, telles que Lothar et Martin en 1999, Gudrun en 2005, Kyrill en 2007 et Klaus en 2009. Lothar et Martin ont abattu environ 8 % du stock d'arbres sur pied sur les 15 millions d'hectares de forêt française. Klaus, quant à elle, a abattu 32 % du stock de Pin maritime sur pied en Aquitaine sur les 1 million d'hectares disponibles. En Suède, Gudrun a endommagé environ 2 % du stock sur pied au niveau national (Gardiner *et al.,* 2011). La survenue d'une tempête génère des pertes considérables. Par exemple, Lothar et Martin en 1999 sont responsables de 30 millions de m^3 de dégâts en Allemagne pour une perte financière totale de 1,4 milliard d'euros, et de 140 millions de m^3 de dégâts en France pour un montant de 4,57 milliards d'euros (Caurla *et al.,* 2015). Plus récemment, Klaus a endommagé 42 millions de m^3 de bois dans le sud-ouest de la France, pour une perte estimée entre 1,34 et 1,77 milliard d'euros (Lecocq *et al.,* 2009). Une conséquence importante de l'occurrence de la tempête est l'augmentation soudaine et imprévue de l'offre de bois sur le marché, ce qui se traduit par une baisse des prix. Après Gudrun, les prix moyens des grumes d'Épicéa et de Pin en Suède n'étaient que de 63 % et 86 %, respectivement, de ceux de l'année précédant la tempête (Gardiner *et al.,* 2011). Après Klaus, 50 % des chablis ont subi une dépréciation due à une baisse des prix sur le marché du bois (Nicolas, 2009). L'ouragan Hugo qui a frappé les États-Unis en 1989 est un autre exemple : il a endommagé 20 % des Pins dans la plaine côtière de Caroline du Sud. La modélisation a révélé une chute des prix de 30 % (Prestemon et Holmes, 2000).

Pour tenter de faire face à cette baisse des prix après la survenue d'une tempête, une option classique pour les gouvernements consiste à faciliter le stockage du bois via des programmes d'aide appelés « plans chablis ». Après Lothar et Martin, l'Allemagne a fourni une aide publique de 15,3 millions d'euros pour le transport, le stockage et la replantation (Holecy et Hanewinkel, 2006), tandis que le gouvernement français a mis en œuvre un programme décennal de 920 millions d'euros avec l'objectif de retirer les chablis, de défricher et de replanter, et créer des zones de stockage pour le bois récolté (CGAEER, 2010). Après Klaus, le gouvernement français a consacré 25 millions d'euros à la création de zones de stockage (Bavard *et al.,* 2013).

Le changement climatique a un impact sérieux sur la fréquence et l'intensité des tempêtes. La période de retour devrait se réduire de manière significative et les dommages associés devraient augmenter (Brèteau-Amores *et al.,* 2023 ; Della-Marta et Pinto, 2009 ; Gardiner *et al.,* 2011). En outre, Schelhaas *et al.* (2010) indiquent que les dommages dus aux tempêtes devraient augmenter sous l'effet du changement climatique notamment du fait du stock sur pied qui est en croissance et de la hausse de sa vulnérabilité.

L'intervention publique sous forme de plans chablis pourrait alors être plus fréquente, se heurtant ainsi à la capacité limitée du budget de l'État. Dans ce contexte, fournir une évaluation économique globale d'une politique de stockage permettant de limiter la chute des prix consécutive à une tempête devient primordial, et ce pour toutes les parties prenantes de la filière forêt bois : les producteurs, les consommateurs et la puissance publique. De même qu'envisager d'autres politiques potentielles devient important, comme par exemple la mise en place d'un prix plancher par l'autorité publique, afin d'éviter l'effondrement des prix. En effet, on pourrait imaginer qu'en cas de tempête, le régulateur public fixe un prix de vente minimum. Dès lors que le prix de marché tombe en dessous de ce prix plancher, alors la puissance publique paiera au forestier, pour chaque quantité de bois vendue, la différence entre le plancher et le prix de marché.

En ce qui concerne la question du stockage des bois post-tempête, deux travaux en économie l'ont abordée. Costa et Ibanez (2005) ont analysé la rentabilité, pour les propriétaires forestiers, de la politique de stockage mise en œuvre après les tempêtes de 1999 en France. Ils montrent qu'en moyenne, les chablis ont été stockés pendant 3,5 ans pour un coût unitaire global de 17,2 euros/m^3. Les auteurs ont indiqué que, dans de nombreux cas, le stockage n'était pas rentable du point de vue des propriétaires forestiers privés. Caurla *et al.* (2015) ont évalué les impacts économiques de l'aide publique mise en place par le gouvernement français après la tempête Klaus en 2009 sur le secteur forestier. Ils montrent que l'impact global a été bénéfique ; le stockage sur place et l'exportation à l'étranger ont été favorisés par rapport à une situation sans plan, qui, elle, favorisait la consommation directe. En outre, la baisse des prix après Klaus s'est atténuée au fur et à mesure que la proportion de bois stocké augmentait. Ces deux travaux reposent sur des études de cas (Lothar et Martin puis Klaus) qui ne permettent pas de généralisation. De plus, concernant l'impact économique, les résultats sont partagés : dans Costa et Ibanez (2005), le stockage n'est pas rentable pour les propriétaires forestiers, alors que Caurla *et al.* (2015) montrent que l'impact d'une politique de stockage est bénéfique pour les propriétaires forestiers. Enfin, les articles fournissent une approche partielle à la fois en termes d'acteurs (uniquement les producteurs et les fonds publics) et d'analyse (minimisation des coûts). Dès lors, notre objectif est d'adopter une perspective plus large, généralisable et qui ne soit pas basée

uniquement sur une étude de cas, incluant les producteurs, les consommateurs et l'autorité publique, et considérant à la fois les coûts et les bénéfices du stockage.

Nous n'avons trouvé aucune référence à une politique de prix plancher dans le secteur forestier. En revanche, dans le secteur agricole, il nous semble que le programme de paiement compensatoire mis en œuvre dans certains pays comme les États-Unis (Miranda et Glauber, 1991) et le Canada (Martin et Mc Laren, 1976) est proche de ce type de politique. L'objectif de ce programme compensatoire est d'améliorer la protection des revenus en cas de mauvaises récoltes. En effet, les agriculteurs perçoivent un paiement basé sur la différence entre un prix cible et le prix du marché. La plupart des publications sur le sujet proposent d'améliorer le régime existant (Adams *et al.,* 2000 ; Gardner, 1988 ; Miranda et Glauber, 1991). L'idée du paiement compensatoire est proche de la nôtre, évitant que le prix ne tombe trop bas en cas de chocs exogènes sur le marché, et nous proposons de l'appliquer à notre problématique.

Ainsi, dans cet article, nous proposons une analyse économique comparative de la politique de stockage et de la politique de prix plancher. Pour cela, nous développons un modèle théorique de bien-être[1], qui évalue les coûts et les avantages de chacune des politiques pour l'ensemble des acteurs : producteur de bois, consommateurs de bois et autorité publique. Ce modèle est ensuite simulé de façon numérique.

DESCRIPTION DU MODÈLE ET DES POLITIQUES COMPARÉES

Hypothèses de base

Notre modèle comprend trois périodes (périodes 0, 1 et 2). Il met en scène un producteur de bois (un forestier noté F dans la figure 1), soumis à un aléa naturel (noté N), à savoir la possibilité (noté *p*) de subir ou non une tempête.

Nous considérons que le forestier est le seul offreur de bois qui devra servir l'ensemble de la demande du marché (position de monopole). Par simplicité, nous ne considérons l'existence que d'une seule essence d'arbre. L'unique objectif du forestier est de maximiser son propre profit, qui n'est autre que la somme des recettes issues des ventes de bois nette des coûts de production (débardage, etc.). Nous considérons par ailleurs que la structure de profit du forestier fait apparaître un décalage temporel entre les coûts (avancés) et la perception des recettes de ventes : lorsque le forestier va récolter du bois sur pied en une période *t* particulière, il subira les coûts de récolte en période *t* mais il ne percevra les recettes de ventes qu'en période suivante $t + 1$.

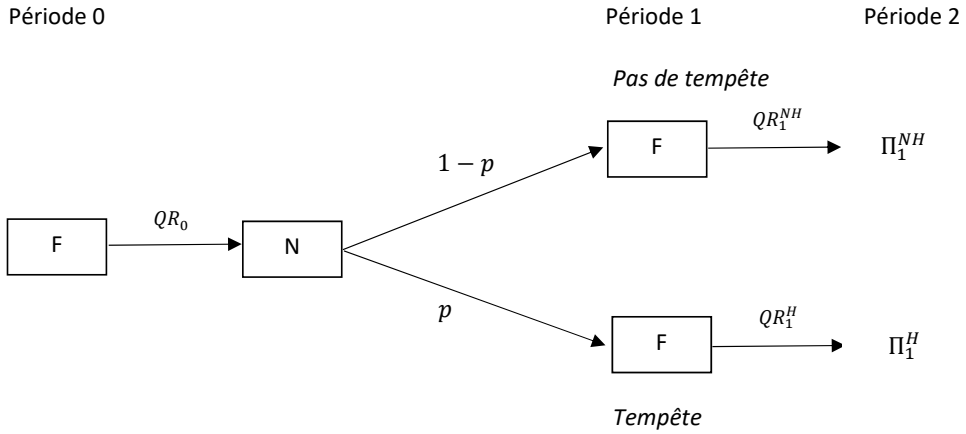
En période 0, le forestier doit prendre une première décision, à savoir une quantité de bois à récolter sur pied. Cette quantité est notée QR_0 sur la figure 1. Par simplicité, nous considérons que le forestier n'est soumis à aucune contrainte particulière dans cette décision, hormis le fait que plus il offrira une quantité de bois importante sur le marché, moins le prix de vente sera élevé (loi économique dite « de l'offre et de la demande » : une hausse de l'offre entraîne une diminution du prix de vente). Nous excluons donc des contraintes en termes de capacité de bois disponible pour la récolte. Comme expliqué plus haut, le coût de cette récolte est supporté en période 0, mais les recettes de vente seront perçues en période 1. Or, en période 1, une tempête peut survenir.

Nous considérons que l'occurrence de la tempête est le résultat d'une loterie. Cette loterie est représentée par N dans la figure 1, N signifiant « Nature ». Nature décide, avec une probabilité *p*, que la tempête va frapper en période 1. Avec la probabilité complémentaire $(1 - p)$, aucune tempête ne se produira. Nous admettons que l'ampleur de la tempête est connue à l'avance, nous la notons *Q* (voir notamment les figures plus loin). Plus précisément, *Q* représente la quantité de chablis tombée à terre à l'issue de la tempête. À plusieurs égards, le chablis se distingue du bois récolté sur pied. L'une des premières particularités est le fait que la qualité de ce chablis se détériore rapidement, obligeant le forestier à vendre rapidement ce bois tombé à terre. Ainsi, contrairement au bois récolté sur pied, les coûts de déblayage et les recettes de ventes de chablis sont comptabilisés à la même période, à savoir la période 1. Nous admettons également que, pour une quantité de bois donnée, le coût de « production » du chablis est supérieur à celui de la récolte du bois sur pied. Dit autrement, pour un même volume de bois, le coût de débardage de chablis enchevêtrés par la tempête est supposé plus élevé que le coût de récolte du bois sur pied. Qu'il y ait eu ou non tempête, en période 1 le forestier peut récolter une nouvelle quantité de bois (resté) sur pied, dont le coût est subi en période 1 mais les recettes de ventes sont perçues en période 2. Cette quantité est notée QR_1^H en cas de tempête et QR_1^{NH} en l'absence de tempête.

En cas de tempête, chablis et bois sur pied récoltés vont donc « cohabiter » sur le marché du bois. Le marché devient dual. Nous considérons que les consommateurs de bois sont demandeurs des deux « qualités » de bois (récolté sur pied et chablis), mais dans des ampleurs différentes.

1 En économie, le bien-être du consommateur (par exemple) correspond à son surplus, c'est-à-dire à la différence, pour chaque quantité de bois, entre ce que le consommateur est prêt à payer au maximum et le prix qu'il paie réellement sur le marché.

Figure 1 | Arbre de décisions utilisé pour le modèle. F : forestier producteur de bois ; N = aléa naturel ; p = probabilité de subir une tempête ; Q = Quantité de bois récolté avec QR_1^H en cas de tempête et QR_1^{NH} en l'absence de tempête



Ainsi, pour une même quantité offerte, nous considérons que le consentement à payer des consommateurs pour une quantité de chablis est moindre que pour une quantité de bois sur pied récolté. Deux propriétés en découlent : (i) pour une quantité offerte donnée, le prix de vente du chablis est toujours inférieur à celui du bois récolté sur pied, (ii) le prix du chablis chute plus rapidement que celui du bois récolté lorsque la quantité offerte s'accroît.[2] Quant aux usages que les consommateurs font de ces deux qualités de bois, nous ne posons aucun *a priori* : notre modèle testera plusieurs hypothèses, allant d'usages complètement différents à des usages totalement similaires. En langage d'économiste, nous simulerons plusieurs degrés de substitution possibles entre ces deux qualités de bois. Si les deux qualités de bois répondent à des usages complètement différents, les deux qualités ne sont pas substituables et feront l'objet de deux marchés distincts. En revanche, si le chablis peut (dans une certaine mesure) se substituer au bois récolté sur pied, il y aura une interpénétration entre les deux marchés, pouvant avoir des conséquences économiques très différentes du cas précédent. En cas de marchés distincts, l'arrivée du chablis (suite à la tempête) n'aura pas d'impact sur le marché du bois récolté sur pied. En revanche, si le chablis peut, dans une certaine mesure, « remplacer » le bois récolté sur pied, l'offre de chablis viendra concurrencer celle du bois récolté sur pied, dont le prix sera amené à diminuer sous la pression de cette offre accrue.

Outre le profit du forestier, notre modèle tiendra compte du bien-être que les consommateurs retirent de la consommation du bois offert par le forestier (bois récolté sur pied, et chablis en cas de tempête). Ce bien-être est appréhendé par le calcul de ce que les économistes appellent le *surplus* du consommateur, qui n'est autre que la différence, pour chaque quantité de bois, entre ce que le consommateur est disposé au maximum à payer pour l'acquérir et le prix effectivement payé. De ce fait, plus le prix de vente est faible, et plus le consommateur jouira d'un bien-être (surplus) important de la consommation du bois. Enfin, en cas d'intervention publique, notre modèle tiendra compte du coût de mise en œuvre de la politique publique en question (nous l'évoquerons en temps voulu). La somme de ces trois éléments (profit du forestier, surplus des consommateurs, coût de la politique publique) constitue le *bien-être social*, qui est notre indicateur phare : la mise en place d'une politique publique est justifiée si elle permet d'accroître le bien-être social (par rapport à la situation sans politique publique, dite de *laissez-faire*), et une politique est préférable à une autre si elle conduit à un bien-être social plus élevé que l'autre.

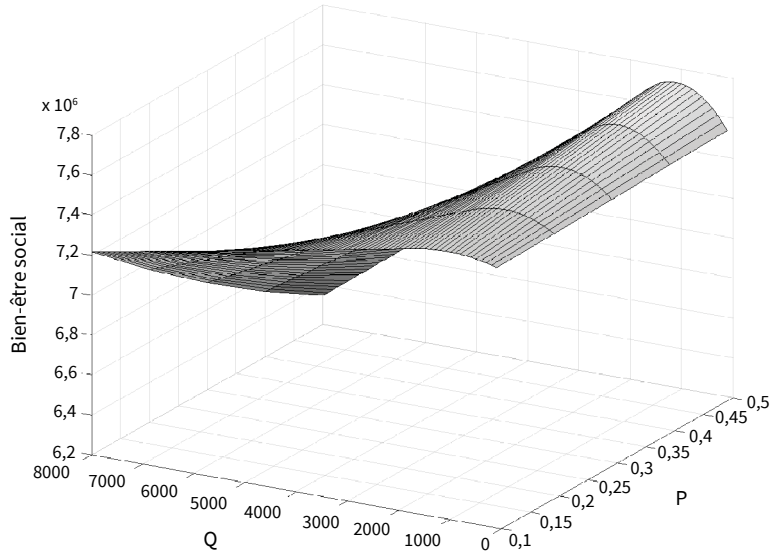
Dans un premier temps, nous allons décrire ce qu'il se passe en l'absence de toute politique publique (situation de *laissez-faire*). Puis, à l'aune de cette situation, nous analyserons l'opportunité de mettre en place l'une ou l'autre des deux politiques suivantes : installation d'aires de stockage ou instauration de prix planchers.

Laissez-faire

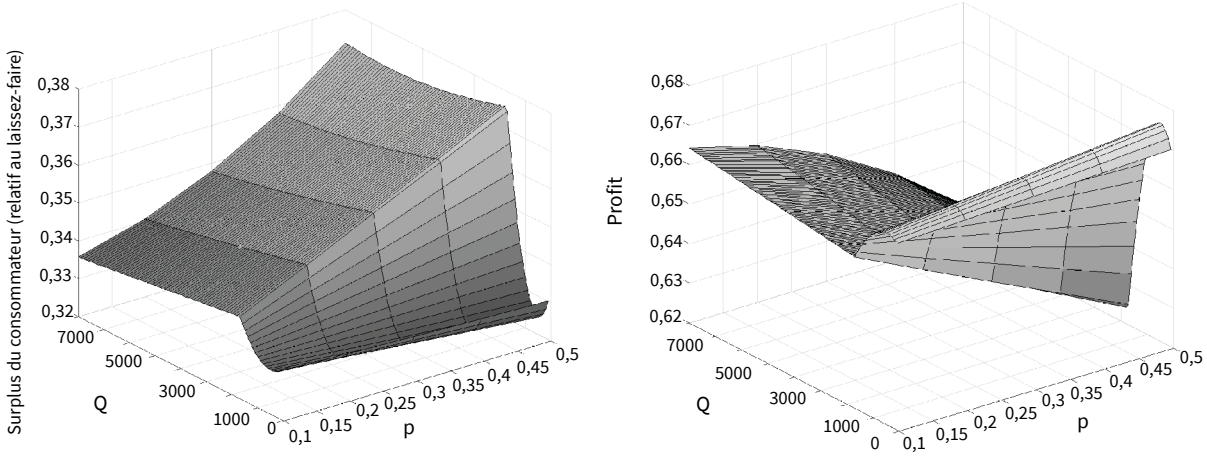
La situation dite de *laissez-faire* est celle qui laisse libre cours au marché. Il n'y a aucune intervention publique, seul le forestier (l'offreur) et les consommateurs de bois en aval (les demandeurs) interagissent sur le marché. Il en résulte que, dans ce cas précis, le bien-être social n'est consti-

2 Les économistes parlent d'élasticité-prix de la demande, c'est-à-dire à quelle vitesse doit varier le prix de vente lorsque la quantité offerte varie, de façon à ce que la demande s'ajuste à l'offre. Ici, pour ce qui est du chablis, lorsque la quantité offerte augmente, le prix de vente doit diminuer davantage (que dans le cas du bois récolté sur pied) pour trouver demandeurs.

Figure 2 l Niveau de bien-être social atteint (en ordonnées) en fonction de la probabilité (*p*) et de l'ampleur (*Q*) anticipées de la tempête



Figures 3 l Part du surplus des consommateurs (à gauche) et part du profit du forestier (à droite), dans le bien-être social, en l'absence de politique publique en fonction de la probabilité (*p*) et de l'ampleur (*Q*) anticipées de la tempête



tué que de la somme du profit du forestier et des surplus des consommateurs (retirés de la consommation du bois, bois récolté sur pied comme chablis - en cas de tempête).

Les figures 2 et 3 représentent les niveaux atteints par divers indicateurs clés (surplus des consommateurs, profit du forestier, bien-être social) en fonction de la probabilité (*p*) et de l'ampleur (*Q*) anticipées de la tempête. Les données ayant permis de calibrer notre modèle sont présentées dans Jacob *et al*., (2024a ; 2024b). Dans notre scénario de référence, nous supposons que les deux qualités de bois (récolté sur pied et chablis) sont imparfaitement substituables. Ainsi, nous considérons que le chablis est capable de remplacer le bois récolté sur pied pour quelques usages (mais pas tous). De ce fait, l'élasticité de substitution entre les deux qualités de bois est non nulle. Dans notre scénario de référence, nous admettons qu'elle est égale à 0,1, de sorte que lorsque la quantité de chablis, par exemple, augmente de 1, elle entraîne une diminution du prix du bois récolté sur pied de 0,1. Aussi, lors de la lecture des résultats à venir, il convient de garder un point de référence à l'esprit : étant donné la calibration de

notre modèle numérique, une tempête pour laquelle l'ampleur Q est égale à 2 500 est une tempête dont l'ampleur est égale à une année de récolte habituelle de bois. Ainsi, Q = 7 500 correspond à une tempête qui endommagerait l'équivalent de 3 années de récolte, ce qui correspond à une tempête de type Lothar et Martin de l'hiver 1999.

En première constatation, nous pouvons observer que l'évolution du bien-être social avec l'ampleur de la tempête est non linéaire (figure 2) : la réalisation d'une tempête de faible intensité (valeurs faibles de Q) accroît le bien-être, dans la mesure où le chablis peut répondre à des nouveaux usages.[3] En revanche, des intensités de tempête plus importantes réduisent le niveau du bien-être social. Cependant, la figure 3 nous montre que la tempête a non seulement un impact sur le niveau de bien-être social, mais également sur son allocation entre le forestier et les consommateurs.

Ces figures nous montrent, selon l'ampleur et la probabilité anticipées de tempête, comment le surplus se répartit entre forestiers et consommateurs. Ainsi, le surplus du consommateur est exprimé en pourcentage du bien-être social qu'il représente, et il en va de même pour le profit du forestier (la somme des deux étant égale à 1, puisque seuls forestiers et consommateurs sont ici présents dans ce cas de *laissez-faire*). Nous pouvons constater qu'en cas de tempête de faible intensité, la hausse du bien-être social observée dans la figure 2 est accaparée par les consommateurs dont la part relative du surplus augmente (au détriment du profit du forestier). Les consommateurs apprécient l'arrivée de la nouvelle qualité de bois (le chablis), qui répond à des nouveaux usages et fait baisser l'ensemble des prix de vente. Mais, en cas de tempête d'une plus grande intensité ($Q > 1\,700$), le marché du chablis arrive à saturation : malgré un prix tombant à zéro, les consommateurs n'en demandent pas davantage. En cas de tempête d'une plus grande intensité encore, des quantités de chablis ne sont pas consommées mais entraînent tout de même une pression à la baisse sur le prix du bois récolté sur pied (celui récolté en période 0, et vendu en période 1, qui connaît la tempête). Anticipant cela, le forestier peut, dès la période 0 (avant tempête), réduire la quantité récoltée dans le but de (tenter de) maintenir des prix plus élevés, notamment en cas de tempête. Cette restriction des quantités offertes est préjudiciable aux consommateurs, dont la part du surplus dans le bien-être global tend à se réduire. Notons que si cette stratégie de « rétention anticipée » des quantités offertes par le forestier (anticipant une tempête de grande ampleur) permet de maintenir voire de légèrement accroître la part de son profit dans le bien-être social, le niveau de profit du forestier est quant à lui toujours décroissant avec l'ampleur de la tempête. En effet, la figure 3 (à droite) montre que la part du profit du forestier dans le bien-être social s'accroît légèrement à partir de $Q = 1\,700$, mais la figure 2 montre que le niveau de bien-être social décroît en ces valeurs de Q. En niveau, le profit du forestier décroît également.

Maintenant que nous avons présenté ce qu'il se passe en l'absence de toute politique publique, nous allons décrire plus précisément les deux politiques qui sont notre objet d'étude (stockage, prix plancher) avant de mener une analyse comparative.

Première politique publique : la mise en place d'aires de stockage

Afin d'expliciter ce qu'apporte la mise en place de possibilités de stockage, rappelons tout d'abord ce qu'il se passe en l'absence de toute politique. En *laissez-faire*, lorsqu'une tempête survient, le forestier doit débarder et vendre au plus vite le chablis : coût de débardage et recettes des ventes sont comptabilisés sur la période de tempête, la période 1. En outre, si le chablis peut (dans une certaine mesure) se substituer au bois récolté sur pied, il entraînera une réduction du prix du bois récolté sur pied à la période précédente (la quantité QR_0 de la figure 1).

La mise en place de solutions de stockage permet au forestier de lisser la vente du chablis sur les périodes 1 et 2 (au lieu de devoir tout vendre en période 1). Ainsi, face à l'arrivée de la quantité Q de chablis suite à la tempête, le forestier peut décider d'en extraire une quantité Q_S (avec $Q_S \leq Q$) qui sera stockée et revendue en période 2.[4] Le restant, Q-Q_S, est vendu en période 1. Le forestier supporte toujours le coût du débardage de l'intégralité du chablis, mais il peut « transférer » une partie de la quantité de chablis à la période 2 grâce au stockage. Nous supposons que la quantité Q_S ainsi transférée est décidée par le forestier (toujours dans le but de maximiser son propre profit), mais le coût de maintenance de l'aire de stockage est supporté par la puissance publique. Nous supposons ce coût proportionnel à la quantité de bois stockée Q_S.

Seconde politique publique : l'instauration de prix planchers

Une seconde politique possible réside dans l'instauration de prix planchers. Le principe est le suivant : en cas de tempête en période 1, le régulateur public fixe un prix de vente minimum en faveur du forestier. Nous admettons que cette politique est mise en place uniquement en période 1 (dans l'immédiat de la tempête), et qu'un tel prix

3 Ici, c'est davantage l'accès à une diversité de « produits » bois (et d'usages) qui est valorisé, et non la tempête à proprement parler. Rappelons que sans tempête, notre modèle ne considère qu'une seule essence et une seule qualité de bois disponible, ne répondant qu'à un nombre d'usages restreint.

4 Il est supposé que la solution de stockage permette d'éviter la dépréciation en qualité qui obligeait le forestier à vendre de suite, en période 1, lorsqu'aucune solution de stockage n'était disponible. Le chablis QS stocké et revendu en période 2 est de la même qualité que le chablis non stocké et vendu en période 1 (Q-QS).

plancher peut être déployé tant sur le chablis que le bois récolté sur pied.[5] Plus précisément, le fonctionnement de ce prix plancher est similaire à une subvention publique en faveur du forestier. En effet, si le prix de marché tombe en dessous du prix plancher garanti (au forestier) par la puissance publique, alors la puissance publique paiera au forestier, pour chaque quantité de bois vendue, la différence entre le plancher garanti et le prix de marché. Par conséquent, la recette unitaire du forestier ne tombe pas en dessous de ce plancher garanti. En revanche, le consommateur paiera toujours le prix de marché, continuant ainsi de bénéficier de la chute du prix sur le marché. Simplement, la puissance publique paie la différence entre les deux. À travers la puissance publique, c'est *in fine* le contribuable qui aide à maintenir le revenu du forestier. Nous revenons sur ce point dans l'analyse comparative suivante.

ANALYSE COMPARATIVE : STOCKAGE *VERSUS* PRIX PLANCHER

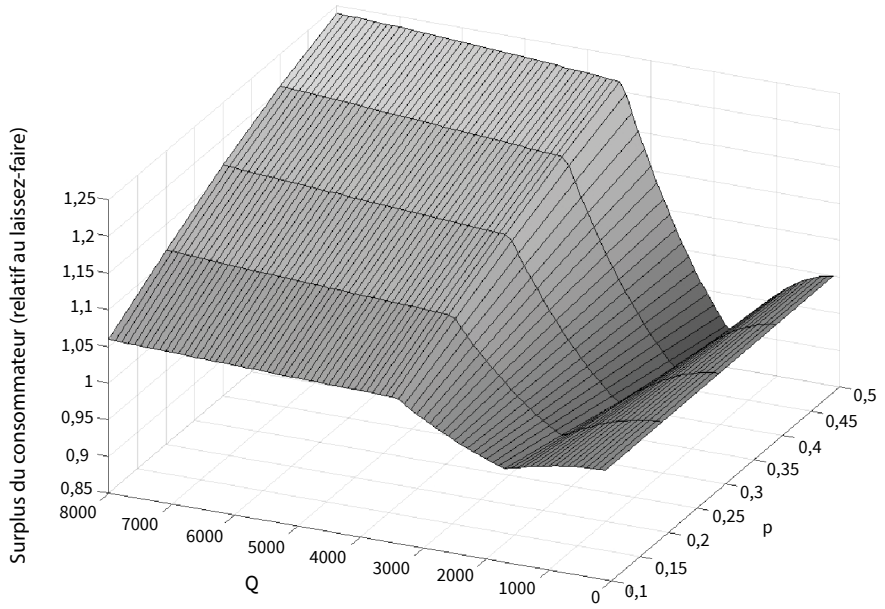
Dans un premier temps, nous comparons chacune des politiques à la situation de *laissez-faire*, puis nous les comparons entre elles, et enfin nous testons la robustesse de nos résultats au travers d'une analyse de sensibilité.

Comparaison de chacune des politiques au *laissez-faire*

Lorsque l'on compare chacune des deux politiques (stockage, prix plancher) à l'absence de politique publique (*laissez-faire*), il ressort que chacune de ces deux politiques est, globalement, toujours souhaitable (le bien-être social atteint pour chacune de ces deux politiques est toujours plus élevé que le bien-être social atteint en l'absence de politique), mais les différentes parties ne sont pas toujours toutes gagnantes. Concernant le forestier, il ressort de nos analyses qu'il est toujours gagnant à la mise en place d'une politique publique. En revanche, ce n'est pas toujours le cas des consommateurs, que ce soit en présence d'aires de stockage ou lorsque des prix planchers sont introduits. En cas de mise en place d'aires de stockage, nous montrons en effet que les consommateurs peuvent être perdants par rapport au *laissez-faire*. Tel est le cas lorsque les aires de stockage sont introduites pour répondre à des tempêtes de faible ampleur.

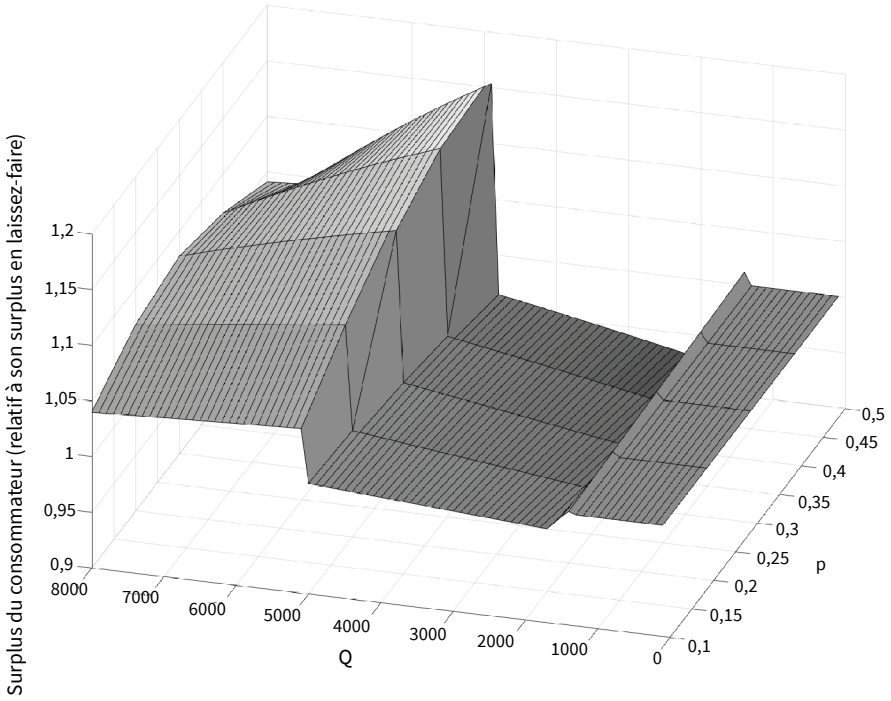
La figure 4 établit, pour chaque niveau de probabilité de tempête (p) et d'ampleur de tempête (Q) anticipés, le ratio entre le surplus des consommateurs en présence d'aires de stockage et le surplus des consommateurs en l'absence de politique. Dès lors, un ratio supérieur à 1 signifie que, pour les consommateurs, l'instauration d'aires

Figure 4 | Évolution du surplus des consommateurs en présence de stockage, relativement au cas du *laissez-faire* en fonction de la probabilité (p) et de l'ampleur (Q) anticipées de la tempête



5 Rappelons qu'en cas de substitution (même imparfaite) entre chablis et bois récolté sur pied, l'offre de chablis conséquente à la tempête entraîne aussi une chute du prix du bois récolté sur pied en période 0 (et vendu en période 1).

Figure 5 | Évolution du surplus des consommateurs en présence de prix planchers, net du coût de mise en œuvre de la politique, relativement au cas du *laissez-faire* en fonction de la probabilité (*p*) et de l'ampleur (*Q*) anticipées de la tempête



de stockage est préférable à l'absence de politique (et un ratio inférieur à 1 indique que le stockage est défavorable aux consommateurs). Nous pouvons observer que pour les tempêtes de plus faibles ampleurs (par exemple, pour *Q = 3 400* ou moins lorsque *p = 0,2*), ce ratio est inférieur à 1.[6] Ceci est la conséquence directe de l'utilisation des aires de stockage, qui permettent de maintenir les prix du bois à un niveau plus élevé qu'en *laissez-faire*, du fait du lissage de l'excédent d'offre de bois induit par la tempête sur plusieurs périodes de temps. Ainsi, par rapport au *laissez-faire,* à chaque période le stockage amène à moins de bois disponible et à un prix plus élevé, ce qui réduit le bien-être (ou surplus) des consommateurs. Mais cet effet, jouant fortement pour les tempêtes de plus faibles ampleurs (*Q = 1 700* ou moins lorsque *p = 0,2*) s'estompe, puis disparaît (au-delà de *Q = 3 400*) en présence de tempêtes de plus grandes ampleurs. Les quantités de chablis sont alors telles que les prix du bois sont faibles, même en présence d'aires de stockage. Dans ce cas, la disponibilité de quantités de bois sur plusieurs périodes de temps (et à prix faibles) est alors valorisée par les consommateurs, qui sont alors gagnants à la mise en place d'une telle politique par rapport à la situation de *laissez-faire*.

Si nous venons de montrer que les consommateurs peuvent être perdants en cas de mise en place d'aires de stockage, ils peuvent également l'être en cas d'instauration de prix planchers. Plus précisément, les consommateurs peuvent devenir perdants en présence de prix planchers lorsque le coût de mise en place de la politique leur incombe, dans une optique où les consommateurs seraient également les contribuables, finançant l'action publique. Dans ce cas, nous retirons du surplus des consommateurs le coût des fonds publics utilisés pour actionner les prix planchers (qui ne sont autre qu'une subvention au producteur, comme nous l'avons expliqué plus haut). En dehors d'une telle hypothèse (si les consommateurs ne supportent pas le coût de la politique), les prix planchers sont favorables aux consommateurs.[7]

La figure 5 est construite en suivant la même logique que la figure 4 : elle montre, pour les différentes valeurs de probabilité (*p*) et d'ampleur de tempête (*Q*) anticipées, le résultat du ratio du surplus des consommateurs en présence de prix planchers sur le surplus des consommateurs en l'absence de politique. Un ratio inférieur à 1 indique que la politique n'est pas désirable. Cela étant, contrai-

6 *Q* = 3 400 représente une tempête dont les dommages sont équivalents à un peu moins d'une année et demi de récolte, soit la moitié de l'ampleur des tempêtes Lothar et Martin de 1999 (IFN, 2003).

7 Nous avons également testé l'hypothèse d'attribuer le coût de la mise en place des aires de stockage aux consommateurs-contribuables. Les aires de stockage étant moins coûteuses que les subventions (prix plancher), les résultats restent inchangés (les consommateurs étant déjà perdants lorsque les aires de stockage sont utilisées en présence de tempêtes de faible ampleur).

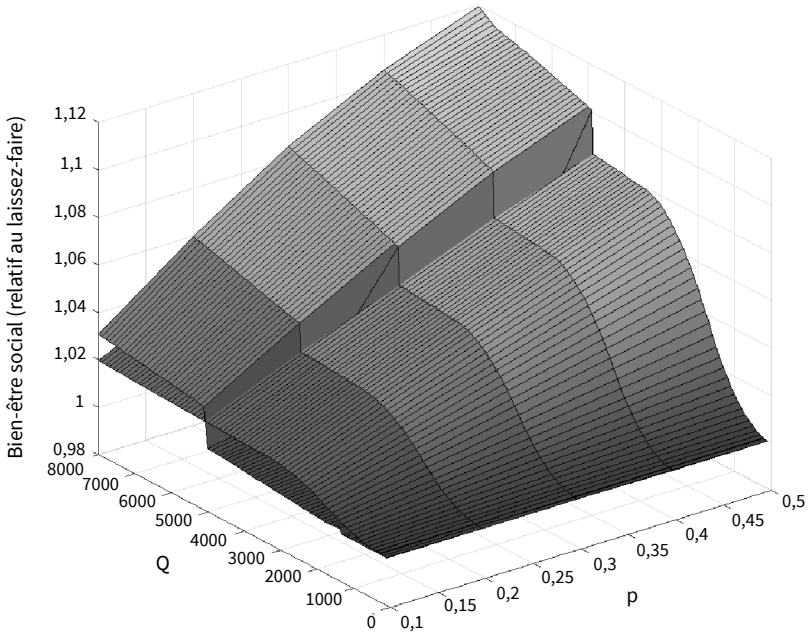
rement à ce qui prévalait dans la figure 4, ici le surplus des consommateurs en présence de prix planchers (le numérateur du ratio) est calculé net du coût de mise en œuvre de la politique de prix planchers. Ainsi, un ratio inférieur à 1 indique précisément que la politique n'est pas favorable aux « consommateurs-contribuables ». Ici, nous pouvons observer que ce cas de figure apparaît en présence de tempête d'ampleurs « intermédiaires » (dont la valeur *Q* est comprise entre 1 450 et 4 980 pour une probabilité *p = 0,2* par exemple). Comment cela s'explique-t-il ? Dans nos simulations, ces ampleurs « intermédiaires » de tempête amènent à une situation où les prix des deux qualités de bois (bois récolté sur pied et chablis) ont tous deux diminué suite à la tempête, de sorte que le prix du chablis atteint son plancher. Par rapport à la situation de *laissez-faire*, la perspective de bénéficier de ce prix garanti amène les forestiers, avant même la tempête (en période 0), à accroître la quantité de bois récolté sur pied QR_0. Cet effet est positif sur le surplus des consommateurs, qui bénéficient alors de davantage de bois récolté sur pied et à un prix plus faible (toujours par rapport au *laissez-faire*). Mais à ce stade, cet effet positif est totalement compensé par le coût de mise en œuvre de la politique publique, de sorte que l'effet global soit négatif pour les consommateurs-contribuables.[8] En revanche, en présence de tempêtes d'ampleurs plus importantes (*Q* supérieur à 4 980 pour *p = 0,2* par exemple), le supplément d'offre induit par la quantité de chablis mise à terre est tel que les prix des deux qualités de bois atteignent leurs planchers respectifs. Tandis que le coût de mise en œuvre de la politique s'accroît, la perspective de bénéficier d'un frein à la baisse de l'ensemble des prix amène le forestier, en amont, à accroître davantage encore la quantité de bois récolté sur pied QR_0. Les consommateurs bénéficient alors d'une offre importante de (toutes qualités) de bois, à un prix faible. Le surplus des consommateurs est maximal, de sorte qu'il est en mesure de compenser la hausse de coût de mise en œuvre de la politique de prix plancher. Cette dernière est alors désirable aux yeux des consommateurs-contribuables.

À présent que nous avons évoqué les spécificités propres à chaque politique en termes de désirabilité par rapport au *laissez faire*, nous allons les comparer entre elles afin de déterminer si l'une est préférable à l'autre, et en quelles circonstances.

Comparaison des deux politiques entre elles

Dans la figure 6, nous procédons à notre analyse comparative entre les deux politiques étudiées, stockage et prix planchers. Ayant déjà étudié ce que chaque politique implique pour chaque acteur (forestiers, consommateurs, régulateur public), nous centrons notre analyse sur la question du bien-être social induit par chacune des deux politiques.

Figure 6 | Comparaison des niveaux de bien-être social (stockage *versus* prix plancher), relativement au cas du *laissez-faire* (pas de politique publique) en fonction de la probabilité (*p*) et de l'ampleur (*Q*) anticipées de la tempête



8 Comme indiqué précédemment, dans l'hypothèse où le consommateur ne paie pas pour la mise en place de la politique, il est alors toujours gagnant à la mise en place de prix planchers.

La figure 6 met en avant, pour chacune des deux politiques, le ratio entre le niveau de bien-être social atteint avec cette politique, et le niveau de bien-être social atteint en l'absence de politique (*laissez-faire*), selon les valeurs de *p* et de *Q*. Un ratio supérieur à 1 indique une désirabilité de la politique en question pour l'ensemble des parties prenantes prises globalement. Nous observons en premier lieu, que pour chaque politique, le ratio est toujours supérieur à 1 : chaque politique est, globalement, toujours désirable (même si nous avons précédemment mis en lumière des situations pour lesquelles les consommateurs peuvent être perdants).

Ceci étant, la figure 6 met en évidence un classement différencié entre les deux politiques. Ainsi, pour les tempêtes de plus faibles ampleurs ($Q < 4\,980$), les politiques de stockage ont un niveau de bien-être social relatif plus important que les politiques de prix plancher, alors que les prix planchers sont préférables en présence de tempête de plus fortes ampleurs. Cette préférence pour les prix planchers en cas de tempêtes de grandes ampleurs peut apparaître surprenante à première vue, dans la mesure où le coût de mise en œuvre de cette politique est bien plus important[9], en cas de telles tempêtes, que celui des aires de stockage. Mais cette garantie de percevoir un plancher minimum sur ses recettes de vente incite le forestier à offrir de larges quantités de bois, et notamment de bois récolté sur pied, ce qui est hautement valorisé par les consommateurs, qui disposent alors de quantités importantes à faibles prix.[10]

Dans la section suivante, nous mettons ce résultat à l'épreuve de l'analyse de sensibilité. Cela signifie que nous faisons varier divers paramètres de l'analyse pour observer leur impact sur ce résultat principal.

Analyse de sensibilité

Nous testons la robustesse de notre résultat à la variation de trois paramètres du modèle : le degré de substitution entre bois récolté sur pied et chablis, les élasticités prix de la demande de bois, et le niveau du prix plancher. Les résultats de ces analyses de sensibilité sont synthétisés dans le tableau 1.

Tout d'abord, nous vérifions si notre résultat principal est sensible à un changement de l'élasticité de substitution entre les deux types de bois. Rappelons qu'une faible valeur de l'élasticité de substitution signifie une faible substitution dans les usages entre les deux types de bois : les deux marchés sont fortement segmentés (et inversement pour une valeur élevée de cette élasticité). En cas de faible élasticité de substitution, la segmentation des marchés implique qu'un mouvement sur un marché a peu d'impact sur l'autre marché. Ainsi, par exemple, la présence d'une forte quantité de chablis ne modifiera que très peu (à la baisse) le prix du bois récolté sur pied. Dans ce cas, les aires de stockage sont les plus bénéfiques au forestier : il lui est alors possible de conserver un prix élevé du chablis, en le répartissant sur plusieurs périodes (le stockage permettant ce transfert entre les périodes), et tout en évitant une baisse du prix du bois récolté sur pied. Le forestier n'ayant pas à craindre une chute importante du prix du bois récolté sur pied en cas de tempête qui amènerait un afflux de chablis, il peut alors récolter une quantité importante de bois sur pied avant tempête (valeur QR_0). L'offre de bois est alors maximale à travers toutes les périodes, ce que le consommateur apprécie également. À l'inverse, en cas de forte élasticité de substitution entre les deux types de bois, l'arrivée de chablis affecte fortement (à la baisse) le prix du bois récolté sur pied. L'efficacité du stockage diminue, puisque transférer du chablis sur plusieurs périodes va réduire l'ensemble des prix (chablis et bois récolté) sur plusieurs périodes. Dès lors, pour éviter cette chute des prix, le forestier sera amené à restreindre en amont la quantité de bois récolté : l'offre de bois sera faible, le consommateur en retirera peu de bénéfices également. En revanche, la protection offerte par les prix planchers évitera en partie ce phénomène de restriction de récolte en amont, et sera bénéfique à tous.

Ensuite, nous regardons si ce résultat est sensible à une modification des élasticités-prix de la demande de bois. Nous observons que lorsque les demandes de bois sont

Tableau 1 | Résultats des analyses de sensibilité

	Stockage *versus* prix plancher
Degré de substitution entre bois récolté sur pied et chablis	Une forte substitution est favorable au prix plancher, tandis qu'une faible substitution soutient le stockage
Élasticités prix de la demande de bois	Une faible élasticité-prix favorise le prix plancher, tandis que des élasticités-prix plus élevées (et proches) favorisent le stockage
Niveau du prix plancher	L'opportunité relative du prix plancher est remise en question lorsque le coût de l'utilisation des fonds publics est élevé

9 Selon nos simulations, en cas de réalisation d'une tempête d'ampleur Q = 6 000, l'instauration de prix-planchers pourrait être plus de 100 fois plus coûteuse (pour les finances publiques) que la mise en place d'aires de stockage.
10 Rappelons que les consommateurs bénéficient toujours du prix de marché, alors que le prix perçu par le forestier ne peut descendre sous un niveau plancher. L'éventuelle différence entre les deux niveaux est prise en charge par le régulateur public.

moins élastiques, le stockage devient moins pertinent. En effet, étant donné que le stockage vise à éviter une chute des prix en lissant l'excédent de l'offre (de chablis) sur plusieurs périodes, dans un cas où le prix du bois diminue à un rythme très lent lorsque l'offre augmente, l'efficacité du stockage est moins évidente. Inversement, lorsque la demande devient plus élastique, la performance relative du stockage augmente ; et ce d'autant plus que les valeurs des deux élasticités-prix (bois sur pied et chablis) se rapprochent.

Enfin, nous testons dans quelle mesure le résultat est sensible à une modification des niveaux des prix planchers. Alors que notre scénario de référence met en évidence un compromis entre le stockage (dominant pour les tempêtes de faibles ampleurs) et le prix plancher (dominant pour les tempêtes de fortes ampleurs), notre analyse de sensibilité révèle que l'intérêt relatif du prix plancher résiste à un changement à la hausse des niveaux des prix planchers. Malgré une forte augmentation du coût de mise en œuvre de la politique, parce que les planchers se déclenchent pour des tempêtes de plus faibles ampleurs, la désirabilité relative de la politique augmente du fait qu'un forestier propose une plus grande quantité de bois récolté, grâce à la perspective d'un profit préservé en cas de baisse des prix. Notons que la politique de prix plancher est dominée par la politique de stockage uniquement lorsque le coût de l'utilisation des fonds publics est élevé.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Depuis les tempêtes Lothar et Martin qui ont frappé l'Europe en 1999, la France et plusieurs autres pays européens (notamment l'Allemagne) ont déployé, à plusieurs reprises, des aires de stockage, afin de lutter contre la chute des prix du bois post-tempêtes. Dans cet article, nous nous interrogeons sur les bienfaits d'une telle politique, tant au niveau global qu'au niveau de chaque acteur impliqué : le producteur forestier, les consommateurs de bois et la puissance publique. En outre, nous menons une analyse comparative avec une autre politique possible, mais à notre connaissance jamais encore déployée : l'instauration de prix planchers. Nous comparons chacune de ces deux politiques à une situation dite de *laissez-faire* (absence de politique), puis nous comparons les deux politiques entre elles.

Nos résultats montrent que les producteurs forestiers bénéficient toujours de la mise en place d'une politique, que ce soit une politique de stockage ou la fixation d'un prix plancher. En revanche, les consommateurs peuvent parfois être perdants. Tel est le cas lorsque les aires de stockage sont mises en place suite à des tempêtes de faibles ampleurs ou, en cas de prix planchers, lorsque le consommateur est également le contribuable finançant l'action publique.

Notre comparaison des deux politiques révèle que, bien que chaque politique soit globalement préférable à l'absence de toute politique (*laissez-faire*), la politique de prix plancher est préférable socialement à la politique de stockage en cas de tempêtes de fortes ampleurs, tandis que le stockage est préférable en cas de tempêtes de plus faibles ampleurs.

Deux faits majeurs sont mis en évidence par nos travaux. En premier lieu, la mise en place d'une politique peut faire apparaître des antagonismes entre les acteurs (et notamment entre les producteurs forestiers et les consommateurs). Ensuite, l'ampleur anticipée de la tempête joue un rôle crucial dans le choix de la politique publique à instaurer.

Le premier point met en lumière un écueil qui peut facilement être rencontré en matière de politique publique : en ciblant une catégorie d'acteurs, une politique peut porter préjudice à une autre catégorie d'acteurs. Alors que l'objectif premier d'une politique de gestion de prix post-tempête est de soutenir les producteurs de la filière forêt bois, notre analyse révèle la nécessité de tenir compte des effets sur les consommateurs en aval de la filière. En l'occurrence, pour des tempêtes de faibles ampleurs, la mise en place d'aires de stockage semble moins apte à parvenir à un arbitrage favorable à chaque acteur pris individuellement, quand bien même il s'agisse de la politique qui génère le plus de bien-être dans l'ensemble de la société au global.

Concernant notre second point, nous montrons que pour des tempêtes dont les dommages correspondent à moins de deux années de récoltes, les politiques d'implantation d'aires de stockage, qui ont été privilégiées jusqu'à présent, semblent les plus souhaitables d'un point de vue global. En revanche, dès lors que les dommages associés à la tempête dépassent l'équivalent de deux années de récolte, il serait préférable socialement d'instaurer un prix plancher. Cela signifie que pour les tempêtes Lothar et Martin, dont les dommages correspondaient à environ trois années de récolte française (139,6 millions de m^3 pour une récolte annuelle en France de 43 millions de m^3) (IFN, 2003), nos résultats de simulations suggèrent qu'un prix plancher aurait pu être une solution socialement efficace. En revanche, pour la tempête Klaus dont les dommages correspondaient à environ une année de récolte française (42,5 millions de m^3 pour une récolte annuelle en France de 43 millions de m^3) (IFN, 2009), nos résultats suggèrent que la mise en place d'aires de stockage correspondait bien à la solution la plus souhaitable d'un point de vue global, même si les consommateurs ont pu être lésés.

Pour conclure, notre analyse montre que l'intervention publique post-tempête pour gérer la chute des prix du bois est souhaitable, et ouvre la voie à des réflexions supplémentaires. Nous soulignons que le choix de la politique à mettre en place peut dépendre des acteurs que l'on souhaite cibler, et de l'ampleur des tempêtes, mais notre analyse mériterait encore d'être complétée et étendue à plusieurs égards. Dans la mesure où notre travail constitue, à notre connaissance, la première analyse de bien-être comparant des politiques de gestion de prix du bois post-tempête, nous l'avons construite sur base d'hypothèses simples, dont certaines mériteraient d'être levées afin d'appréhender des comportements plus proches du réel, ou encore de mieux cibler des spécificités locales en matière d'organisation de marché. Ainsi, notre analyse n'a pas tenu compte des effets qu'une aversion pour le risque des producteurs forestiers pourrait induire. Or, dans la littérature, l'aversion pour le risque des propriétaires forestiers a souvent un impact significatif sur leurs décisions comme celle d'adaptation face au changement climatique (Brunette *et al.*, 2020). On pourrait alors s'attendre à ce que le fait d'intégrer cette aversion ait un effet sur nos résultats. Nous avons également supposé un unique producteur forestier représentatif, en position de monopole. Si une telle organisation de marché reflète bien la réalité de certains pays dans lesquels la forêt est principalement publique, gérée par un unique opérateur (Suisse, Canada, Russie, Pologne, Bulgarie parmi d'autres), elle ne coïncide qu'assez peu avec la situation française, caractérisée davantage par une atomicité d'acteurs privés (et ce malgré la présence d'un domaine public assez important). La prise en compte d'une multiplicité de producteurs concurrents constituera donc l'une des premières voies d'extension de cette recherche, qui appelle à être poursuivie. ■

Remerciements

Cette recherche a bénéficié du soutien fiancier d' INRAE par le biais du PSDR4-AFFORBALL (2016-2020).

RÉFÉRENCES

Adams, B., Betts, S. et Wade Brorsen, B. (2000). Effects of reduced government deficiency payments on post-harvest wheat marketing strategies. *The Journal of Futures Markets*, *20*, 243–263. https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9934(200003)20:3%3C243::AID-FUT3%3E3.0.CO;2-F

Bavard, D., De Lagarde, O. et Magrum, M. (2013). Évaluation du volet mobilisation des bois chablis – Plan de solidarité nationale consécutif à la tempête Klaus du 24 Janvier 2009. Paris : CGAAER.

Brèteau-Amores, S., Yousefpour, R., Hanewinkel, M. et Fortin, M. (2023). Forest adaptation strategies to reconcile timber production and carbon sequestration objectives under multiple risks of extreme drought and windstorm events. *Ecological Economics*, 107903. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107903

Brunette, M., Hanewinkel, M., et Yousefpour, R. (2020). Risk aversion hinders forestry professionals to adapt to climate change. *Climatic Change, 162*, 2157–2180. https://doi.org/10.1007/s10584-020-02751-0

Caurla, S., Garcia, S. et Niedzwiedz, A. (2015). Store or export? An economic evaluation of financial compensation to forest sector after windstorm. The case of Hurricane Klaus. *Forest Policy and Economics*, *61*, 30–38. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2015.06.005

Costa, S. et Ibanez, L. (2005). Can wood storage be profitable? French experience after the windstorms in 1999. *Journal of Forest Economics*, *11*, 161–176. https://doi.org/10.1016/j.jfe.2005.08.001

CGAEER. (2010). Bilan du plan national pour la forêt (2000-2009) à la suite des tempêtes de décembre 2009, Rapport du CGAEER n° 10089, Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux.

Della-Marta, P. et Pinto, J. (2009). Statistical uncertainty of changes in winter storms over the North Atlantic and Europe in an ensemble of transient climate simulations. *Geophysical Research Letters*, *36*, L14703. https://doi.org/10.1029/2009GL038557

Gardiner, B., Blennow, K., Carnus, J., Fleischner, P., Ingemarson, F., Landmann, G., Lindner, M., Marzano, M., Nicoll, B., Orazio, C., Peyron, J., Reviron, M., Schelhaas,M., Schuck, A., Spielmann, M. et Usbeck, T. (2011). Destructive storms in European forests: Past and forthcoming. EFI report. http://www.efiatlantic.efi.int/files/attachments/efiatlantic/2010-storm/storms_final_report_main_text_141210b.pdf

Gardner, B. (1988). Export Policy, Deficiency Payments, and a Consumption Tax. *The Journal of Agricultural Economics Research*, *40*, 38–41. https://doi.org/10.22004/ag.econ.136992

Holecy, J. et Hanewinkel, M. (2006). A forest management risk insurance model and its application to coniferous stands in southwest Germany. *Forest Policy and Economics*, 8, 161–174. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2004.05.009

IFN. (2003). Les tempêtes de décembre 1999 : Bilan national et enseignements. L'IF n°2, décembre 2003. https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/L_IF_no02_tempetes.pdf

IFN. (2009). Tempête Klaus du 24 janvier 2009 : 234 000 ha de forêt affectés à plus de 40 %, 42.5 millions de m^3 de dégâts. L'IF n°21, 1er trimestre 2009. https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/IF21_internet.pdf

Jacob, J., Leblois, A. et Brunette, M. (2024a). An economic analysis of a storage policy after a storm occurrence in forestry. *Environmental Modeling and Assessment*. https://doi.org/10.1007/s10666-024-10011-z

Jacob, J., Leblois, A. et Brunette, M. (2024b). The public management of price risk after a storm in forestry: storage vs

price-floor. Working paper BETA 2024 – 60. https://www.beta-economics.fr/working-papers/2024-60/

Lecocq, M., Costa, S., Drouineau, S. et Peyron, J.-L. (2009). Estimation du préjudice monétaire dû à la tempête Klaus pour les propriétaires forestiers. *Forêt-Entreprise*, *189*, 48–52.

Martin, L. et MacLaren, D. (1976). Market stabilization by deficiency payment programs: Theoretical analysis and its application to the Canadian pork sector. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, *24*, 31–49. https://doi.org/10.1111/j.1744-7976.1976.tb02813.x

Miranda, M. et Glauber J. (1991). Providing Crop Disaster Assistance through a Modified Deficiency Payment Program. *American Journal of Agricultural Economics*, *73*, 1233–1243. https://doi.org/10.2307/1242451

Nicolas, J. (2009). Les conséquences de la tempête du 24 janvier 2009 dans le sud-ouest. Rapport d'information n°1836, Assemblée Nationale.

Prestemon, J. P. et Holmes, T. P. (2000). Timber price dynamics following a natural catastrophe. *American Journal of Agricultural Economics*, *82*, 145–160. https://doi.org/10.1016/j.jfe.2016.09.002

Schelhaas, M.-J., Nabuurs, G.-J. et Schuck, A. (2003). Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9, 1620–1633. https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00684.x

Schelhaas, M.-J., Hengeveld, G., Moriondo, M., Reinds, G.-J., Kundzewicz, Z. W., ter Maat, H. et Bindi, M. (2010). Assessing risk and adaptation options to fires and windstorms in European forestry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, *15*, 681–70. https://doi.org/10.1007/s11027-010-9243-0