



**HAL**  
open science

# **Instruments économiques pour une gestion optimale d'un peuplement forestier exploité par sa production ligneuse et son captage du gaz carbonique en situation risquée**

Stéphane Couture, Max Bruciamacchie, Marielle Brunette, Jacques-Alexandre Laye, Anne Stenger-Letheux, Arnaud Reynaud

## ► To cite this version:

Stéphane Couture, Max Bruciamacchie, Marielle Brunette, Jacques-Alexandre Laye, Anne Stenger-Letheux, et al.. Instruments économiques pour une gestion optimale d'un peuplement forestier exploité par sa production ligneuse et son captage du gaz carbonique en situation risquée. [Contrat] DD0048, Ministère Délégué à la Recherche. 2008, 108 p. hal-01189362

**HAL Id: hal-01189362**

**<https://hal.science/hal-01189362>**

Submitted on 6 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

**Instrumentes économiques pour une gestion optimale d'un peuplement forestier exploité par sa production ligneuse et son captage du gaz carbonique en situation risquée**

**Rapport final**

**2008**

---

Coordonné par Stéphane Couture du Laboratoire d'Economie Forestière (LEF)

Conduit en partenariat avec Max Bruciamacchie, Marielle Brunette, Jacques Laye, Anne Stenger du Laboratoire d'Economie Forestière (LEF) et Arnaud Reynaud du Laboratoire d'Economie des Ressources Naturelles (LERNA)

---

---

*L'objectif de ce projet de recherche est de construire des modèles économiques qui expliquent la prise de décision des producteurs forestiers en présence de risques naturels et en se concentrant sur deux produits forestiers : le bois et le carbone. Elle vise aussi à dresser un état de l'art sur la gestion et la prévention des risques naturels encourus par les ressources forestières, en ciblant le risque incendie. Ce travail permettra d'apporter des éléments de réflexion et de discussion sur la façon de formaliser le comportement des sylviculteurs face à un risque naturel et en tenant compte du caractère multifonctionnel de la forêt. Il a aussi pour objectif d'analyser les effets, sur le comportement de production et de protection contre le risque d'incendie des propriétaires forestiers, de différents instruments économiques dont le but est de les inciter à intégrer la fonction écologique (et plus précisément la fixation de dioxyde de carbone) de la forêt dans leur processus de prise de décision.*

La démarche générale d'élaboration du rapport final qui suit, repose sur les objectifs fixés lors de la signature du projet. Ce rapport regroupe, d'une part, une synthèse des différents travaux de recherche réalisés au cours de ce projet et, d'autre part, les différentes études effectuées répertoriées qui ont été, pour la plupart, présentées lors de conférences internationales et nationales et en cours de publication.

---

<b>Sommaire</b>	<b>Pages</b>
Synthèse générale	4
Partie I. La forêt dans le développement durable face aux risques naturels	15
Chapitre I-1. La forêt dans le protocole de Kyoto et la lutte contre le changement climatique	15
Chapitre I-2. Les mesures de couverture et de protection contre les risques naturels en forêt	34
Partie II. Une revue de la littérature existante sur le sujet	59
Chapitre II-1. La revue de la littérature portant sur l'analyse statique des mesures de couverture contre les risques naturels	59
Chapitre II-2. La revue de la littérature portant sur l'analyse dynamique de la gestion forestière multifonctionnelle en univers risqué	86
Partie III. L'analyse statique des mesures de couverture et de prévention contre les risques naturels en forêt	90
Chapitre III-1. Auto-assurance, assurance et risques naturels : une application à la gestion forestière	90
Chapitre III-2. L'impact de l'intervention publique sur les activités d'assurance et d'auto-assurance en gestion forestière risquée	93
Chapitre III-3. Une approche dynamique des activités d'épargne et d'auto-assurance en gestion forestière risquée	96
Chapitre III-4. Une enquête expérimentale auprès des propriétaires forestiers privés	99
Partie IV. L'analyse dynamique de la gestion multifonctionnelle d'un peuplement en univers Risqué	102
Chapitre IV-1. La gestion forestière face à un risque d'incendie lorsque la séquestration du carbone a une valeur	102
Chapitre IV-2. La gestion multifonctionnelle forestière en univers risqué : un outil numérique d'aide à la décision	106

## *Synthèse générale*

La forêt constitue un écosystème complexe qui procure à la société de nombreux services, traditionnellement regroupés en trois ensembles : la fonction de production, la fonction écologique et enfin la fonction sociale. L'Etat entend désormais définir une politique de gestion globale de la ressource forestière reposant sur le principe de gestion durable et multifonctionnelle des forêts et impliquant les propriétaires privés. Cette politique s'inscrit dans le respect des engagements internationaux pris lors des conférences internationales et européennes visant à garantir une gestion qui préserve l'ensemble des fonctions économiques, environnementales et sociales des espaces forestiers. Le principe de la gestion durable et multifonctionnelle des forêts privées a été érigé en « règle de conduite » pour tous les propriétaires. Seule la fonction de production et plus précisément la récolte de bois (et quelquefois la chasse) donne lieu actuellement à une valorisation économique marchande. L'absence explicite de valorisation monétaire des autres biens et services procurés par la forêt conduit implicitement les acteurs économiques à leur attribuer une valeur nulle lors des processus de décision. La dégradation de l'environnement, en termes de patrimoine et qualité de vie, tend par contraste à conférer une importance croissante aux services écologiques et récréatifs assurés par la forêt. Paradoxalement, alors que cette demande sociale ne cesse de s'accroître, le maintien d'un équilibre entre les différents rôles de la forêt devient parfois de plus en plus difficile à assurer sur le plan financier pour le propriétaire forestier. De plus, à l'écart de tout processus marchand, de nombreux biens et services procurés par la forêt, autres que le bois, peuvent être actuellement mesurés en terme économique. La question de l'intervention de la collectivité à travers des mécanismes économiques spécifiques est ainsi clairement posée.

De plus, les productions forestières sont soumises, depuis toujours, à l'occurrence de risques naturels, dont les tempêtes de décembre 1999 et les incendies de forêts de l'été 2003 donnent par exemple la mesure. Ainsi, à titre d'exemple, citons les 138 millions de mètres cube de dégâts occasionnés par la tempête de décembre 1999 dont 90 millions parmi eux ont eu lieu en forêt privée<sup>1</sup>, mais aussi les 61057 hectares parcourus par 3490 feux en région méditerranéenne française lors de l'été 2003<sup>2</sup>. Selon la définition du Ministère de l'Environnement<sup>3</sup>, « on parle d'incendie de forêt lorsque le feu concerne une surface minimale d'un hectare d'un seul tenant, qu'une partie au moins des étages arborés (parties hautes) est détruite et que le phénomène échappe au contrôle de l'homme, tant en durée qu'en étendue ». Est donc considéré comme un feu de forêt tout incendie qui menace plus d'un hectare de bois, de maquis ou de garrigues. Les zones sensibles aux incendies de forêt concernent en France 13%

---

<sup>1</sup> Données issues du Rapport IDF: "Les systèmes d'assurance en forêt et les progrès possibles".

<sup>2</sup> Chiffres issus de la banque de données Prométhée sur les incendies de forêt en région méditerranéenne en France, catégorie statistique et bilan.

<sup>3</sup> Définition issue de l'ouvrage "Incendies de forêt et argent public" de P.H Fleur, p23.

du territoire soit 7 millions d'hectares dont 4,2 millions dans le Sud-Est<sup>4</sup>. Depuis 1991, la tendance est à la réduction des surfaces brûlées. En effet, la superficie moyenne des feux est passée de 8,7 hectares sur la période 1982-1990 à 3,2 hectares sur la période 1991-1999. L'année 1991 constitue également un seuil en ce qui concerne le nombre de feux de forêt dans la mesure où depuis cette date leur nombre s'accroît. En effet, en 1991 le nombre de feux est d'environ 4000 alors que 6 années plus tard, en 1997, il dépasse légèrement 8000<sup>5</sup>.

Les risques catastrophiques entraînent souvent la destruction partielle ou totale des peuplements et, outre le préjudice portant sur la production de bois, ont des conséquences sur les autres fonctions, par exemple en libérant le carbone fixé lors de la croissance des peuplements. Pour simplifier et prendre en compte ce phénomène de manière nette, nous supposons ici que le risque subi par la forêt est une destruction totale et nous assimilerons par hypothèse le risque traité à celui d'un incendie. Or ces différents aspects (risque, usage multi-fonctionnel de la forêt) sont souvent négligés dans l'analyse de la prise de décision des propriétaires forestiers.

Ces événements naturels ne constituent pas seulement des catastrophes écologiques mais sont aussi des catastrophes économiques pour les propriétaires forestiers français. Un pourcentage très faible (environ 2 %) du montant des dégâts des forêts fera l'objet d'une indemnisation par les assurances. Les indemnisations de ces événements exceptionnels ne peuvent relever ni du régime des « catastrophes naturelles » ni de celui des « calamités agricoles », car la loi de juin 1990 élargit la garantie incendie des assurances de dommages aux effets de tempête, rendant ces risques assurables par le simple régime de l'assurance dommage<sup>6</sup>. Très peu de forêts sont couvertes par une telle assurance. Avant la tempête, la forêt était très peu assurée contre l'incendie et la tempête. On estime que cette couverture était de moins de 0,5 % des propriétaires forestiers, soit environ 7 % de la forêt privée. L'assurance de la production forestière ne s'est développée que pour le risque de feu de forêt. Suite aux tempêtes de décembre 1999, la couverture simultanée du risque tempête par les contrats d'assurance incendie a entraîné un renchérissement des primes d'assurance et un désengagement de certaines compagnies d'assurance, ce qui a contribué à réduire encore davantage le nombre des propriétaires forestiers assurés. Tenant compte de cette situation, la loi d'orientation sur la forêt de juillet 2001 a abrogé cette disposition. Actuellement, les risques d'incendie comme de tempête sont très faiblement assurés dans le secteur forestier. Bien que souscrits par très peu de propriétaires, les contrats d'assurance privée constituent cependant une couverture contre les risques naturels potentiels.

---

<sup>4</sup> Suivi de la teneur en eau de la végétation méditerranéenne par télédétection. Application au risque de feu de forêt. DAURIAC Fabien, DESHAYES Michel, GILLON Dominique, ROGER Jean-Michel.

<sup>5</sup> p37, 84 et 69 du rapport : Analyse des comportements de prévention et d'assurance des sylviculteurs face aux risques naturels encourus par la forêt, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable n° 01131, Programme de recherche "Evaluation et prise en compte des risques".

<sup>6</sup> Tout assuré ayant souscrit une assurance dommage contre le risque incendie est automatiquement couvert contre les effets du vent dû aux tempêtes, ouragans et cyclones.

Les précédentes mesures relatives à l'assurance privée ont conduit les propriétaires forestiers à se détourner de ces dispositifs. Parallèlement à ces mesures, d'autres dispositions, collectives ou individuelles, émergent. D'un point de vue collectif, l'Etat s'est doté de textes législatifs traduisant la nécessité de prendre en compte ces risques dans la gestion forestière. L'Etat intervient aussi régulièrement afin de couvrir les dommages subis par les aléas naturels. L'Etat, à la suite d'une tempête ou d'un incendie ne pouvant pas intervenir directement puisque ces risques sont considérés comme assurables, aide les victimes à l'aide de programmes de soutien public. L'objectif de tels programmes est d'assurer aux propriétaires un revenu moyen ou de couvrir une partie du sinistre. Ces programmes publics posent cependant des problèmes de risque moral. En effet, les propriétaires se sentant couverts par de tels programmes, n'adoptent pas les mesures efficaces de couverture et de prévention contre ces risques. Dans une perspective individuelle, la quasi absence d'assurance des risques naturels devraient inciter les propriétaires à adopter des activités d'auto-assurance ou d'auto-protection<sup>7</sup>. De tels comportements ne sont pas généralement observés. Les propriétaires forestiers ont en effet tendance à sous-estimer, voire à ignorer, ces types de risque à faible probabilité. Ils anticipent aussi une indemnisation partielle ou totale par l'Etat des pertes dues à un événement exceptionnel. Ceci explique en partie la divergence entre le niveau d'auto-assurance choisi par les propriétaires forestiers et le niveau socialement efficace. Ce bref aperçu de la situation actuelle française fait ressortir que la question jointe de l'assurance et de la prévention en forêt continue de préoccuper tant les propriétaires forestiers privés que les gestionnaires et décideurs publics.

L'analyse du comportement des propriétaires forestiers sylvicoles en termes de gestion multifonctionnelle de la forêt et de couverture en présence de risques naturels s'inscrit dans le domaine des études de processus décisionnels en univers incertain. Une telle étude doit inclure deux composantes. La première consiste à analyser le comportement du propriétaire forestier privé en situation risquée en termes de couverture et de prévention contre les risques naturels. La deuxième vise à étudier l'impact de la prise en compte des aspects non marchands de la forêt sur la gestion sylvicole en univers risqué. Il est ensuite possible d'étudier les effets d'instruments économiques visant à inciter les propriétaires forestiers à intégrer la fonction écologique (et plus précisément la fixation de dioxyde de carbone) de la forêt dans leur processus de prise de décision. Cette démarche

---

<sup>7</sup> Dans leur article de 1972, Ehrlich et Becker sont les premiers à utiliser les termes d'auto-assurance et d'auto-protection. Le premier est associé à une mesure de couverture contre des risques potentiels alors que le second est associé à une mesure de prévention contre des risques éventuels. Les auteurs montrent également que l'assurance privée et l'auto-assurance sont des substituts, c'est à dire que lorsque le coût de l'assurance privée s'accroît, la demande d'auto-assurance augmente et celle d'assurance privée baisse.

L'assurance privée et l'auto-protection, quant à eux, sont des compléments. Cela signifie qu'une augmentation de la productivité de l'auto-protection ou une réduction dans les coûts réels de l'assurance privée devraient accroître la demande pour les deux types de couvertures.

Un des objectifs de ce mémoire va donc être de voir si les résultats traditionnels, tels que ceux mis en évidence par Ehrlich et Becker, restent vrais lorsqu'ils sont appliqués à notre problématique forêt.

générale, non spécifique à notre problématique, s'avère la plus adaptée. C'est sur cette base de réflexion qu'a reposé le déroulement des travaux du projet, il en sera de même pour ce rapport. Ce dernier comprend donc quatre phases : la forêt dans le développement durable face aux risques naturels, une revue de la littérature existante sur le sujet, l'analyse statique des mesures de couverture contre les risques naturels et l'analyse dynamique de la gestion multifonctionnelle d'un peuplement en univers risqué. Pour chacune de ces phases, seront présentés les travaux réalisés.

L'objectif de l'étude est de construire des modèles économiques qui expliquent la prise de décision des producteurs forestiers en présence de risques naturels et en se concentrant sur deux produits forestiers : le bois et le carbone. Elle vise aussi à dresser un état de l'art sur la gestion et la prévention des risques naturels encourus par les ressources forestières, en ciblant le risque incendie. Ce travail permet d'apporter des éléments de réflexion et de discussion sur la façon de formaliser le comportement des sylviculteurs face à un risque naturel et en tenant compte du caractère multifonctionnel de la forêt. Il a aussi pour objectif d'analyser les effets, sur le comportement de production et de protection contre le risque d'incendie des propriétaires forestiers, de différents instruments économiques dont le but est de les inciter à intégrer la fonction écologique (et plus précisément la fixation de dioxyde de carbone<sup>8</sup>) de la forêt dans leur processus de prise de décision. Les instruments économiques qui sont étudiés visent à inciter les propriétaires forestiers à intégrer la fonction écologique de la forêt dans leur processus de prise de décision. Affecter à cette fonction assumée par les forêts un équivalent monétaire calculé paraît un des plus sûrs moyens de la faire reconnaître et donc d'en assurer la protection. Une fois cette fonction valorisée, les pouvoirs publics peuvent utiliser d'autres outils économiques visant à en réguler son usage. Les politiques qui sont examinées sont les suivantes : subventionner les activités qui contribuent à garder le carbone verrouillé ou taxer les activités qui contribuent à libérer le carbone verrouillé, investir davantage dans la lutte contre les feux de forêt<sup>9</sup>, encourager un programme de maintien sur pied des espèces forestières<sup>10</sup>. L'analyse des effets de ces instruments sur le comportement de production et de protection contre le risque

---

<sup>8</sup> Dans un premier temps, nous nous limiterons à l'analyse de l'effet d'un incendie sur la production de bois et sur une seule fonction non marchande : la fixation de dioxyde de carbone. Il est clair qu'un incendie entraîne aussi la perte d'autres biens non marchands comme la biodiversité, le paysage, les activités récréatives, la protection des sols, le traitement des eaux... L'intégration de l'ensemble de ces autres biens non marchands pourra être envisagée dans un second temps. Toutefois l'objectif de ce projet est de montrer en quoi l'insertion de revenus issus d'un bien non marchand affecte la décision de coupe d'un propriétaire forestier et non pas de lister les effets globaux d'un incendie sur la multifonctionnalité de la forêt, ce qui constitue une problématique en soi.

<sup>9</sup> Citons quelques mesures de lutte contre le risque d'incendie : création de pistes, de fossés, de passage pour les camions, multiplication des points d'eau, observation météorologique et patrouille de surveillance, choix des essences (pyrophiles ou pyrorésistantes), état du peuplement, entretien de la forêt, débroussaillage, arrosage de la végétation, action de sensibilisation de la population (développement des points d'information et de la signalisation)...

<sup>10</sup> Quand les arbres croissent, ils absorbent ou fixent une quantité de carbone qui est proportionnelle à la croissance de leur biomasse.



d'incendie des propriétaires forestiers ne peut se faire sans avoir au préalable conçu un cadre d'analyse décrivant ce comportement, tant statique que dynamique.

### ***Partie I. La forêt dans le développement durable face aux risques naturels***

La première partie de ce rapport vise à présenter le contexte dans lequel se place ce projet. Sont décrits, dans un premier temps, le rôle des forêts dans le développement durable et dans un second temps, les différentes mesures de couverture et de prévention contre les risques naturels en forêt.

Après un rappel historique sur les engagements internationaux pris par l'Etat français ayant pour objectif la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la place de la forêt dans ce processus est donnée. La gestion forestière est présentée dans l'article 3.4 du Protocole de Kyoto. Plus précisément, sont indiqués les rôles et la place des forêts tempérées dans la fonction de séquestration du carbone. Différents facteurs de gestion forestière influencent la séquestration de carbone par les arbres. La quantité totale de carbone séquestré par une forêt sur une superficie donnée est pour l'essentiel fonction de l'âge du peuplement, des essences plantées, des conditions climatiques (températures, précipitations, ...), des caractéristiques propres du site (vent, présence de nuisibles, ...) et de la gestion de ce dernier (durée des rotations, éclaircies, abattage, débroussaillage, ...). La question de la permanence de la séquestration de carbone en forêt, est aussi abordée, puisqu'il peut arriver que la forêt brûle, soit abattue ou détruite, auquel cas le carbone stocké est prématurément relâché dans l'atmosphère. Les principaux facteurs, naturels ou humains, à l'origine de la libéralisation, totale ou partielle, de la séquestration du carbone d'une forêt sont décrits. Ainsi le risque d'incendie est un facteur important dans la fonction écologique de la forêt et s'avère un critère fondamental à intégrer dans l'analyse des décisions publiques en matière de fixation du carbone par l'activité sylvicole.

En bref, la forêt peut jouer un rôle considérable dans la séquestration du carbone. Cependant, cette fonction n'étant pas actuellement valorisée, elle demeure négligée par les propriétaires forestiers privés. De plus, la présence des risques naturels et de leurs dommages éventuels accentue ce constat.

Les dommages créés par les risques naturels en forêt peuvent être atténués par des mesures de prévention et de couverture prises par les propriétaires forestiers ou par les organismes publics. Les mesures de couverture sont tout d'abord présentées en distinguant celles dues aux obligations législatives de celles entreprises par les individus. D'un point de vue collectif, des stratégies et dispositifs de prévention face au risque d'incendie ont été élaborés au fil des années. Ces différents plans sont présentés de façon détaillée. D'un point de vue individuel, plusieurs mesures de prévention peuvent être prises par les propriétaires forestiers privés afin de se prémunir contre les risques de feux de forêt. Citons les mesures sylvicoles ou de gestion du peuplement telles que le débroussaillage ou la surveillance. Parallèlement à ces mesures, nous présentons les actions de couverture contre les

risques naturels, principalement l'assurance privée mais aussi les activités d'auto-assurance techniques liées à la sylviculture du peuplement ou financière. Les spécificités de l'assurance forestière sont dégagées. Enfin le problème des programmes de soutien public est étudié.

En résumé, l'assurance privée en forêt en France est souscrite par très peu de propriétaires forestiers privés du fait en partie d'une inadéquation entre l'offre et la demande. Les mesures d'auto-assurance et d'auto-protection individuelles sont coûteuses pour les propriétaires forestiers et restent peu utilisées pour se couvrir contre les risques naturels. Enfin, la présence de programmes publics désincite les propriétaires à adopter les mesures nécessaires.

## ***Partie II. Une revue de la littérature existante sur le sujet***

Le sujet traité dans ce projet étant très vaste, il existe une multitude de travaux économiques s'intéressant à cette problématique. Nous avons de ce fait ciblé la revue de la littérature autour de deux thèmes : le premier relatif à l'analyse économique des décisions de couverture et de prévention contre les risques naturels, et le second lié à la gestion durable d'un peuplement en univers risqué.

Le problème de choix de mesures de couverture et de prévention contre les risques naturels touche la littérature sur l'économie du risque et de l'incertain ainsi que l'économie de l'assurance. Nous avons donc présenté le cadre théorique général du mécanisme de l'assurance privée et celui de l'auto-assurance et de l'auto-protection. Ainsi sont définis les choix optimaux relatifs à chacune de ces mesures. La décision optimale en matière d'assurance est conditionnée par la forme de la fonction d'utilité, indicateur des préférences du propriétaire forestier, et par la valeur du taux de chargement. Ainsi, lorsque la fonction d'utilité est strictement concave (ce qui correspond à un comportement d'aversion stricte pour le risque, cette hypothèse étant validée d'un point de vue tant théorique qu'empirique), si le facteur de chargement est nul alors la couverture sera complète tandis que, si la prime est actuarielle alors la couverture sera partielle, le propriétaire supportant une partie du risque. De ce fait, selon les préférences vis-à-vis du risque du propriétaire forestier et le coût de l'assurance, il peut être optimal pour l'agent de s'assurer totalement, partiellement ou nullement. Le choix de l'activité d'auto-assurance optimal est déterminé lorsque, pour une unité supplémentaire de cette mesure, le rapport des coûts marginaux est égal au rapport des bénéfices marginaux. Pour les mesures d'auto-protection, l'optimum est obtenu lorsque le coût marginal espéré associé à l'accroissement de l'activité d'auto-protection est égal au bénéfice marginal espéré résultant de la réduction de la probabilité de perte. Ces différents choix optimaux dépendent de plusieurs paramètres pour lesquels nous présentons les résultats théoriques de statique comparative. Les différentes applications de ce cadre théorique, notamment celles concernant les risques naturels, sont présentées.

Il en ressort de l'étude de ces modèles certaines limites comme un univers avec deux états de la nature, une perte exogène, qui ne permettent pas une représentation exacte des spécificités liées aux risques naturels.

La deuxième partie de cet état des travaux antérieurs consiste en une revue de la littérature sur le problème de l'analyse du comportement d'un propriétaire forestier privé en matière de gestion forestière face à un risque naturel. Nous présentons les différents modèles économiques existants sur cette thématique ainsi que leurs limites. Deux catégories de travaux se sont parallèlement développées. La première a eu pour objectif d'étendre le modèle de Faustmann-Pressler-Ohlin en intégrant les dynamiques des processus physiques et de la richesse, les décisions de consommation et d'épargne, le caractère multi-classes d'une forêt et aussi les revenus tirés des biens et services environnementaux ou récréatifs de la forêt. La deuxième catégorie de modèles développe aussi le cadre de Faustmann-Pressler-Ohlin mais en introduisant un risque de production. L'interdépendance entre plusieurs peuplements d'âges différents composant une forêt, les préférences des propriétaires forestiers ainsi que la relation entre production, consommation et épargne en univers risqué représentent les trois principales limites fondamentales de ces modèles.

De ce contexte général ainsi que de la revue de la littérature, nous avons bâti ce travail selon deux pistes que nous allons maintenant détailler.

### ***Partie III. L'analyse statique des mesures de couverture et de prévention contre les risques naturels en forêt***

L'analyse statique des mesures de couverture et de prévention contre les risques naturels en forêt repose sur quatre études.

Dans la première étude intitulée « *Auto-assurance, assurance et risques naturels : une application à la gestion forestière* », un premier modèle statique a été réalisé afin d'étudier le comportement d'un propriétaire forestier privé en terme d'auto-assurance ou d'assurance face à un risque naturel. Les spécificités du risque naturel, notamment en forêt, nécessitent un réaménagement du cadre conceptuel de référence habituellement utilisé par les économistes pour traiter des problèmes d'assurabilité et de prévention. Nous avons conçu un tel cadre d'analyse, plus propice à l'étude des risques naturels en forêt, comprenant un nombre d'états de la nature fini et un niveau de perte multiplicatif. Nous étudions les choix optimaux d'auto-assurance ou d'assurance et procédons à une analyse de statique comparative. Nous montrons que les conditions d'optimalité pour l'auto-assurance et l'assurance changent mais que leurs interprétations sont identiques à celles effectuées dans un cadre standard et que la statique comparative peut conduire à des zones d'ambiguïté. Les résultats de statique comparative nous permettent de mesurer les effets d'instruments économiques sur les décisions

d'assurance ou d'auto-assurance. Ainsi, si le gouvernement met en place une subvention à l'assurance, alors le prix de l'assurance se trouve réduit. Nous montrons qu'un propriétaire forestier privé n'augmente sa demande d'assurance face à un coût de l'assurance plus faible que si son aversion absolue au risque est constante ou décroissante. Il n'est donc pas immédiat qu'un propriétaire forestier accroît sa demande d'assurance en présence d'une subvention à l'assurance ; cela dépend de ses préférences au risque. Une subvention à l'assurance peut avoir des effets pervers sur le choix d'assurance. De même, si le gouvernement décide de rémunérer le carbone stocké dans la forêt, la valeur du peuplement se trouve augmentée par cette valeur additionnelle. Nous montrons alors que la présence de cette valeur additionnelle du peuplement incite le propriétaire forestier à accroître ses activités d'assurance ou d'auto-assurance que si ses préférences sont caractérisées par une aversion absolue au risque constante. L'effet d'une rémunération de la fonction carbone sur les décisions de couverture et de prévention dépend aussi des préférences vis-à-vis du risque des propriétaires forestiers.

Il est généralement admis que le faible niveau de couverture contre les risques naturels peut être expliqué par l'espérance de compensation des pertes par des aides publiques. Dans la deuxième étude nommée « *l'impact de l'intervention publique sur les activités d'assurance et d'auto-assurance en gestion forestière risquée* », un deuxième modèle s'intéresse à la robustesse de cette explication dans un modèle de choix d'assurance ou d'auto-assurance plus général que le premier. Ce modèle met en exergue l'interaction entre l'assurance, l'auto-assurance et l'intervention publique. Nous montrons que l'intervention publique peut désinciter les propriétaires forestiers à adopter les mesures nécessaires afin de protéger leur forêt face à un risque naturel. Les résultats de statique comparative effectués dans un tel cadre nous permettent in fine d'étudier les effets d'instruments de politique tels que le contrôle direct de ces activités, la taxe sur la propriété et la subvention aux activités d'auto-assurance et d'assurance sur les décisions optimales de couverture et de prévention. Nous montrons, par exemple, qu'imposer une taxe sur la valeur du peuplement a pour effet, sous une hypothèse d'aversion au risque absolue décroissante, d'inciter le propriétaire forestier à accroître ses activités d'auto-assurance. Par contre, sous cette même hypothèse, une subvention à l'activité d'auto-assurance n'incite pas un propriétaire forestier à augmenter cette action mais a un effet pervers au contraire dans le sens où elle le pousse à la réduire.

La troisième étude, « *Une approche dynamique des activités d'épargne et d'auto-assurance en gestion forestière risquée* », a pour objectif la construction d'un modèle qui vise à s'intéresser aux activités de protection (épargne ou action d'auto-assurance) d'un propriétaire forestier disposant d'un peuplement, source de revenus et d'aménités, face à un risque naturel. A la différence des deux précédents modèles, nous nous plaçons dans un cadre à deux périodes et intégrons l'utilité tirée des biens et services non marchands procurés par la forêt. Après avoir déterminé les choix optimaux, nous nous concentrons sur

les décisions de récoltes pour des choix de mesures de couverture positifs. Quel que soit l'instrument de couverture choisi nous obtenons les mêmes règles de récoltes pour les deux périodes. Nous envisageons la possibilité de choisir les deux outils de couverture et nous montrons qu'il est optimal, pour le propriétaire forestier, non pas de choisir simultanément les deux mesures, mais de sélectionner l'une ou l'autre. Le propriétaire forestier sélectionne toujours la mesure qui présente le rendement le plus élevé. La présence des aménités a des effets ambigus sur les décisions de récolte optimales de première et de seconde périodes. Nous montrons également que le timing lié à la description de l'incertitude modifie les décisions de récolte. Nous prouvons aussi une sensibilité différente des paramètres sur les deux outils de couverture. Un effet revenu, négatif, est présent. Ainsi une valeur plus forte du peuplement par la présence d'un soutien public rémunérant la fonction carbone aura pour effet de réduire les niveaux de récolte du peuplement et ainsi favoriser la séquestration du carbone. Un effet prix est aussi dégagé : une hausse du prix de première (seconde) période induit une récolte de première période plus (moins) forte et une récolte de seconde période plus (moins) faible. Ainsi une taxe sur les récoltes aura pour effet de réduire les montants des récoltes et favorisera alors le niveau de carbone stocké dans les arbres.

La quatrième étude « *Une enquête expérimentale auprès des propriétaires forestiers privés* » porte, d'une part, sur des prédictions théoriques relatives aux effets des compensations publiques après désastre et de l'ambiguïté sur les décisions de couverture et de protection, et, d'autre part, sur des tests empiriques de ces prédictions. La méthode empirique choisie pour illustrer les résultats et conclusions théoriques repose sur des données des comportements des propriétaires forestiers obtenues par expérimentation. Des protocoles expérimentaux ont été mis en place pour tester la réaction des propriétaires forestiers face à divers scénarios avec risque, en situation forestière précise. Cette étude permettra de tester l'aversion au risque et l'aversion à l'ambiguïté des propriétaires forestiers et de repérer les déterminants du choix de s'assurer ou de se protéger. Nous montrons que la disposition à payer pour l'assurance est plus élevée pour une situation ambiguë que pour une situation risquée. De plus ce consentement sera d'autant plus important que le revenu tiré de l'activité forestière sera fort. Nous prouvons aussi que les propriétaires forestiers sont averses au risque et à l'ambiguïté. La présence d'une aide publique forfaitaire après sinistre réduit l'assurance. Nous montrons aussi qu'une subvention à l'assurance réduit la disposition à payer pour l'assurance et que le conditionnement des aides forfaitaires à l'assurance n'a pas d'effet significatif sur le consentement à payer des propriétaires forestiers.

#### ***Partie IV. L'analyse dynamique de la gestion multifonctionnelle d'un peuplement en univers risqué***

L'analyse dynamique de la gestion multifonctionnelle d'un peuplement en univers risqué repose sur deux travaux : l'un plus théorique et l'autre plus empirique.

Le premier modèle réalisé dans l'étude « *La gestion forestière face à un risque d'incendie lorsque la séquestration du carbone a une valeur* » vise à décrire le comportement d'un propriétaire forestier privé riscophobe gérant conjointement son peuplement, soumis à un risque naturel, et son épargne. Le peuplement est supposé fournir au propriétaire des revenus issus du bois mais aussi des autres biens et services procurés par la forêt. De nombreux biens et services procurés par la forêt, autres que le bois, peuvent être actuellement mesurés en terme économique, comme la fixation de carbone. Il est alors possible d'intégrer ces revenus dans l'analyse. De plus, les risques de feux de forêt entraînent souvent la destruction partielle ou totale des peuplements et présente des dommages en termes de bois mais aussi en termes écologiques en libérant le carbone fixé lors de la croissance des peuplements. Il n'existe pas dans la littérature de modèle assez général permettant d'incorporer tous ces différents aspects. L'objet de cette recherche vise donc à proposer un cadre d'analyse général intégrant ces différents éléments afin, d'une part, d'apporter des éléments de réflexion et de discussion sur la façon de formaliser le comportement des sylviculteurs face à un risque naturel en tenant compte du caractère multi-fonctionnel de la forêt, et d'autre part, d'engager une réflexion sur les performances des outils de politique publique (taxes, subventions) susceptibles de réguler économiquement les impacts de l'activité forestière sur l'environnement en tenant compte des risques encourus. Le modèle dynamique de gestion multifonctionnelle d'un peuplement en situation risquée a été réalisé. Cet outil d'analyse vise à formaliser la prise de décision d'un propriétaire forestier en matière de choix relatifs à la gestion de son peuplement lorsque ce dernier fait face à un risque d'incendie et lorsque l'externalité qu'engendre la forêt, par sa capacité à réduire le niveau du dioxyde de carbone de l'air et donc de l'effet de serre, est source de revenus supplémentaires. Le devenir du carbone séquestré dans le bois coupé est explicitement pris en compte dans la modélisation. Ce modèle a aussi pour objectif d'analyser les interactions entre production forestière, carbone et risque. Nous étudions les effets de l'aversion au risque, du risque ainsi que du prix du carbone sur la gestion forestière, sur l'arbitrage entre consommation et épargne et sur le niveau de carbone séquestré. A titre d'exemple, nous montrons que plus le propriétaire forestier est averse au risque, plus il diminue l'âge de coupe de son peuplement tout en augmentant son niveau d'épargne, limitant ainsi le montant de carbone fixé par sa forêt. Ce même type de comportement est noté lorsque le risque augmente. Nous nous concentrons aussi sur l'analyse des impacts d'instruments de politiques environnementales sur les décisions optimales du propriétaire forestier.

La seconde étude, « *La gestion multifonctionnelle forestière en univers risqué : un outil numérique d'aide à la décision* », a pour objectif de proposer un outil d'aide à la décision pour les propriétaires forestiers gérant de façon multifonctionnelle leur peuplement et faisant face à un risque d'incendie. L'objectif de cette étude est de proposer une évaluation de la perte subie par le choix d'un âge de coupe favorisant la séquestration de carbone et donc plus grand que celui choisi par le propriétaire s'il ne prend pas en compte le carbone stocké. Cette valeur pourra être utilisée pour déterminer la compensation que le gouvernement devra verser aux propriétaires forestiers. L'outil conçu permet aussi de voir l'incidence de l'âge d'exploitabilité sur le carbone stocké dans le bois mais aussi sur les produits issus de ce bois. Cet outil, facile d'utilisation, repose sur un programme Excel où doivent être renseignées différentes composantes liées au peuplement du propriétaire comme le choix de pratiques sylvicoles (futaie régulière ou irrégulière), les données de production, de prix et de coûts, le taux d'actualisation, le risque et le choix d'assurance. Ainsi différents scénarios, propres à chaque propriétaire forestier, peuvent être envisagés et testés. Il en ressort alors un nombre important de simulations et de résultats liant revenu tiré de la production de bois, carbone séquestré et risque.

# **PARTIE I. La forêt dans le développement durable face aux risques naturels**

## **Chapitre I-1. La forêt dans le protocole de Kyoto et la lutte contre le changement climatique**

### **I-1.1. Réchauffement climatique et politiques publiques**

La connaissance de l'effet de serre est ancienne puisque c'est en 1827 que le mathématicien et physicien français Jean-Baptiste Fourier a recours à l'analogie de la serre pour décrire le phénomène de rétention partielle des radiations solaires dans l'atmosphère. La fondation à Vienne en 1873 de l'*Organisation Météorologique Mondiale* (OMI), marque le début des observations météorologiques standardisées. En 1895, le chimiste suédois Arrhenius émet l'hypothèse d'un lien entre l'accroissement du taux de CO<sub>2</sub> et le renforcement de l'*effet de serre*. Ce n'est qu'en 1957 que débutent les premières mesures systématiques de CO<sub>2</sub>. La concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est mesurée à Hawaii et en Alaska. En 1967 enfin, deux scientifiques prévoient un réchauffement planétaire : la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère devrait doubler d'ici le début du 21<sup>ème</sup> siècle, impliquant une élévation de la température moyenne de 2,5 degrés. Ces prévisions de réchauffement climatique ont rendu nécessaire l'action publique en matière de lutte contre l'effet de serre.

La première *Conférence Mondiale sur le Climat* s'ouvrit en 1979 à Genève, en s'interrogeant sur les problèmes dramatiques soulevés par les changements climatiques. Cette importante réunion scientifique s'interrogea notamment sur l'impact des changements climatiques sur les activités humaines. Les participants adoptèrent une déclaration appelant tous les gouvernements à « *prévoir et prévenir les changements climatiques d'origine anthropique qui pourraient nuire au bien-être de l'humanité* ». Ils approuvèrent également un projet visant à créer un *Programme Climatologique Mondial*, placé sous la responsabilité conjointe de l'*Organisation Météorologique Mondiale* (OMM), du *Programme des Nations Unies pour l'Environnement* (PNUE) et du *Conseil International des Unions Scientifiques* (CIUS).

Dans le prolongement de cette première *Conférence Mondiale sur le Climat*, un certain nombre de conférences intergouvernementales consacrées au changement climatique se tinrent au cours des décennies 1980 et 1990. S'ajoutant à des éléments de preuves scientifiques de plus en plus nombreux, ces conférences ont fortement contribué à la sensibilisation de l'opinion publique et de la communauté



internationale à la question du réchauffement climatique. Les participants à ces conférences se composaient de responsables gouvernementaux, de scientifiques et de spécialistes de l'environnement. Ces réunions ont abordé la question du changement climatique du point de vue scientifique, mais également du point de vue politique, en appelant à une action mondiale d'envergure. En 1985 est ainsi adoptée à Vienne une *Convention sur la protection de la couche d'ozone*, par laquelle les pays signataires s'engagent à protéger la couche d'ozone et à coopérer scientifiquement, afin d'améliorer la connaissance des processus atmosphériques. En septembre 1987 est adopté le *Protocole de Montréal* relatif aux substances qui participent à l'appauvrissement de la couche d'ozone. Les parties prennent la décision d'interdire la production et l'utilisation des CFC (chlorofluorocarbones), responsables de l'amincissement de la couche d'ozone d'ici l'an 2000. Des mesures d'ajustement du *Protocole de Montréal* ont été décidées à Londres (1990), Copenhague (1992), Vienne (1995), Montréal (1997) et Pékin (1999).

En 1988 est créé le *Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat* (GIEC), placé sous l'égide du *Programme des Nations Unies pour l'Environnement* et de l'*Organisation Météorologique Mondiale*. Ce groupe est chargé d'assurer le suivi scientifique des processus du réchauffement climatique. Il doit à cet effet évaluer l'état des connaissances sur le système et les changements climatiques, les effets environnementaux, économiques et sociaux de ces changements climatiques, et les diverses parades possibles.

Une seconde *Conférence Mondiale sur le Climat* se tient à La Haye en décembre 1989 et janvier 1990. Au cours de cette conférence, les douze Etats membres de la Communauté européenne prennent l'engagement de stabiliser leurs émissions de CO<sub>2</sub> à l'horizon de l'an 2000 à leurs niveaux de 1990. La déclaration finale préconise l'instauration d'une *Convention Internationale sur les Changements Climatiques*.

Le *Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat* rend public en 1990 son premier rapport, qui dresse un bilan des connaissances scientifiques sur le changement climatique et leurs possibles répercussions sur l'environnement, l'économie et la société. C'est ce rapport qui sert de support scientifique à la *Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques*, adoptées lors du *Sommet de la Terre* de Rio en 1992. L'Assemblée Générale des Nations Unies donne en décembre 1990 son feu vert pour le démarrage des négociations. Le *Comité intergouvernemental pour la Négociation d'une Convention Cadre sur les Changements Climatiques*, nouvellement mis en place tient entre février 1991 et mai 1992 cinq sessions. Confrontés à une date butoir impérative – celle du *Sommet de la Terre*, devant se tenir à Rio de Janeiro en juin 1992 –, les négociateurs de 150 pays ont définitivement arrêté le texte de la Convention en quinze mois exactement. Le texte est finalement adopté à New York le 9 mai 1992.

En 1991 est mis en place un *Fonds pour l'Environnement Mondial* (FEM), alimenté par des contributions volontaires des pays développés, dont l'objectif est d'aider les pays en développement à s'attaquer aux grands problèmes environnementaux de la planète, dont la biodiversité et le réchauffement climatique.

Le *Sommet de la Terre* se tient à Rio de Janeiro du 3 au 14 juin 1992. Il réunit 131 chefs d'Etats, qui adoptent l'*Agenda 21*, une liste de 2 500 recommandations d'actions pour le 21<sup>ème</sup> siècle. La *Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques* (CCNUCC), dont l'objectif – défini dans l'*article 2* – est la stabilisation « *des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique* », est ouverte à la signature. Cette convention reconnaît l'existence d'un changement climatique d'origine humaine. La responsabilité en incombe en premier lieu aux pays industrialisés. Après sa ratification par cinquante Etats, la convention est entrée en vigueur le 21 mars 1994.

Et ce en convenant « *d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable* ». Les pays développés, en transition vers une économie de marché et l'Union européenne, qui figurent à l'*Annexe I* de la Convention, s'engagent à stabiliser leurs émissions de GES d'ici à l'an 2000 au niveau de leurs émissions en 1990. Les Pays développés et la Communauté européenne figurant à l'*Annexe II* s'engagent à aider les pays en développement pour respecter leurs engagements, notamment en fournissant des ressources financières et en facilitant les transferts de technologie.

La *Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques* (1992) a été signée par 150 états (plus l'Union européenne) à Rio de Janeiro. Vingt ans après la Déclaration de Stockholm de 1972, qui a jeté les bases de la politique actuelle en matière d'environnement, le *Sommet de la Terre* a constitué le plus important rassemblement de chefs d'états de tous les temps. Les autres accords adoptés à Rio étaient la Déclaration de Rio, le Programme *Action 21*, la Convention sur la diversité biologique et les Principes relatifs aux forêts.

La *Convention* est entrée en vigueur le 21 mars 1994, soit 90 jours après la réception du cinquantième instrument de ratification (une fois qu'ils ont signé une convention, les Etats doivent la ratifier). Il faut ensuite mentionner le 21 septembre, date à laquelle les pays développés ont commencé à soumettre leurs communications nationales décrivant leurs stratégies en matière de changements climatiques. Dans l'intervalle, le Comité de négociation poursuivait son travail préparatoire, tenant six autres sessions pour discuter des questions afférentes aux engagements, au mécanisme financier, à l'appui

technique et financier à apporter aux pays en développement, à des points de procédures et aux arrangements institutionnels. Le Comité a été dissout après sa onzième et dernière session en février 1995 et la *Conférence des Parties* (C.P.) est devenue le principal organe de la *Convention*.

Du 28 mars au 7 avril 1995 se tient à Berlin la première *Conférence des Nations Unies sur les Changements Climatiques*. Des représentants de 117 Parties et 53 Etats ayant le statut d'observateur ont participé à cette conférence, également suivie par plus de 2 000 journalistes et observateurs. Ils ont convenu que les engagements énoncés dans la *Convention* pour les pays développés étaient insuffisants et ont engagé les pourparlers du *Mandat de Berlin* visant à les rendre plus rigoureux. Ils ont également étudié la première série de communications nationales et mis la dernière main aux principaux éléments du mécanisme institutionnel et financier nécessaire pour appuyer l'action prévue par la *Convention* au cours des années à venir. Est adopté le principe de quotas d'émissions de Gaz à Effet de Serre.

La publication en décembre 1995 du second rapport du *Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat*, rédigé par près de 2000 scientifiques et experts du monde entier, confirme l'influence des activités humaines sur les changements climatiques et reconnaît la nécessité d'une action préventive, en vertu du principe de précaution. Il prévoit un réchauffement moyen de 1 à 3,5° C d'ici à 2100, ainsi qu'une augmentation du niveau de la mer de 15 à 95 centimètres. Le GIEC produira une série de documents techniques et de rapports spéciaux avant la publication de son troisième rapport d'évaluation en 2001.

Du 8 au 19 juillet 1996 se tient à Genève la 2<sup>ème</sup> *Conférence des Nations Unies sur les Changements Climatiques*. Les représentants des gouvernements s'engagent à renforcer la lutte contre le réchauffement de la planète, en fixant des objectifs quantifiés légalement contraignants.

Du 23 au 27 juin 1997 se tient le second *Sommet de la Terre* à New York. La 19<sup>ème</sup> session extraordinaire de l'*Assemblée Générale des Nations Unies* (dite « Rio + 5 ») fait le point sur les engagements pris à Rio cinq ans auparavant, et constate le désaccord entre l'Union européenne et les Etats-Unis en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Le *Protocole de Kyoto*, destiné à apporter une réponse internationale aux évolutions du climat, est adopté lors de la 3<sup>ème</sup> *Conférence des Nations Unies sur les Changements Climatiques* qui s'est tenue du 1<sup>er</sup> au 12 décembre 1997. Plus de 10 000 représentants, observateurs et journalistes ont pris part à cette manifestation. En vertu du *Protocole de Kyoto*, qui a été adopté par consensus, les pays industrialisés regroupés dans l'*Annexe B* (Etats-Unis, Canada, Japon, Union européenne et pays de l'ancien bloc communiste) s'engagent à réduire le total de leurs émissions de gaz à effet de serre d'au

moins 5 % par rapport au niveau de 1990 au cours de la période 2008-2012. Un objectif quantifié est défini pour chaque pays. Ces objectifs chiffrés de réduction ou de limitation des gaz à effet de serre sont juridiquement contraignants pour les pays développés. Le Protocole vise les six principaux GES non concernés par le *Protocole de Montréal*. Sous la pression d'un groupe de pays, conduit par les Etats-Unis, des mécanismes de flexibilité sont créés, permettant à un pays de remplir ses obligations non pas en limitant ses propres émissions, mais en finançant des réductions d'émission de CO<sub>2</sub> à l'étranger. Le *Protocole* ouvre la possibilité aux Parties qui réduisent les émissions dans d'autres pays d'être crédités d'une partie de ces réductions, à travers trois mécanismes dits de flexibilité : le mécanisme de développement propre, la mise en œuvre conjointe, et le Système International d'échange d'obligations de réduction (encore appelés droits ou crédits) d'émission.

L'entrée en vigueur du *Protocole* doit intervenir 90 jours après sa ratification par au moins 55 Parties à la Convention, parmi lesquels les pays développés représentant au moins 55 % du volume total des émissions de dioxyde de carbone de 1990.

Les pays industrialisés se sont ainsi engagés, dans le cadre du *Protocole de Kyoto*, à se conformer à des quotas de réduction ou de limitation de leurs émissions de gaz à effet de serre, et cela en moyenne pour la première période dite d'engagement (2008-2012). Si le résultat à atteindre apparaît clairement dans le *Protocole*, les moyens à mettre en œuvre pour y parvenir le sont moins. Le *Plan d'Action* de Buenos Aires, établi lors de la 4<sup>ème</sup> *Conférence des Parties* en 1998, dressera un programme de travail devant aboutir à la fixation des règles d'application du *Protocole de Kyoto* pour la 6<sup>ème</sup> *Conférence des Parties*.

Le mandat du plan d'action de Buenos Aires a été effectivement rempli lors des négociations de la Cdp-6bis à Bonn en juillet 2001 et de la CdP-7 à Marrakech en novembre 2001.

Organisée à Buenos Aires du 2 au 14 novembre 1998, la 4<sup>ème</sup> *Conférence des Nations unies sur les Changements Climatiques* est marquée par la confrontation entre les pays en développement et les pays industrialisés, seuls concernés dans un premier temps par la mise en œuvre du *Protocole de Kyoto*. Les parties adoptent un plan d'action sur deux ans, destiné à relancer les mesures décidées à Kyoto et à rendre l'accord pleinement opérationnel. Outre les « mécanismes » prévus par le Protocole, le plan d'action aborde la question du respect des engagements et celle des politiques et mesures. Les Etats-Unis tentent d'accélérer la mise en œuvre des permis d'émission négociables. Ils s'opposent à tout compromis, mais signent le *Protocole de Kyoto*. Un calendrier de travail, avec, pour objectif final, la 6<sup>ème</sup> *Conférence des Parties* de novembre 2000, prévoit l'élaboration progressive des règles de mise en œuvre du *Protocole de Kyoto*. Le système d'observance, le fonctionnement des échanges de crédits d'émission, l'échange d'informations sur les politiques et mesures, la coopération Nord-Sud.

La 5<sup>ème</sup> *Conférence des Nations Unies sur les Changements Climatiques* se tient à Bonn du 25 octobre au 5 novembre 1999. Elle s'inscrit dans les négociations sur le Plan d'action de Buenos Aires. Les négociateurs des 163 pays représentés débattent sur la mise en œuvre du *Protocole de Kyoto*, dont l'entrée en vigueur est envisagée lors du prochain *Sommet de la Terre* en 2002.

Du 13 au 24 novembre 2000 se tient à La Haye la 6<sup>ème</sup> *Conférence des Nations Unies sur les Changements Climatiques*, qui doit définitivement arrêter le plan d'action et inciter ainsi les gouvernements à ratifier le *Protocole* vers 2002. Les négociateurs des 182 pays représentés ne parviennent pas à s'entendre sur la mise en œuvre des mesures adoptées à Kyoto. Les Etats-Unis et ses alliés (Canada, Australie, Nouvelle-Zélande, Japon) s'opposent à l'Union européenne, qui plaide contre la prise en compte des puits de carbone, pour que 50% au moins des engagements pris soient réalisés à l'intérieur de chaque pays, pour la création d'une structure supranationale et pour l'instauration de sanctions contre les pays contrevenants.

L'ouverture de cette conférence importante a été précédée par la publication du *Résumé* pour les décideurs du troisième rapport du GIEC. Ce premier résumé du document à paraître en janvier confirme les résultats des deux premiers rapports du GIEC. Il se veut toutefois plus pessimiste dans ses prévisions. Le document du GIEC estime désormais que la hausse moyenne des températures entre 1990 et 2100 sera de 1,5 à 6° C (contre 1 à 3,5° C en 1995). Durant la même période, la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère devrait atteindre 540 à 970 parties par millions (ppm), contre 500 en 1995. Cette concentration est, aujourd'hui, de 367 ppm. Le niveau des mers devrait, quant à lui, s'élever de 0,14 m à 0,80 m (contre 0,15 à 0,95 m en 1995).

En janvier 2001 est publié le troisième rapport d'évaluation du *Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat*. Il précise les mécanismes du changement climatique et le rôle joué par les activités humaines dans le réchauffement observé au cours du siècle écoulé.

Le 13 mars 2001, les Etats-Unis renoncent à limiter leurs émissions de gaz à effet de serre. Le nouveau président des Etats-Unis, G.W. BUSH annonce qu'il renonce à la réglementation des émissions de gaz à effet de serre et affirme son opposition au *Protocole de Kyoto*.

En 2001, deux accords internationaux interviennent concernant l'aboutissement du plan d'action de Buenos Aires et les modalités d'application du *Protocole de Kyoto*. Du 16 au 27 juillet se tient en effet à Bonn la *Conférence des Nations Unies sur les Changements Climatiques*. Les parties parviennent à un compromis sur un accord gouvernemental ambigu accordant la prise en compte de puits de carbone supplémentaires pour les Etats-Unis et le Japon. Du 29 octobre au 10 novembre se

tient la 7<sup>ème</sup> *Conférence des Nations Unies sur les Changements Climatiques* à Marrakech. Les parties s'entendent sur la traduction juridique des règles de mise en œuvre du *Protocole de Kyoto*. Elles décident de la création d'un comité *ad hoc* d'observance. Des moyens techniques et financiers sont enfin débloqués en faveur des pays en développement.

Si les accords de Kyoto traitaient pour une grande part des questions liées aux obligations des pays développées (fixation des objectifs d'une part, et des principes permettant de les atteindre d'autre part), les accords de Bonn et Marrakech consacrent une large part de leurs textes aux Pays du Sud.

Le 14 février 2002, les Etats-Unis proposent un programme alternatif. Le Président Bush préconise des mesures d'incitations fiscales à l'investissement et à l'utilisation d'équipements moins polluants, ainsi que le développement de la recherche sur le climat et les technologies connexes, afin de réduire le volume des émissions de gaz à effet de serre de 18 % par million de dollars produits par les industries sur dix ans. Ces mesures se veulent une alternative au *Protocole de Kyoto*, rejeté par les Etats-Unis.

Le 31 mai 2002, L'Union européenne et ses 15 Etats membres ratifient le *Protocole de Kyoto*. Le 4 juin 2002, le Japon ratifie le *Protocole de Kyoto*. Du 26 août au 4 septembre 2002 se tient le *Sommet sur le Développement Durable* à Johannesburg. Le Canada et la Russie font part de leur intention de ratifier le *Protocole de Kyoto* (la ratification par la Russie est indispensable pour l'entrée en vigueur du Protocole). La Chine ratifie le *Protocole* le 30 août.

Du 23 octobre au 1<sup>er</sup> novembre 2002 se tient à New Delhi la 8<sup>ème</sup> *Conférence des Nations Unies sur les Changements Climatiques*. La déclaration finale de cette conférence réunissant 185 pays, réitère la nécessité de ratifier le Protocole de Kyoto sur la limitation de CO<sub>2</sub>, mais, sous la pression des Etats-Unis et des pays du Sud, ne prévoit pas d'élargissement des engagements de Kyoto aux pays en développement après 2012.

Du 19 au 21 février 2003 se tient à Paris la 20<sup>ème</sup> session du *Groupe d'Experts Intergouvernementaux sur l'Evolution du Climat*. Le GIEC lance alors la réflexion sur son quatrième rapport pour la période 2003-2007.

Lors de la tenue à Moscou, du 29 septembre au 3 octobre 2003, de la *Conférence Scientifique Internationale sur le Changement Climatique*, la Russie exclut de ratifier rapidement le *Protocole de Kyoto* sur la limitation des gaz à effet de serre.

Du 1<sup>er</sup> au 12 décembre 2003 se tient à Milan la 9<sup>ème</sup> *Conférence des Nations Unies sur les Changements Climatiques*. Durant cette conférence, la Russie, de qui dépend l'entrée en vigueur du *Protocole de Kyoto*, ne lève pas tous les doutes sur ses intentions de le ratifier. Le *Protocole* avait alors été ratifié par 120 pays (sur les 188 représentés à Milan) et les Etats-Unis, qui l'ont rejeté en 2001, apparaissent isolés. L'Iran, l'Ukraine, le Yémen et le Kazakhstan annoncent leur ratification prochaine.

Le *Protocole de Kyoto* est finalement ratifié par la Russie le 22 octobre 2004. Par cette ratification, la Russie ouvre la voie à l'entrée en vigueur du *Protocole*, qui sera effective le 16 février 2005. Pour entrer en vigueur, l'accord international devait en effet être ratifié par au moins 55 pays comptabilisant 55 % des émissions de gaz à effet de serre.

Du 6 au 17 décembre 2004 se tient à Buenos Aires la 10<sup>ème</sup> *Conférence des Nations Unies sur les Changements Climatiques*. Aucun engagement n'est pris quant à l'ouverture de nouvelles négociations à l'expiration du *Protocole de Kyoto* en 2012. Américains et européens parviennent toutefois à un compromis final sur l'échange d'informations concernant les politiques adoptées pour mettre en œuvre les engagements actuels, soit la *Convention sur les Changements Climatiques* de 1992, dont les Etats-Unis sont parties, soit le *Protocole de Kyoto* de 1997, qu'ils ont refusé de ratifier.

Le 16 février 2005, le *Protocole de Kyoto* entre en vigueur, après avoir été ratifiés par 141 pays. Ainsi, 34 pays industrialisés – à l'exception notable de l'Australie et des Etats-Unis, qui comptabilisent pourtant plus du tiers des émissions de gaz à effet de serre des pays industrialisés et n'ont pas ratifié le *Protocole* – seront dans l'obligation de réduire en moyenne de 5,2 % leurs émissions de dioxyde de carbone et de cinq autres gaz contribuant au réchauffement de l'atmosphère. Les 107 pays en développement qui ont également ratifié le *Protocole* auront pour leur part de simples obligations d'inventaires de leurs émissions polluantes.

### **I-1.2. Le Protocole de Kyoto**

Les pays industrialisés se sont engagés en décembre 1997 dans le cadre du *Protocole de Kyoto* à atteindre des objectifs chiffrés en matière de réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre<sup>11</sup>. Cet objectif s'applique à leurs émissions cumulées sur cinq années (période d'engagement 2008-2012), par rapport à l'année de référence 1990. Le *Protocole* reconnaît également la possibilité de recourir à certains dispositifs de flexibilité, afin d'atteindre les objectifs fixés. Le *Protocole de Kyoto* constitue

---

<sup>11</sup> Le *Protocole de Kyoto* s'attaque aux émissions de six gaz à effet de serre : le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), l'hydrofluorocarbones (HFCs), l'hydrocarbure perfluorés (PFCs) et l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>).

ainsi une étape importante dans les négociations sur les mesures d'atténuation du changement climatique.

En matière de limitation des émissions de gaz à effet de serre, 39 pays se sont engagés, de manière contraignante, à réduire ou limiter les volumes de leurs émissions pour six gaz pour la période budgétaire 2008-2012. Ces objectifs sont exprimés en pourcentage des émissions constatées en 1990 – ou 1995<sup>12</sup> selon les gaz. Ces pays, dits de l'*Annexe B* sont, à quelques exceptions près, les pays membres de l'OCDE en 1992 et les pays en transition. Globalement, ils doivent réduire leurs émissions d'un peu plus de 5 % par rapport à 1990, mais les engagements sont différenciés d'un pays à l'autre. L'Union européenne a par exemple accepté de réduire le volume global de ses émissions de 8 %. Le *Protocole de Kyoto* n'inclut par contre pas d'objectifs chiffrés de limitation des émissions pour les pays en développement au cours de la première période d'engagement 2008-2012. Pour la période antérieure à 2008, les Parties s'engagent à accomplir des progrès dans la réalisation de leurs engagements au plus tard en 2005, et pouvoir en fournir des preuves.

Pour atteindre ces objectifs, le *Protocole* propose une série de moyens:

- renforcer ou mettre en place des politiques nationales de réduction des émissions (accroissement de l'efficacité énergétique, promotion de formes d'agriculture durables, développement de sources d'énergies renouvelables ...);
- coopérer avec les autres parties contractantes (échange d'expériences ou d'informations, coordination des politiques nationales dans un souci d'efficacité à travers des mécanismes de coopération à savoir permis d'émission, mise en œuvre conjointe et mécanisme de développement propre).

Les Parties mettent en place un système national d'estimation des émissions anthropiques par les sources et de l'absorption par les puits de tous les gaz à effet de serre non réglementés par le *Protocole de Montréal*, au plus tard un an avant la première période d'engagement.

En définissant des objectifs quantifiés et différenciés de réduction ou de limitation du volume des émissions, le *Protocole de Kyoto* établit de fait une répartition initiale des droits à polluer entre les pays de l'*Annexe B*. Il ne prévoit cependant aucune sanction à l'encontre des pays qui n'honoreraient pas leurs engagements.

En contrepartie de leur engagement contraignant, les pays industrialisés ont obtenu que soient prévus dans le *Protocole* des dispositifs de *flexibilité géographique*. Ceux-ci, en sus d'efforts réalisés sur le

---

<sup>12</sup> L'année 1995 peut être retenue comme année de référence par les Parties qui le souhaitent, pour les émissions de HFC, PFC et SF<sub>6</sub>.



territoire national – c'est le concept de *supplémentarité* – permettraient aux pays d'atteindre leurs objectifs à moindre coût. Ils incluent d'une part l'échange de droits d'émission au sein d'un marché limité aux pays de l'*Annexe B*, d'autre part des actions mises en œuvre conjointement.

Le système d'échange de droits – ou permis – d'émission permet à un pays confronté à des coûts élevés de réduction du volume de ses émissions d'atteindre ses objectifs en achetant des droits à un autre pays qui aura pour sa part dépassé ses objectifs, du fait de coûts de réduction inférieurs au prix du permis. Mais les modalités pratiques de mise en place d'un marché des permis d'émission ne sont pas précisées dans le *Protocole* et n'ont toujours pas été prévues lors des *Conférences des Parties* qui ont suivi celle de Kyoto. Compte tenu des difficultés prévisibles pour obtenir un consensus des pays en matière de définition de ces modalités, l'instauration réelle d'un tel marché demeure problématique.

Les actions mises en œuvre conjointement ouvrent la possibilité à tout pays d'acquérir des crédits de réduction d'émission pour des projets réalisés dans un autre pays. Ces crédits portent sur les réductions effectuées de manière additionnelle par rapport à celles « *qui pourraient être obtenues autrement* ».

Le *Protocole de Kyoto* prévoit deux *mécanismes d'action conjointe* :

- l'*Application conjointe* (ou *Activities Implemented Jointly*) qui permet de fournir des unités de réduction d'émissions à un pays de l'*Annexe B*, en échange du financement par une entité de ce pays, de projets de réduction effectués dans un autre pays de l'*annexe B* ;
- le *mécanisme de développement propre* (ou *Clean Development Mechanism*) qui permet de fournir sur une base multilatérale des certificats de réduction d'émissions pour des projets de réduction d'émissions effectués dans les pays en développement. Ces certificats peuvent être utilisés pour les pays de l'*Annexe B* pour « *remplir une partie de leurs engagements* ».

A l'échelle de l'Union européenne, la répartition des efforts a fait l'objet d'une négociation en juin 1998. L'Allemagne, le Royaume-Uni et l'Italie ont accepté de réduire respectivement leurs émissions de 21 %, 12,5 % et 6,5 %. La France doit stabiliser ses émissions à leur niveau de 1990. Le Portugal, la Grèce et l'Espagne doivent respectivement limiter l'augmentation du volume de leurs émissions à 27 %, 25 % et 15 %.

### **I-1.3. La forêt dans le Protocole de Kyoto**

Les activités UTCF (*Utilisation des Terres, Changement d'affectation des terres et Foresterie*) sont traitées sous les articles 3.3, 3.4 et 3.7 du *Protocole de Kyoto* pour les mesures nationales, sous les articles 6 et 12 pour les activités à l'étranger et sous les articles 5, 7 et 8 pour les aspects méthodologiques.

L'article 3.3 concerne les *boisements, reboisements et déboisements* directement dus à l'homme depuis 1990. L'article 3.4 concerne la gestion forestière. Il s'applique à compter de la seconde période d'engagement, mais une Partie peut l'appliquer dès la première période d'engagement pour autant que les activités concernées aient eu lieu depuis 1990. Sous ces deux articles sont comptabilisées les émissions et absorptions de gaz à effet de serre pendant chaque période d'engagement. L'article 3.7 indique comment tenir compte de ces activités pour l'année de référence, afin d'élaborer l'allocation initiale de permis.

Ne sont éligibles au titre de ces articles que les *flux intentionnels* engagés après 1990. De plus, le stockage dans les produits bois ne peut être élu au cours de la première phase du *Protocole*. Des principes ont été définis pour vérifier l'effet stockant de l'activité et les surfaces qui y sont soumises. Il faut être en mesure de prouver le stockage revendiqué. La mise en œuvre du *Protocole de Kyoto* s'accompagne donc d'une réflexion approfondie sur les moyens pour obtenir les évaluations requises. En France métropolitaine, l'évaluation des émissions forestières repose sur l'identification annuelle des surfaces soumises à un changement d'usage.

Afin de rendre opérationnel l'article 3.3, il convenait de préciser la définition d'un certain nombre de termes et concepts (forêt, boisement, déboisement, reboisement, etc.). L'article 3.4 et en particulier la prise en compte de l'activité de gestion forestière a constitué un objet important de discussion. En fonction de l'échelle à laquelle la séquestration de carbone par les forêts était prise en compte, les engagements de Kyoto pouvaient devenir insurmontables ou insignifiants. L'éligibilité des projets forestiers au *Mécanisme du Développement Propre* a également été largement débattue. Afin de clarifier le débat et comprendre les implications des différentes options, l'Organe subsidiaire scientifique et technique de la convention avait demandé au *Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat* un rapport spécial sur l'UTCFC qui est paru en mai 2000.

Les accords conclus à Bonn et Marrakech visent à rendre opérationnel les articles du *Protocole de Kyoto*. Concernant l'article 3.3, la définition de la forêt élaborée par la FAO (*Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture*) est retenue, avec toutefois une certaine souplesse dans le choix des paramètres, afin de refléter les circonstances particulières des différents pays. Les *boisements, déboisement et reboisement* s'entendent au sens des changements artificiels d'utilisation des terres. Ils n'incluent par conséquent pas la régénération après récolte des forêts ou les boisements naturels après déprise agricole. De même, une coupe rase ne peut être assimilée à un *déboisement* si la forêt se reconstitue. Ces définitions ont notamment pour effet de fournir un résultat négatif pour certains pays, même pour ceux dans lesquels la surface forestière et le stock total de carbone séquestré dans les forêts s'accroissent. Il a donc été décidé que ces pays pourront concerner leur éventuelle situation débitrice sous l'article 3.3 en créditant les quantités correspondantes sous l'article 3.4, pour

autant que la séquestration nette de carbone par les forêts le permette et à concurrence de 9 millions de tonnes de carbone par an (MtC/An)

Pour ce qui est de l'article 3.4 relatif aux activités forestières, il a été admis que les effets des activités menées avant 1990 de fertilisation par augmentation de la concentration de gaz carbonique dans l'atmosphère et par les dépôts indirects d'azote ne doivent pas être pris en compte. Dans la pratique, si l'on sait mesurer la croissance des forêts, il demeure extrêmement difficile d'identifier la part de cette croissance imputable aux activités humaines depuis 1990. Il est *a priori* possible de considérer soit toutes les activités définies de manière étroite mais susceptible de se superposer sur une même parcelle, soit la gestion forestière considérée comme une activité au sens large. C'est cette dernière approche qui a été retenue pour la première période d'engagement. Des abattements forfaitaires permettent néanmoins de tenir compte des effets indirects mentionnés. La comptabilisation de la séquestration de carbone par les forêts gérées au-delà de la compensation des débits de l'article 3.3 est donc plafonnée à une certaine valeur, définie pour chaque pays de l'*Annexe 1*. Pour définir ces valeurs, une formule de calcul a été appliquée aux données prévisionnelles d'accroissement des stocks par les forêts gérées. Pour certains pays, des aménagements par rapport à la formule générale ont été réalisés, afin de tenir compte de circonstances particulières. Le plafond attribué à la France et résultant de ce calcul négocié est de 0,88 MtC/An, donc bien inférieur à l'accroissement réel de son stock (*cf.* Annexe Z de l'Accord de Bonn).

D'autres activités non forestières contribuant à accroître les stocks de carbone dans l'espace rural ont été retenues. Il s'agit de l'accroissement des stocks de carbone dans les sols agricoles (zéro labour), les pâturages et par des réinstallations de végétation (réhabilitation des terrains en montagne, réintroduction des haies bocagères, etc.). La prise en compte de ces activités n'est pas plafonnée, mais soumise à une comptabilisation différente : l'approche « net-net » qui consiste à déduire l'effet de ces activités en 1990 de leur effet pendant la période d'engagement. Chaque partie devra décider, avant 2008, des « activités » qu'elle souhaite retenir sous l'*article 3.4*.

D'autres décisions concernant les **activités UTCF** dans les pays de l'*Annexe 1* ont été prises :

- les règles comptables retenues ne valent que pour la première période d'engagement ;
- l'unité de résolution spatiale pour la définition des terrains soumis aux activités ne doit pas dépasser un hectare ;
- les terrains soumis aux activités doivent être identifiables ;
- dès qu'un terrain est pris en compte dans la comptabilisation du *Protocole*, il doit continuer à être pris en compte pour les périodes d'engagement suivantes ;

- l'inventaire ne doit pas seulement prendre en compte les variations d'absorption de CO<sub>2</sub> mesurées par les variations du stock de carbone, mais également les émissions des autres gaz à effet de serre ;
- l'inventaire doit tenir compte du stock de carbone non seulement dans la biomasse sur pied, mais également dans les racines, la litière (*nécromasse*) et la matière organique des sols ;
- la décision sur la prise en compte de la séquestration de carbone dans les produits bois a été reportée à 2004.

La comptabilisation des activités dans le cadre de la Mise en œuvre conjointe (*article 6* du protocole) répond aux règles des *articles 3.3* et *3.4*, les crédits résultants étant ensuite transférés du registre du pays hôte vers le registre du pays investisseur. Dans le MDP (*article 12* du Protocole), les seules activités UTCF éligibles dès la première période d'engagement sont les boisements et les (re)boisements (de terres qui ne portaient pas de forêts en 1990). Les activités de lutte contre la déforestation et d'amélioration de la séquestration de carbone sur les terrains agricoles – sauf peut-être les activités agroforestières – ne sont donc pas éligibles. Toutefois, les projets de promotion de la biomasse-énergie restent éligibles, dans la mesure où ils répondent à la logique de réduction des émissions de carbone fossile, pour autant que la ressource, quand il ne s'agit pas de déchets fatals, soit gérée de manière durable et puisse se renouveler. Le recours aux crédits résultant d'activités de boisement et (re)boisement dans le MDP est plafonné au cours de la première période d'engagement pour les pays de l'*Annexe 1* à 1 % de leurs émissions de 1990 (soit 1,5 MtC/an pour la France).

A l'échelon international, la contribution potentielle de la forêt et des produits forestiers demeure difficile à estimer si les actions à mettre en œuvre ne sont pas récompensées. Chaque pays faisant le choix d'accroître sa surface forestière, d'améliorer ses pratiques forestières ou de modifier son arbitrage forêt/produits doit, d'après le *Protocole de Kyoto*, recevoir des crédits carbone. Un moyen simple d'attribution de ces crédits consisterait à observer la croissance nette de la biomasse dans le pays considéré et à le créditer de la valeur courante du carbone ainsi séquestré.

#### **I-1.4. Les mécanismes physiques de séquestration du carbone**

Les activités d'afforestation et de reforestation participent à la séquestration d'une partie du dioxyde de carbone naturellement présent dans l'atmosphère. Lors de la *photosynthèse*, les plantes libèrent de l'oxygène dans l'atmosphère (O<sub>2</sub>) et fixent du carbone (C) afin d'assurer leur croissance. Ce carbone est séquestré pour des durées très variables dans la biomasse puis dans les sols, avant d'être à nouveau libéré dans l'atmosphère. Tout développement des surfaces forestières ou du stockage de bois dans les forêts existantes constitue un moyen de freiner les émissions croissantes de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et contribue à ce titre à atténuer l'impact sur l'environnement des gaz à effet de serre. La

séquestration de carbone en forêt constitue ainsi une option intéressante permettant le stockage d'une quantité importante de carbone, pour un coût réduit.

### ***Les facteurs influençant la séquestration de carbone en forêt***

L'âge du peuplement constitue le principal facteur de variation du stock de carbone par hectare. La séquestration de carbone suit une courbe en S. L'accumulation est lente – voire négative – au cours des années qui suivent la plantation, ce qui s'explique par la perturbation du sol induite par la plantation. Il s'ensuit une phase de croissance rapide des arbres et de la séquestration de carbone. A l'approche de la maturité, le rapport croissance/séquestration tend à fléchir et le taux de séquestration de carbone devient parfois nul à pleine maturité. Les stocks de carbone varient ainsi de quelques tonnes par hectare au début du cycle sylvicole pour atteindre plusieurs centaines de tonnes en fin de révolution.

L'âge d'exploitabilité d'une forêt oscille entre 25 et 150 ans selon les conditions climatiques et les espèces plantées. La plantation d'essences à croissance rapide permet un stockage rapide d'une quantité importante de carbone. L'accroissement du stock de carbone est ainsi beaucoup plus rapide pour des résineux que pour des feuillus dans le cas de jeunes peuplements. Cette différence tend toutefois à s'amenuiser vers 70 ans, pour finalement s'inverser dans le cas des futaies âgées (140 ans). Les peuplements présentant la capacité moyenne de stockage de carbone à l'hectare la plus élevée sont les sapinières (87 tC/ha) et les hêtraies (84 tC/ha), les plus faibles étant les peuplements de Douglas (45 tC/ha), en raison de leur plus jeune âge.

L'impact sur les quantités de carbone séquestré est également variable selon le régime de gestion des sites. Les taillis-sous-futaie et les futaies régulières sont les types de formations qui stockent le plus de carbone (67 tC/ha), soit deux fois plus qu'un taillis simple (32 tC/ha). Les futaies irrégulières ont une position proche des futaies régulières (59 tC/ha). Les stocks de carbone par unité de surface dans la biomasse des forêts domaniales (75 tC/ha) et soumises (71 tC/ha) sont nettement supérieurs à ceux des forêts privées (55 tC/ha), en raison notamment du plus jeune âge de ces dernières.

Il résulte de ce qui précède des disparités géographiques importantes. Les régions françaises présentant le stock de carbone à l'hectare le plus important se situent au Nord-Est du territoire, où les peuplements sont souvent matures et traités en futaie et taillis sous futaie. Les régions caractérisées par un faible stock de carbone à l'hectare se situent plutôt en région méditerranéenne, caractérisée par une plus importante de taillis et par un milieu fortement contraignant (chaleur, sécheresse, incendies, pâturages, etc.).

Pour conclure, la quantité totale de carbone séquestré par une forêt sur une superficie donnée est pour l'essentiel fonction de l'âge du peuplement, des essences plantées, des conditions climatiques (températures, précipitations, ...), des caractéristiques propres du site (vent, présence de nuisibles, ...) et de la gestion de ce dernier (durée des rotations, éclaircies, abattage, débroussaillage,...).

### *Une évaluation difficile du stock de carbone forestier*

L'évaluation du stock de carbone séquestré dans les arbres s'opère à partir des données du volume de bois fort mesuré par l'*Inventaire Forestier National* (IFN). Le calcul des stocks de carbone dans les arbres est obtenu, pour l'ensemble des espèces, à partir du produit suivant (IFN, 2005) :

$$C = V_{\text{IFN}} \times \text{Den} \times \text{FEB} \times \text{FER} \times \text{Car}$$

où **C** désigne la masse de carbone pour l'espèce et la placette considérée, **V<sub>IFN</sub>** le volume de bois fort mesuré par l'IFN, **Den** la densité du bois, **FEB** le facteur d'expansion des branches<sup>13</sup>, **FER** le facteur d'expansion des racines<sup>14</sup> et **Car** le taux de carbone moyen.

Le mode de calcul retenu pour l'évaluation du carbone stocké dans la biomasse forestière appelle toutefois un certain nombre de commentaires.

La première source d'incertitude concerne le mode de collecte des informations, puisque jusqu'en juin 2004, l'*Inventaire Forestier National* opérait à l'échelle départementale selon un cycle d'une douzaine d'années. La surface totale occupée par les forêts n'était par conséquent jamais évaluée à une date donnée, les calculs réalisés s'apparentant plus à une situation moyenne sur la période d'inventaire. Dès la fin de l'année 2005, l'IFN devrait toutefois être en mesure de proposer une évaluation annuelle et fiable des surfaces boisées à l'échelle de l'ensemble du territoire.

De plus, la finalité de l'*Inventaire Forestier National* étant l'évaluation de la ressource en bois exploitable, seules les tiges présentant un diamètre à 1,30 mètres supérieur à 7,5 centimètres sont prises en compte. Le volume de bois fort correspondant est alors connu avec une précision satisfaisante. En revanche, le volume dans les boisements jeunes ou dans les accrus naturels jeunes n'est pas mesuré par l'IFN, même s'il peut représenter une part non négligeable du volume de bois, notamment en région méditerranéenne.

Enfin, les coefficients multiplicateurs retenus reposent sur des mesures qui, si elles sont déjà nombreuses aujourd'hui, demeurent difficilement généralisables. C'est par exemple le cas pour l'évaluation du carbone séquestré dans les racines, puisque les coefficients appliqués doivent tenir

---

<sup>13</sup> Rapport de la masse ou du volume ligneux aérien total à la masse ou au volume des tiges.

<sup>14</sup> Rapport de la masse ligneuse totale à sa masse ligneuse aérienne.

compte à la fois de l'essence, de la sylviculture, du type de peuplement, des régions, du climat, etc. Il demeure par conséquent difficile d'établir des formules génériques permettant de passer directement du volume de bois fort IFN (en m<sup>3</sup>) à la quantité de carbone séquestré dans l'arbre (tC).

En plus de l'estimation de la biomasse ligneuse, les stocks de carbone dans quatre autres compartiments doivent être évalués : les sols et la litière, les feuilles, le bois mort et la biomasse du sous-bois. Différentes sources, issues de mesures et/ou de travaux de modélisation, sont utilisées pour estimer carbone séquestré dans ces différents compartiments. Les connaissances sur les masses de bois mort demeurent également lacunaires puisque seul le volume de bois mort sur pied depuis moins de cinq ans est comptabilisé par l'IFN. Les autres formes de bois mort représentent pourtant une part non négligeable du total. Compte tenu des nouveaux enjeux associés à l'évaluation du bois mort en forêt (carbone, biodiversité, etc.), l'IFN envisage de mettre en place prochainement un protocole d'inventaire spécifique. Des premiers travaux ont montré que le bois mort sur pied de moins de cinq ans ne représentait que 20 % du total. La biomasse du sous-bois, composée de petits ligneux, d'herbacées et de mousses est très mal connue. Elle n'est cependant pas négligeable dans l'évaluation du stock de carbone de l'écosystème.

Le stock forestier métropolitain du début des années 1990 est estimé à 2 000 MtC. Ce stock est donc en moyenne de 138 tC/ha, avec sans doute une sous-estimation du bois mort et du sous-bois (arbrisseaux et herbacées).

Les sols forestiers constituent d'importants réservoirs de carbone organique terrestre. En France, ils permettent la séquestration de 1 140 MtC, soit 79 tC/ha. La part de carbone s'y répartit approximativement comme suit : 11 % pour l'humus (dont la litière), 47 % pour la couche comprise entre 0 et 10 centimètres, 28 % pour la couche comprise entre 10 et 20 centimètres et 16 % pour la couche comprise entre 20 et 30 centimètres. Le sol constitue le principal réservoir de carbone forestier, puisqu'il contient à lui seul 57 % du carbone stocké en forêt. Ses stocks se divisent entre deux compartiments : l'humus, dont la litière (120 MtC) et les horizons minéraux<sup>15</sup> (1 020 MtC).

Le carbone séquestré dans la biomasse se répartit entre le tronc et les branches (640 MtC), les racines (140 MtC), le feuillage (40 MtC) et les ligneux bas, la végétation non ligneuse et le bois mort sur pied ou au sol (40 MtC).

La comptabilisation du carbone devrait également prendre en considération les usages finaux de la production de bois. Une étude émanant de la *Mission Interministérielle sur l'Effet de Serre* (MIES) a permis d'évaluer la quantité de carbone stockée en France dans le bois d'œuvre à 60 MtC. A hauteur

de 80 %, ce bois est mis en œuvre dans le bâtiment, avec une durée de vie moyenne comprise entre 20 et 50 ans. Les 20 % restant sont essentiellement constitués de meubles. A cela s'ajoute la quantité de carbone séquestrée de manière permanente dans le papier et les cartons, qui est estimée à 25 MtC et dont la durée de vie moyenne est de l'ordre de 8 ans. L'emploi du bois comme matériau devrait permettre de réduire le volume des émissions de gaz à effet de serre, en se substituant à des matériaux dont la fabrication génère du CO<sub>2</sub> comme le béton, l'acier, le PVC ou l'aluminium. L'utilisation du bois constitue de plus une excellente alternative aux énergies fossiles, puisque le bois-énergie permet une réduction des émissions de près de 4,5 MtC/An. Le bois-énergie émet douze fois moins de gaz à effet de serre que le charbon, huit fois moins que le fuel domestique, sept fois moins que le gaz naturel et deux fois moins que l'électricité. Il présente de plus l'avantage d'être neutre, puisqu'il absorbe autant de carbone qu'il en émet, contrairement aux autres énergies.

Des études, réalisées au cours des années 1990 dans le cadre du programme « *Agriculture et gaz à effet de serre* », permettent d'apporter des éclairages importants sur les gaz à effet de serre – dont le CO<sub>2</sub> – dans l'espace rural. L'INRA et l'*Inventaire Forestier National* se sont efforcés dans ce cadre de quantifier les flux et les stocks de carbone dans les écosystèmes forestiers. Entre 1979 et 1991, l'accroissement du volume de bois fort sur pied dans les forêts de production (hors peupleraies) de + 27,5 millions de m<sup>3</sup>/An. Cela se traduit par une séquestration de carbone de l'ordre de + 10,5 MtC/an, soit 10 % environ des émissions annuelles nationales. Cet accroissement du carbone séquestré dans les forêts françaises s'explique par la croissance simultanée de la surface forestière (qui passe de 14 à 14,5 millions d'hectares) et du stock de bois sur pied par unité de surface. La quantité de carbone séquestrée progresse de 53 à 59 tC/ha (soit de 740 à 860 MtC dans la biomasse forestière), principalement du fait de la capitalisation du bois sur pied. Les prélèvements actuels demeurent nettement inférieurs à la production (à peine plus de 60 % des 81 millions de m<sup>3</sup> produits chaque année).

### **I-1.5. Risques inhérents à la séquestration du carbone en forêt**

La fixation et le relâchement du carbone par les zones boisées constituent des phases naturelles du cycle du carbone. Le relâchement de carbone dans l'atmosphère sous forme de dioxyde de carbone affecte la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> tout le temps où ce dernier demeure présent dans l'atmosphère. Alors que les émissions de CO<sub>2</sub> sont comptabilisées pour un laps de temps donné, leur incidence s'étend bien au-delà. En vertu du *Protocole de Kyoto*, l'incidence de l'émission dans l'atmosphère d'une tonne de CO<sub>2</sub> au cours d'une année peut être compensée par la séquestration d'une tonne de CO<sub>2</sub> au cours de cette même période. Or l'effet de cette compensation ne perdure uniquement

---

<sup>15</sup> Entre 0 et 30 centimètres de profondeur.



que le temps pour lequel le carbone est effectivement stocké. Il se pose alors avec une certaine acuité la question de la **permanence** de la séquestration de carbone en forêt, puisqu'il peut arriver que la forêt brûle, soit abattue ou détruite, auquel cas le carbone stocké est prématurément relâché dans l'atmosphère.

Des **facteurs naturels** peuvent être à l'origine d'une inversion – totale ou partielle – de la séquestration de carbone d'une forêt (attaques fongiques, attaques de ravageurs, inondations, sécheresse, tempête, ...). Les risques de survenue peuvent être plus difficiles à évaluer pour certains risques que pour d'autres. Les actions d'évitement ou de protection sont par conséquent plus difficiles à mettre en œuvre pour certains risques que pour d'autres. La gravité des événements est variable au regard du carbone séquestré, tant au niveau de l'ampleur de leur impact sur les arbres sur pied que sur le type de gaz à effet de serre relâché et le rythme de ce relâchement. Ainsi, en cas de sécheresse, les arbres morts demeureront sur pied (du moins à court terme), tandis que dans le cas d'une tempête, les arbres abattus peuvent se décomposer ou être employés comme bois de chauffage ou sous forme de produits ligneux. Des forêts touchées par des inondations peuvent voir leurs émissions de méthane croître du fait d'une décomposition anaérobie plus importante. Dans le cas des inondations, le CO<sub>2</sub> absorbé dans l'atmosphère est réémis sous forme de CH<sub>4</sub>, si bien que l'effet environnemental net de ce projet est négatif puisque le CH<sub>4</sub> est un gaz à effet de serre plus actif que le CO<sub>2</sub>. Enfin, le réchauffement climatique aura une incidence sur la probabilité que surviennent certains risques naturels tels que les inondations et les sécheresses. En outre, ce phénomène peut également influencer sur le dépérissement des forêts ou l'effet de pollinisation.

Les **incendies** revêtent un caractère mixte dans la mesure où ils peuvent être provoqués par l'homme – volontairement ou par négligence – ou avoir des causes naturelles – comme la foudre. Ils peuvent survenir à n'importe quel stade du développement d'une forêt, mais les dommages qui en résultent sur le plan de la séquestration de carbone s'accroissent avec l'âge des arbres. Dans certains écosystèmes, les incendies peuvent constituer des phénomènes naturels nécessaires à la mise en forme des paysages et/ou au déclenchement de la régénération de certains types de végétations. Mais ils peuvent également constituer une force destructive d'origine non naturelle. Ces feux peuvent avoir pour effet d'empêcher la régénération naturelle des forêts, dans la mesure où les zones incendiées sont parfois colonisées par des espèces envahissantes et très inflammables.

Enfin, indépendamment des risques d'incendies, les **activités humaines** au sens large font peser directement certains risques sur les forêts, notamment en matière d'empiètement et de déboisement. Ces activités libèrent le carbone aérien (d'autant plus rapidement que la zone est brûlée), mais également le carbone souterrain (même si cette libération de carbone s'étend sur une plus longue

durée). Les causes à l'origine du déboisement sont liées à l'accroissement des surfaces agricoles, à l'emploi du bois comme combustible, ou encore à la mise en place d'infrastructures.

De manière plus globale, le relâchement du carbone séquestré dans le cadre d'un projet de boisement ou de reboisement peut avoir pour effet d'inverser les avantages obtenus en matière d'atténuation du changement climatique, voire même contribuer à un accroissement des émissions mondiales. Les risques de relâchement prématuré de carbone dans l'atmosphère ne sont en effet pas négligeables, en particulier pour certains types de projets (comme les plantations monospécifiques) ou encore pour certains emplacements (zones présentant un fort risque d'empiétement, par exemple). Cela dit, certains risques menaçant la séquestration de carbone peuvent très bien être gérés ou maintenus dans des limites raisonnables. L'évaluation de l'ampleur des différents risques et la planification des projets en conséquence constitue des étapes importantes de la gestion de la ressource forestière et de l'atténuation des risques.

## **Chapitre I-2. Les mesures de prévention et de couverture contre les risques naturels en forêt**

Les propriétaires forestiers privés font face à de nombreux risques tels que les avalanches, les inondations, les incendies, les cyclones, les tempêtes. Cependant, comme nous l'avons dit précédemment, les risques de feux de forêts et de tempête étant les plus dommageables, nous allons centrer notre analyse uniquement sur ces deux risques. Les conséquences d'un incendie ou d'une tempête sont catastrophiques sur le plan humain avec les blessés et les morts, sur le plan économique notamment avec la destruction d'habitations, la désorganisation des activités productives, la prise en charge des coûts par la commune et sur le plan écologique, surtout pour les incendies.

De telles catastrophes peuvent cependant être atténuées par des mesures de prévention et de couverture, entreprises par les individus ou par l'Etat et les collectivités territoriales. Les mesures de prévention sont mises en place pour empêcher la survenance d'une catastrophe et influencent donc sa probabilité d'occurrence alors que les mesures de couverture agissent une fois que la catastrophe est survenue et touchent donc les pertes subies par les propriétaires forestiers. Parmi ces mesures de couverture, nous analyserons l'assurance, existante à l'heure actuelle mais très peu utilisée par les propriétaires forestiers. Nous verrons qu'elle souffre de dysfonctionnements et ne semble pas réellement adaptée aux risques naturels et donc nous concluons par le fait qu'une réforme de l'assurance forêt en France est nécessaire.

### **I-2.1. Les mesures de prévention contre les risques naturels**

La loi n° 95-101 du 2 février 1995, dite Loi Barnier, est relative au renforcement de la protection de l'environnement. Elle définit pour la première fois le principe de prévention, elle met en place des plans de prévention et prévoit la création d'un fonds de prévention des risques naturels majeurs. Nous allons donc analyser successivement ces points puis nous présenterons les différentes activités d'auto-protection pouvant être exercées par les agents.

#### **A) DEFINITION :**

La Loi Barnier stipule que « les espaces, ressources et milieux naturels, les sites et paysages, les espèces animales et végétales, la diversité et les équilibres biologiques auxquels ils participent font partie du patrimoine commun de la nation. Leur protection, leur mise en valeur, leur restauration, leur remise en état et leur gestion sont d'intérêt général et concourent à l'objectif de développement durable qui vise à satisfaire les besoins de développement des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs.

Elles s'inspirent, dans le cadre des lois qui en définissent la portée, des principes suivants:

- ◆ Le principe de précaution, selon lequel l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable.
- ◆ Le principe pollueur-payeur, selon lequel les frais résultant des mesures de prévention, de réduction de la pollution et de lutte contre celle-ci doivent être supportés par le pollueur.
- ◆ Le principe de participation, selon lequel chaque citoyen doit avoir accès aux informations relatives à l'environnement, y compris celles relatives aux substances et activités dangereuses.
- ◆ Le principe d'action préventive et de correction (encore appelé principe de prévention), par priorité à la source, des atteintes à l'environnement, en utilisant les meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable ».

La loi Barnier définit donc de façon précise ce qu'est la prévention mais elle prévoit également l'instauration des Plans de Prévention des Risques, qui font partie des différents plans mis en œuvre dans le cadre de la prévention contre le risque d'incendie et de tempête.

## B) LES DIFFERENTS PLANS MIS EN OEUVRE :

La prévention contre le risque d'incendie peut se faire au niveau collectif à l'aide de plans, parmi ceux-ci, il y a le Plan Intercommunal de Débroussaillage et d'Aménagement Forestier (PIDAF) et le Plan de Protection des Forêts Contre les Incendies (PPFCI), que nous allons présenter successivement. Mais des plans de prévention pouvant être adaptés à chacun des risques naturels existent également, ce sont les Plans de Prévention contre les Risques naturels (PPR).

### 1) Le PIDAF :

Le PIDAF, appelé dans certains départements Plan d'Aménagement Forestier contre l'Incendie (PAFI), est un document de planification relatif à l'aménagement et à l'équipement d'un massif forestier en vue de prévenir les risques d'incendie et de lutter contre eux de manière efficace. Il doit être l'occasion de rechercher une synergie entre tous ceux qui sont concernés par le massif forestier : forestiers, éleveurs, agriculteurs, pompiers.

Le PIDAF est élaboré à l'échelle d'un massif forestier, à l'instigation des communes. C'est un document qui prend en compte une foule d'éléments environnementaux, économiques, agricoles, sociaux, paysagers, dans l'optique de protéger un site contre l'incendie.

Le PIDAF a quatre objectifs :

- éviter les départs de feux,
- limiter la propagation du feu,

- faciliter l'accès des secours en équipant les massifs forestiers de voies d'accès, de points d'eau,
- protéger les zones habitées, notamment par le débroussaillage, que nous décrirons plus tard.

Mais alors que le PIDAF s'instaure à l'échelle d'un massif forestier, d'autres plans de lutte contre l'incendie peuvent être mis en place au niveau régional ou départemental, comme c'est le cas du PPFCl.

### 2) Le PPFCl :

Le règlement CEE n° 2158/92 du 23 juillet 1992, prorogé par le règlement n° 308/97 du 17 février 1997, prévoit que, dans les zones à haut risque d'incendie, les états membres de l'Union européenne transmettent à la Commission des Plans de Protection des Forêts Contre l'Incendie (PPFCl) aussi appelés schémas départementaux.

Le PPFCl est prévu par le code forestier, il est spécifique à la problématique feux de forêts. Il est décidé au niveau du département par le Préfet et s'applique à l'échelle régionale ou départementale. Il définit et oriente la stratégie et les actions de l'Etat et des collectivités territoriales en matière de prévention et de lutte.

Le PPFCl a trois objectifs :

- diminution du nombre d'éclosion de feux de forêts,
- diminution des superficies brûlées,
- prévention des conséquences des incendies sur les personnes, les biens, les activités économiques et sociales et les milieux naturels.

Nous allons maintenant voir le plus développé de ces plans, dans la mesure où il peut être adapté à chacun des risques naturels et notamment au risque tempête, dont la prévention se fait très peu au niveau collectif. Ce plan est appelé le Plan de Prévention contre les Risques (PPR) et a été instauré par la Loi Barnier du 2 février 1995.

### 3) Le PPR :

L'article 40-1 de la Loi Barnier prévoit que « L'Etat élabore et met en application des Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones.

Ces plans ont pour objet :

- 1) de délimiter les zones exposées aux risques en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ou, dans le cas où des constructions,

ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités;

2) de délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1° du présent article;

3) de définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1) et au 2) du présent article, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers;

4) de définir, dans les zones mentionnées au 1) et au 2) du présent article, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs ».

Les PPR constituent des mesures de prévention contre les risques naturels qui s'appliquent au niveau des communes. Le contenu législatif ainsi que les modalités de mise en vigueur sont décidés au niveau des départements sous l'autorité des Préfets. Leur objectif principal est de déterminer des zones à haut risque dangereuses pour la population et donc de créer des zones inconstructibles. La délimitation de ces périmètres est faite par les services de la Préfecture en concertation avec les municipalités.

Parmi les PPR, on trouve des plans adaptés particulièrement aux feux de forêts, les Plans de Prévention contre les Risques Incendies de Forêt (PPRIF). Le but des PPRIF est de réglementer et d'interdire les nouvelles constructions dans les zones fortement exposées et urbanisées, l'urbanisation étant jugée à l'origine d'un accroissement du nombre de feux. Dans les autres secteurs, il veille à ce que les nouvelles constructions n'aggravent pas les phénomènes de feux. Le PPRIF intervient dans le cadre des mesures d'intégration du risque dans l'aménagement du territoire.

Au 31 décembre 2002, environ 3200 communes sont dotées d'un PPR alors que pour près de 5500 autres, un PPR a été prescrit, proposé mais n'est pas encore approuvé. C'est ce que nous indique le tableau suivant, tout en précisant à la lutte contre quel type de risque le plan est destiné.

## Nombre de communes couvertes par un PPR (ou ancien PER ou R111.3) par type de risque :

	Inondation	Mouvement de terrain	Avalanche	Séisme	Littoral	Feux de forêt	Cyclone, tempête	Sécheresse
<b>PPR approuvé</b>	3 234	1 051	212	166	40	26	0	0
<b>PPR prescrit</b>	5 653	683	81	151	93	76	35	462

*Source : base de données Corinte du ministère de l'écologie et du développement durable/DPPR.*

*Source :* Rapport 154 – Commission des Affaires Economiques : *Prévention des risques technologiques et naturels et réparation des dommages*. Partie B : Le rôle de l'Etat en matière de prévention des risques naturels.

Site Internet du Sénat : <http://www.senat.fr/rap/102-154/102-1548.html>.

Il ressort de ce tableau que les feux de forêts et les tempêtes sont les risques les moins concernés par les PPR, alors qu'ils représentent les deux risques principaux auxquels sont exposées les forêts françaises. Ainsi, les mesures de prévention prises contre ces risques par les propriétaires forestiers restent en grande partie à la charge de ces derniers, sous la forme d'activités d'auto-protection.

### **C) LES ACTIVITES D'AUTO-PROTECTION :**

Les activités d'auto-protection concernent toutes les mesures individuelles prises par les agents pour se prémunir contre la survenance d'une catastrophe et donc protéger les forêts contre les risques naturels. Il n'est pas possible d'influencer le risque d'occurrence d'une tempête donc seules des mesures visant à réduire la probabilité de réalisation d'un feu de forêt sont envisageables par le propriétaire forestier. Parmi ces mesures, citons le débroussaillage et la surveillance des massifs forestiers.

#### 1) Le débroussaillage :

En France, dans 95% des cas, les feux de forêts sont d'origine humaine, c'est pourquoi les individus peuvent prendre des mesures individuelles de prévention contre les incendies. La mesure individuelle principale pouvant être prise est le débroussaillage.

Le débroussaillage est réglementé par le Code Forestier et sa loi n° 2001-602 du 9 juillet 2001, qui vise à une meilleure application des mesures de prévention contre les incendies de forêts et notamment

à une meilleure application du débroussaillage. En effet, il existe quatre éléments propagateurs d'un incendie : la chaleur, la sécheresse, le vent et les broussailles. L'homme peut uniquement lutter contre le dernier par le débroussaillage.

L'article 32 de la loi d'orientation sur la forêt, du 9 juillet 2001 définit le débroussaillage comme l'ensemble des « opérations dont l'objectif est de diminuer l'intensité et de limiter la propagation des incendies par la réduction des combustibles végétaux, en garantissant une rupture de la continuité du couvert végétal et en procédant à l'élagage des sujets maintenus et à l'élimination des rémanents de coupes <sup>16</sup> ».

Le débroussaillage ne doit évidemment pas se faire dans toute la forêt car 98 % des départs de feux se font à moins de 100 mètres d'une habitation ou d'une voie ouverte à la circulation, l'essentiel du débroussaillage doit donc se faire dans ce périmètre<sup>17</sup>.

L'obligation de débroussaillage concerne :

- En zone non urbaine :

- les abords de construction : de 50 à 100 mètres autour de la construction,
- les abords des routes (20 m) et des voies d'accès aux constructions (10 m).

- En zone urbaine : toute la surface des terrains servant d'emplacement à des Zones d'Aménagement Concerté (ZAC), à des lotissements et à des campings.

- En zone urbanisée : dans de telles zones ne disposant pas d'un document d'urbanisme, le Préfet peut porter l'obligation de débroussaillage à 200 m autour des constructions. Les PPR peuvent ajouter d'autres zones de débroussaillage.

Il faut également savoir que l'opération de débroussaillage est à la charge du propriétaire de l'habitation, de la route ou de la voie d'accès, y compris quand le Préfet a pris un arrêté pour étendre la zone de débroussaillage à 200 m.

Le Maire a le pouvoir d'imposer le débroussaillage et à défaut le Préfet. Cependant, les procédures sont rarement mises en œuvre. Ainsi le débroussaillage, activité essentielle de la prévention, est une pratique peu effectuée.

Cependant une nouvelle technique de débroussaillage appelée le brûlage dirigé est en train de se développer, mais elle reste fortement réglementée. Celle-ci consiste à allumer de petits feux, dans des périodes très peu risquées telles qu'au mois de janvier, afin de brûler la végétation basse très inflammable et donc d'éviter les départs non souhaités de feux.

---

<sup>16</sup> Les rémanents sont les résidus de l'opération de débroussaillage, notamment les branches élaguées.

<sup>17</sup> Chiffres issus de l'ouvrage de Paul-Henry Fleur.



Le débroussaillage est donc une activité exercée par les agents et qui est à leur charge, dont le but est de réduire les départs de feux de forêts, mais la surveillance des massifs constitue également un aspect central de la réduction de ces départs.

## 2) La surveillance des massifs :

L'objectif de la surveillance des massifs est de détecter au plus tôt les départs de feux de façon à pouvoir intervenir le plus rapidement possible sur les feux naissants. En effet, plus un feu est attaqué rapidement plus la surface totale détruite est réduite.

Cette surveillance faite par des patrouilles de forestiers, de forestiers-sapeurs, de gardes et de sapeurs-pompiers fait que moins de 1 % des départs de feux deviennent des grands feux. La surveillance par les pompiers dans les Bouches du Rhône pour un jour normal mobilise 250 hommes et pour un jour de risque 1 000 hommes<sup>18</sup>.

Ce quadrillage de terrain est essentiel dans la prévention des feux, mais l'implication des bénévoles est-elle aussi essentielle notamment à travers les Comités Communaux Feux de Forêts (CCFF) qui ont un rôle de prévention et non de lutte contre le feu. Durant l'hiver, les bénévoles se consacrent au débroussaillage et à leur formation alors que l'été (15 juin au 15 septembre) ils se consacrent au patrouillage et à la surveillance des massifs forestiers pour détecter le moindre départ de feu. Lorsque les CCFF détectent un départ de feu, ils préviennent les secours bien évidemment, mais ils les guident également dans le massif car ils ont une très bonne connaissance des lieux. De plus, certaines patrouilles sont motorisées (4x4) et contiennent une remorque avec 600 litres d'eau. A titre d'exemple, les CCFF rassemblent environ 9 000 bénévoles en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, dont 3 000 dans les Bouches-du-Rhône, 3 000 dans le Var, 1 500 dans les Alpes Maritimes et 1 500 dans le Vaucluse. A la création des CCFF, il y avait un manque de coordination entre les bénévoles et les professionnels du feu, mais aujourd'hui, ces bénévoles sont d'une aide considérable et sont très bien acceptés par tous.

Les activités d'auto-protection, que sont le débroussaillage et la surveillance des massifs font donc partie intégrante de la lutte contre les incendies de forêts. Cependant, la création d'un fonds de prévention des risques naturels majeurs, prévue par la loi Barnier pourrait également venir en aide aux propriétaires.

## **D) LE FONDS DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS MAJEURS :**

L'article 13 de la Loi Barnier affirme : « *la création « d'un fonds de prévention des risques naturels majeurs » chargé de financer, dans la limite de ses ressources, les indemnités allouées ainsi que les*

---

<sup>18</sup> Chiffres issus d'un Document parlementaire : Rapport de l'Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, volume 4, assemblée-nationale.fr

*dépenses liées à la limitation de l'accès et à la démolition éventuelle des biens exposés afin d'en empêcher toute occupation future ».*

Ce fonds est alimenté par un prélèvement sur le produit des primes ou cotisations additionnelles relatives à la garantie contre le risque de catastrophes naturelles, prévues à l'article L. 125-2 du code des assurances. Ce prélèvement s'applique sur le produit des primes ou cotisations additionnelles émises à compter d'un délai de six semaines après la publication de la présente loi. Il est versé par les entreprises d'assurances ou leur représentant fiscal visé à l'article 1004 bis du code général des impôts. Le taux de ce prélèvement est fixé à 2,5%. En outre, le fonds peut recevoir des avances de l'Etat.

La gestion comptable et financière du fonds est assurée par la Caisse Centrale de Réassurance (CCR) dans un compte distinct de ceux qui retracent les autres opérations pratiquées par cet établissement.

Les frais exposés par la Caisse Centrale de Réassurance pour cette gestion sont imputés sur le fonds.

Le fonds de prévention des risques naturels majeurs a donc été créé pour financer les indemnités allouées, suite à une expropriation. En effet, la Loi Barnier crée une possibilité d'expropriation en cas de risques naturels, en vue d'assurer la sécurité des personnes. L'expropriation concerne uniquement les phénomènes tels que les avalanches, les mouvements de terrain et les crues torrentielles.

L'article L561-1 du code de l'environnement reprend la disposition de la Loi Barnier et prévoit donc que les biens soumis à un risque prévisible menaçant gravement les vies humaines, peuvent faire l'objet d'une procédure d'expropriation pour cause d'utilité publique<sup>19</sup>, dès lors que les moyens de sauvegarde s'avèreraient plus coûteux que les indemnités d'expropriation. Ce fonds de prévention des risques naturels majeurs se focalise donc uniquement sur quelques risques, sans s'intéresser à ceux auxquels sont principalement soumises les forêts françaises, à savoir les incendies et les tempêtes. Les propriétaires forestiers ne peuvent donc pas bénéficier de ce fonds de prévention.

Le principe de prévention est défini clairement pour la première fois par la Loi Barnier de 1995. Dans le cadre de notre problématique forêt, cette prévention peut être faite à travers différents plans : PIDAF, PPFCI et PPR, elle peut également être mise en œuvre par les individus via des activités d'auto-protection telles que le débroussaillage et la surveillance des massifs. Mais la prévention des incendies de forêt ne se fait pas uniquement au niveau national, elle se fait également au niveau de l'Union européenne. En effet, depuis 2003, la Commission européenne a instauré un programme intitulé « Forest Focus »<sup>20</sup>. Ce programme a pour but la protection contre la pollution atmosphérique et surtout la prévention des incendies de forêt. A cette fin, « Forest Focus » a prévu la mise en place de diverses mesures parmi lesquelles le développement des activités de surveillance des forêts, l'étude des incendies de forêt, le développement des indicateurs et des méthodologies d'évaluation des risques auxquels sont exposées les forêts. « Forest Focus » est mis en œuvre à partir du 1er janvier 2003 et

---

<sup>19</sup> L'expropriation pour cause d'utilité publique est un droit accordé aux collectivités locales, à leurs établissements publics ou à une personne privée dans certains cas, de s'approprier une propriété privée moyennant une indemnité juste et préalable, en vue de l'affecter à un usage public.

jusqu'au 31 décembre 2006. Le budget annuel prévu est de 61 millions d'euros dont 9 millions sont destinés aux mesures de prévention des incendies. Si les pays ainsi que l'Union européenne font tant d'efforts de prévention contre l'incendie, c'est parce que les feux de forêt ont dans 95% des cas une origine humaine. La prévention des incendies de forêts prend donc de l'ampleur en sortant du cadre purement national et permet donc une coordination au niveau européen ainsi que des fonds pour lutter contre ces incendies qui ravagent nos forêts.

A la différence des mesures de prévention qui, comme nous l'avons déjà indiqué, peuvent atténuer l'occurrence de feux de forêt, des mesures de couverture peuvent être mises en place pour réduire les pertes subies en cas d'incendie mais aussi celles liés aux tempêtes. Ainsi les propriétaires forestiers disposent de moyens pour diminuer les dommages subis en cas de sinistre.

### **I-2.2. Les mesures de couverture contre les risques naturels**

Les propriétaires forestiers peuvent se couvrir contre les risques pouvant potentiellement toucher leur forêt par divers moyens : les contrats d'assurance, les activités d'auto-assurance et les programmes publics d'aide aux sinistrés.

Ainsi, deux catégories de couverture existent, l'une étant liée aux actions prises par les propriétaires forestiers (assurance et auto-assurance) et l'autre étant de nature extérieure et indépendante des décisions des propriétaires (programmes publics). On pourrait également procéder à une distinction en fonction du caractère privé ou public de la couverture.

#### **A) LES CONTRATS D'ASSURANCE :**

Dans le cadre de ce travail, le secteur de l'assurance qui nous intéresse comporte deux branches : l'assurance dommage, soit l'assurance des choses en cas de sinistre, et l'assurance responsabilité civile soit l'assurance des victimes d'un préjudice. Après avoir présenté très brièvement les contrats généraux d'assurance des choses et de responsabilité civile, nous montrons dans quelle mesure ces contrats s'appliquent à la problématique forêt.

##### **1) Les contrats généraux :**

Ces contrats généraux s'appliquent à toutes sortes de dommages. L'assurance dommage couvre la réparation d'un préjudice qu'il soit indirect, soit subi par un tiers du fait de l'assuré (assurance de responsabilité), ou direct, soit portant sur un bien appartenant à l'assuré (assurance de choses).

---

<sup>20</sup> Règlement CE n° 2152/2003, entrée en vigueur le 11/12/03, présenté au Journal Officiel L324 du 11/12/03.

a) L'assurance responsabilité civile :

« Toute personne qui cause à autrui un dommage oblige celui par la faute duquel il est arrivé à le réparer », tel est le principe qui régit l'assurance responsabilité civile. En effet, toute personne peut causer involontairement du tort à autrui ; sa responsabilité civile lui engendre l'obligation de réparer le tort subi. L'assurance responsabilité civile couvre les dommages uniquement si ceux-ci sont causés involontairement. En effet, si un individu nuit volontairement, l'assurance ne couvre pas les faits. Selon les tribunaux, il y a faute intentionnelle lorsque l'assuré a non seulement la volonté de causer le dommage, mais aussi la conscience des conséquences de son acte.

La responsabilité civile couvre également les actes causant du tort à autrui, si ceux-ci sont faits par des personnes dont le souscripteur est civilement responsable, par ses employés (baby-sitter, femme de ménage...), ses biens ou ses animaux. La somme à payer dépend uniquement du montant des dommages causés ; la responsabilité civile n'a donc pas de limite. L'assurance responsabilité civile porte sur des dommages causés involontairement à autrui mais pas sur des dommages causés au souscripteur de l'assurance et à ses proches ; il existe, pour cela, des extensions de garantie.

b) L'assurance de choses :

L'assurance de choses couvre un individu contre les conséquences financières de dommages matériels subis par une chose suite à un incident, soit l'endommagement, la destruction ou la perte d'une chose<sup>21</sup>. Sont couverts, par exemple pour une entreprise, les frais de réparation ou de remplacement pour les marchandises, les bâtiments, les installations ainsi que les pertes de revenu résultant d'un dommage survenu dans l'entreprise ou les autres frais résultant de la reconstitution de documents officiels. Ces dommages sont couverts à la suite des incidents suivants : les incendies, les causes externes telles que des actes de malveillance dirigés contre l'entreprise, le vol, les épidémies (s'il y a commercialisation de denrées alimentaires), les événements touchant des appareils techniques et des machines ou survenant lors de transports, et les événements naturels tels que la tempête, la grêle...

Depuis la loi n° 82-600 du 13 juillet 1982, les biens des personnes physiques et morales autre que l'Etat, faisant l'objet de contrats d'assurance dommage ou perte d'exploitation, sont également couverts contre les effets des catastrophes naturelles, à la seule condition, que l'état de catastrophe naturelle soit déclaré par arrêté préfectoral. Une liste des différents biens garantis contre les effets des catastrophes naturelles existe.

En cas de catastrophe naturelle, les Compagnies d'Assurance sont donc obligées de couvrir les dégâts que les sinistrés ont subis si ces derniers disposent d'un contrat d'assurance dommage et si l'état de catastrophe naturelle est déclaré par les autorités. Les compagnies faisant face à des risques importants, elles se réassurent, principalement auprès de la Caisse Centrale de Réassurance.

---

<sup>21</sup> Selon les assurances Winterthur, site Internet : [http://www.winterthur-insurance.ch/fr/home/bus/bus\\_han/bus\\_han\\_pro/bus\\_han\\_pro\\_winpro/bus\\_han\\_pro\\_winpro\\_sach.htm](http://www.winterthur-insurance.ch/fr/home/bus/bus_han/bus_han_pro/bus_han_pro_winpro/bus_han_pro_winpro_sach.htm)

Cependant, il faut noter que les contrats d'assurance dommage ne sont pas obligatoires. Ainsi, un agent qui n'est pas assuré ne sera pas couvert contre une catastrophe naturelle même si l'état de catastrophe est déclaré.

Après cette brève présentation des contrats d'assurance généraux, nous allons dégager les spécificités des contrats généraux proposés dans le domaine forestier pour couvrir les risques d'incendie et de tempête.

## 2) Les contrats généraux d'assurance dans le secteur forestier

Il existe dans le domaine forestier des contrats d'assurance responsabilité civile permettant aux propriétaires forestiers de se couvrir contre les risques éventuels dus à leur forêt et pouvant toucher des tierces personnes, et des contrats d'assurance forêt leur permettant de protéger leur forêt des dégâts occasionnés par le vent ou le feu.

### *a) L'assurance responsabilité civile (RC) :*

La responsabilité civile des propriétaires forestiers privés français peut être engagée en cas d'accident d'un tiers dans leur propriété même si celle-ci n'est pas ouverte au public. Par exemple, si une branche tombe et blesse un individu ou endommage un véhicule, le propriétaire de la forêt peut être jugé fautif. Ce type d'accident n'est pas rare. Or, depuis 2000, seulement 30% des propriétaires forestiers privés français ont une assurance RC ; avant 2000, ils n'étaient que 25,4%<sup>22</sup>. Ces souscriptions sont généralement conditionnées à l'adhésion à un syndicat. En effet, dès qu'un propriétaire forestier adhère à un syndicat, il souscrit aussi automatiquement une assurance responsabilité civile.

### *b) Les contrats d'assurance forêt :*

Les contrats d'assurance forêt touchent les risques de tempête et d'incendie qui sont considérés comme assurables. Ces deux risques sont exclus du régime des « catastrophes naturelles »<sup>23</sup> et de celui des « calamités agricoles »<sup>24</sup>. Les propriétaires forestiers disposent de ces contrats pour se couvrir contre ces risques. Cependant, il est observé que le nombre de propriétaires forestiers privés ayant souscrit un tel contrat est très faible. Avant les tempêtes de décembre, 1999 7% des forêts privées françaises étaient assurées contre les risques d'incendie et de tempête. La loi 90-509 du code des assurances de juin 1990 avait étendu la garantie incendie aux effets du vent dus aux tempêtes, ouragans et cyclones. De ce fait, un propriétaire forestier qui possédait une assurance dommage couvrant le risque incendie était automatiquement couvert contre les dégâts des tempêtes, cyclones et

---

<sup>22</sup> Enquête auprès des propriétaires forestiers réalisées par le FNSPSF et l'IDF avec le concours financier de la Direction de l'espace rural et de la forêt du Ministère de l'Agriculture.

<sup>23</sup> Article L 125-1 à L 125-6 du code des assurances.

<sup>24</sup> Loi n° 64-706 du 10 juillet 1964 crée le Fonds National de Garanties des Calamités Agricoles.

ouragans. Suite à la loi d'orientation forestière du 9 juillet 2001 qui a supprimé ce lien, il est toujours observé que le nombre de propriétaires forestiers privés assurés reste faible.

Après avoir présenté les différents contrats existant sur le marché, nous dégagerons les principaux arguments qui peuvent expliquer le faible taux observé.

### L'offre d'assurance forestière en France

Les tempêtes Lothar et Martin de décembre 1999 ont bouleversé le marché français de l'assurance forestière. Ces tempêtes ont été un désastre économique pour les assureurs français avec un coût estimé à 6,8 milliards d'euros dont 228 millions d'euros pour la forêt privée française. Avant ces tempêtes, cinq compagnies opéraient sur ce marché : le cabinet l'Equité, Groupama (à travers la Mutuelle Indépendante des Sylviculteurs du Sud-Ouest : MISSO), le Gan, Axa et les Mutuelles du Mans. 90% du marché était détenu par Groupama MISSO et le cabinet l'Equité.

Les indemnisations versées par les assureurs au titre des tempêtes de 1999 ont coûté l'équivalent de quarante années de cotisations<sup>25</sup>. Ainsi, Groupama a déboursé 1,2 milliards de francs pour 1999 pour 560 000 sinistres enregistrés (après réassurance et reprise de provisions), les Mutuelles du Mans Assurances (MMA) 1,5 milliards de francs. Les assureurs tels que AXA ou les AGF, dont les risques sont mieux répartis, ont supporté des coûts nets respectifs de 940 millions et 1,5 milliards de francs<sup>26</sup>.

Les tempêtes Lothar et Martin ont provoqué la cessation d'activité pour le cabinet l'Equité (au 31 décembre 2000), qui a été, fin 2001, repris par le cabinet Xavier de la Bretesche, proposant des contrats avec des hausses significatives des cotisations. Pour Groupama, les tempêtes de décembre 1999 ont représenté cent ans de cotisations tempête. Ainsi, après avoir répondu à ses engagements contractuels, Groupama a fortement modifié son offre en divisant par deux les garanties tout en multipliant les cotisations. Les trois autres compagnies ont opté pour des solutions diverses: cessation d'activité pour Axa, contrats personnalisés pour Le Gan et contrats uniquement d'incendie pour les Mutuelles du Mans.

De ce fait, nous ne présentons par la suite que les contrats proposés par les deux principaux assureurs français : Groupama MISSO et le cabinet Xavier de la Bretesche (XLB). Ces deux compagnies proposent des contrats d'assurance ayant des caractéristiques communes mais aussi des conditions distinctes. Ces aspects vont être automatiquement mis en évidence par la description suivante des contrats proposés.

#### *L'offre d'assurance de Groupama MISSO*

Les contrats proposés par Groupama, conclus pour une durée d'un an ne couvrent que les forêts de production contre soit les incendies seuls, soit les incendies tempête et neige. Ainsi seuls les bois sur

---

<sup>25</sup> Chiffres issus du Dossier Assurance tempête, Forêts de France, mai 2002, n°453.

<sup>26</sup> Chiffres issus du Rapport IDF : « Les systèmes d'assurance en forêt et les progrès possibles ».

pieds sont garantis. Le contrat doit faire l'objet d'une cotisation minimale de 20 euro/an. De type forfaitaire, les garanties sont comprises entre 500 euro/ha et 2500 euro/ha (voir le tableau suivant).

Peuplements	Indemnités En euros/ha	Cotisation annuelle en euros/ha	
		Incendie	Incendie, tempête, neige
Tous	500	2,5	4,5
Tous sauf taillis simples	1000	5	9
Toutes futaies sauf pins du Sud-Ouest	2000	10	18
Futaies régulières exceptionnelles	2500	12,5	22,5

Ces garanties dépendent du type de peuplement, des risques et de leur concentration géographique. A ces garanties forfaitaires peuvent s'ajouter le produit du sauvetage éventuel des bois et les différentes aides financières de la collectivité publique.

Les cotisations correspondent à 0,50 % du montant de l'indemnité forfaitaire dans le cas d'une assurance incendie et à 0,90 % dans le cas d'une assurance incendie couplée aux risques tempête et neige.

#### *L'offre d'assurance de XLB*

L'offre du cabinet XLB est plus complexe que celle proposée par la compagnie Groupama. En effet, le cabinet XLB possède une offre comprenant trois contrats, le « Contrafeu » pour l'incendie, le « Contravent » pour la tempête et le « Contraforêt » pour l'incendie et la tempête.

Au sein de chaque contrat, le propriétaire a le choix entre différents niveaux de garantie en « Frais de reboisement » (cette garantie permet de couvrir le coût moyen de reboisement sur l'ensemble du domaine forestier : préparation du terrain, achat de plants, protections, clôture, main d'œuvre, premiers entretiens...) et en « Perte Financière » (cette garantie compense le propriétaire car le sinistre ne lui permet pas de vendre son bois détérioré à un âge normal d'exploitabilité et dans de bonnes conditions d'exploitation), ces deux garanties pouvant être souscrites séparément ou conjointement. Le contrat est souscrit pour une durée d'un an. Le cabinet XLB n'assure que les forêts de production ; seuls les bois sur pieds sont garantis. Aux indemnités versées en cas de sinistre peuvent s'ajouter le produit du sauvetage des bois et les éventuelles compensations publiques.

Les caractéristiques du contrat d'assurance contre l'incendie, « Contrafeu », sont décrites dans le tableau suivant. Pour un peuplement situé en dehors du Sud Ouest de la France, les ratios « cotisation annuelle/indemnité maximum » sont compris entre 0,14 % et 0,23% en fonction de la combinaison « Frais de reboisement - Perte financière » choisie par le propriétaire. Ces ratios sont à comparer avec les 0,50 % de Groupama.

Le risque incendie étant plus important dans le Sud de la France, XLB pratique une différenciation des contrats en fonction de la localisation des peuplements : certains départements sont alors affectés de coefficients multiplicateurs (d'une valeur de 2 à 4) tandis que d'autres sont même exclus. Dans ce cas, nous obtenons des ratios compris entre 0,28 % et 0,91 %, à comparer avec les 0,50 % obtenus avec le contrat Groupama.

Caractéristiques du contrat d'assurance « contrafeu ».

Frais de reboisement		Pertes financières	
Indemnité maximum En euros/ha	Cotisation annuelle En euros/ha	Indemnité maximum En euros/ha	Cotisation annuelle En Euros/ha
1200	2,45	750	1,7
1500	2,6	1500	2,6
1800	2,95	3000	4,3
2300	3,45	4600	6,6
3000	4,3	6100	8,75
3500	5,25	7600	10,75

Le contrat d'assurance contre le risque de tempête (« contravent ») présente des caractéristiques similaires au contrat contre l'incendie (voir tableau suivant) excepté la différenciation des contrats en fonction de la localisation du peuplement et la présence ici d'une franchise différenciée en fonction de la taille du peuplement. Cette différenciation n'est pas pour ce contrat mise en place. Le contrat « Contravent » inclut une franchise décroissante avec la surface assurée par le propriétaire.

Le propriétaire forestier sélectionne aussi une combinaison frais de reboisement – perte financière.

Caractéristiques du contrat d'assurance « contravent ».

Frais de reboisement		Pertes financières	
Indemnité maximum En euros/ha	Cotisation annuelle En euros/ha	Indemnité maximum En euros/ha	Cotisation annuelle En Euros/ha
1200	3,85	750	2,4
1500	4,8	1500	4,8
1800	5,75	3000	9,6
2300	7,35	4600	14,4
3000	9,6	6100	19,2
3500	11,2	7600	24



Le dernier contrat proposé par XLB, « contraforêt », couvre simultanément les risques de tempête et d'incendie. Ce contrat comprend trois modules. Le premier module offre la possibilité au propriétaire forestier de choisir un montant d'indemnisation identique pour l'incendie et la tempête avec une différenciation des primes en fonction de la localisation du peuplement et du type d'essence considéré. Le deuxième module propose au propriétaire un niveau d'indemnisation deux fois plus faible pour la tempête que pour l'incendie avec la même différenciation. Enfin, le troisième est réservé à l'assurance des taillis sous futaie (TSF) avec une indemnisation identique pour l'incendie et la tempête.

Des présentations des contrats proposés par les principaux assureurs peuvent être dégagées leurs principales différences. Existe pour l'ensemble des contrats une franchise dont la définition et le montant dépendent des assureurs : Groupama propose une franchise relative de 33% tandis que XLB impose une franchise stricte de 20 %. Par exemple, si le sinistre a endommagé 40 % du peuplement alors le montant d'indemnité versé par l'assureur est de 40 % pour Groupama et de 20 % pour XLB.

Le montant de l'indemnité proposé par Groupama est forfaitaire tandis que celle incluse dans les contrats de XLB résulte d'une expertise plafonnée par un montant maximum défini dans le contrat.

Les cotisations des contrats proposés par XLB sont définies toutes taxes incluses ; sont alors intégrées la taxe attentat ainsi que la surprime au titre des Catastrophes Naturelles. A la différence, les cotisations définies par Groupama ne tiennent pas compte de ces taxes.

Bien que les contrats proposés par les deux assureurs soient tous différenciés, les critères de différenciation quant à eux diffèrent selon les assureurs. Par exemple citons quelques critères comme la localisation géographique, le type de peuplement, le type d'essence.

Plusieurs arguments ou caractéristiques tant de l'offre que de la demande d'assurance peuvent être proposés pour expliquer le faible nombre de propriétaires forestiers assurés contre les risques de tempête et d'incendie en France. Trois éléments majeurs peuvent justifier le faible taux d'assurance des propriétaires forestiers : la sous-estimation du risque, la réticence des assureurs à proposer des contrats d'assurance pour ces types de risques (caractérisés par une probabilité d'occurrence très faible et des dommages très importants) et enfin l'existence de programmes de soutien public après sinistre.

Parallèlement à la souscription de contrats d'assurance pour se couvrir contre les risques de tempête et d'incendie, les propriétaires forestiers peuvent réaliser des actions reposant sur une plus grande responsabilisation individuelle face aux risques. Par ces actions ils peuvent agir sur les dommages subis par leur forêt suite à la survenance d'une catastrophe. On parle d'actions de couverture ou d'auto-assurance.

## **B) LES ACTIVITES D'AUTO-ASSURANCE :**

Nous allons présenter successivement l'épargne de précaution et des activités d'auto-assurance propres aux risques de tempête et d'incendie. L'épargne de précaution peut être constituée pour faire face à toutes sortes de risques naturels. Parallèlement, d'autres mesures individuelles spécifiques peuvent être entreprises par les propriétaires pour réduire l'ampleur des pertes suite à de tels événements.

### 1) L'épargne de précaution :

Les propriétaires forestiers privés peuvent se couvrir contre les pertes qui les affligent à la suite d'une tempête ou d'un incendie grâce à la constitution d'une épargne de précaution. En effet, durant les années sans incident le propriétaire place une partie de ses revenus sur un compte bancaire et peut ainsi disposer des fonds épargnés lorsqu'une catastrophe survient. Ces fonds lui permettent de réaliser les travaux de nettoyage et d'exploitation des chablis et volis, ce qui limite ses pertes financières. Cependant, nombreux sont les propriétaires qui ne retirent que des revenus d'appoints et non des revenus principaux de leur forêt. De ce fait, ces revenus sont généralement faibles et ne permettent pas la constitution d'une épargne de précaution.

L'enquête IDF de 2002 vient appuyer ces propos dans la mesure où le taux de réponse citant un objectif de « revenu principal » n'est pas significatif dans l'échantillon de propriétaires forestiers privés français. De plus, les propriétaires adhérents de syndicats affichent très clairement un objectif de capitalisation alors que pour les propriétaires non syndiqués, l'objectif varie en fonction du peuplement : objectif de capitalisation pour le TSF (taillis sous futaie)<sup>27</sup> et les futaies<sup>28</sup> de résineux ou de feuillus et revenu d'appoint pour les propriétaires de taillis et de peupleraies<sup>29</sup>.

L'épargne de précaution connaît un développement lent chez les propriétaires. De ce fait, la FNSPFS<sup>30</sup> propose la mise en place d'une fiscalité incitative de façon à ce que l'épargne de précaution devienne un véritable moyen de couverture contre les risques naturels. Cependant selon Gollier (2003), la capacité à s'auto-assurer des agents en accumulant de l'épargne de précaution, les pousse à réduire significativement leur demande d'assurance. Ainsi, selon l'auteur, les agents devraient avoir une demande d'assurance positive uniquement lorsqu'un événement dans leur passé proche a réduit leur épargne de précaution à néant ou pour se couvrir contre les risques catastrophiques, c'est à dire ceux pour lesquels la perte potentielle excède largement leur revenu annuel. L'épargne de précaution permet donc de se couvrir contre toutes sortes de risques naturels, mais des mesures particulières peuvent être effectuées par les propriétaires forestiers privés français.

---

<sup>27</sup> Taillis-sous-futaie : régime dans lequel le peuplement est mixte, comprenant du taillis en dessous des arbres de la futaie.

<sup>28</sup> Futaie : régime obtenu par semis (naturels ou artificiels) ou plantations, pour la production d'arbres de grande dimension au tronc élevé et droit.

<sup>29</sup> Peupleraie : peuplement de peuplier.

## 2) Les activités d'auto-assurance propres aux risques de tempête et d'incendie :

Au niveau des forêts publiques, l'Etat peut réduire l'ampleur des pertes dues à une tempête ou un incendie en diversifiant ses parcelles et en les répartissant sur le territoire car un tel événement frappe en un point plus ou moins précis. Ceci est impossible au niveau des forêts privées car généralement les propriétaires ont des forêts plus ou moins regroupées d'un point de vue géographique. D'autres diverses mesures permettent d'atténuer les pertes subies par un propriétaire à la suite d'une tempête.

La tendance actuelle est à la réduction de l'âge d'exploitabilité, de façon à ce que les arbres soient moins hauts et par conséquent moins sensibles aux rafales de vent. Cependant, selon Bruciamacchie Max, il y a une confusion entre hauteur et diamètre. En effet, avec l'âge, les arbres prennent davantage en diamètre qu'en hauteur. Ensuite, les propriétaires peuvent jouer sur la composition des essences. En effet, certaines d'entre elles sont plus sensibles aux risques que d'autres. Par exemple, dans l'Est de la France lors de la tempête de décembre 1999, les propriétaires se sont rendus compte que le hêtre avait été plus fragile que le chêne. Des mesures relatives à la maîtrise du volume à l'hectare peuvent également être engagées, dans la mesure où plus la densité est importante, plus le nombre d'arbres renversés ou incendiés est élevé et plus les bois sont abîmés. Finalement, les propriétaires forestiers doivent être très vigilants quant à la composition de leur lisière. En effet, celle-ci ne doit pas être trop dense sinon le vent s'engouffre dans la forêt sous forme de tourbillon et renverse une grande quantité d'arbres. Elle ne doit pas non plus être trop clairsemée sinon le vent pénètre trop facilement et provoque des dégâts considérables. Il y a donc un compromis à trouver entre ces deux extrêmes. Mais, il faut préciser que l'ensemble de ces mesures sont des actes de gestion sylvicole qui engendrent des coûts ou des pertes de revenus pour les propriétaires qui les mettent en œuvre.

Les propriétaires forestiers peuvent faire face aux risques qui menacent leurs actifs en souscrivant une assurance, toutefois ils sont très peu nombreux à le faire. Ils peuvent également entreprendre des activités d'auto-assurance et d'auto-protection. Cependant, nombreux sont ceux qui pensent que, en cas de catastrophe naturelle, l'Etat doit intervenir pour garantir aux sinistrés un revenu moyen ou pour couvrir les pertes, comme le fait le mécanisme d'assurance. Or, les risques auxquels sont soumises les forêts sont considérés comme assurables. L'Etat ne peut donc pas intervenir directement, au risque d'enfreindre la loi. Aussi, il intervient de façon indirecte par des mesures précises et ponctuelles.

## **C) LES PROGRAMMES PUBLICS :**

Suite à des catastrophes du type tempête ou incendie, l'Etat aide souvent les victimes du sinistre en décidant la mise en place de programmes publics. Cependant nous allons voir que de tels programmes

---

<sup>30</sup> Cette proposition est faite dans l'article « Une réforme urgente » (2002), Dossier Assurance tempête dans Forêts de France de mai 2002, n°453.

posent de nombreux problèmes et nous donnerons l'exemple du Programme Chablis qui a été instauré suite aux tempêtes de décembre 1999.

1) Les problèmes liés aux programmes publics :

Les risques auxquels sont soumises les forêts privées françaises étant considérés comme assurables, l'Etat ne devrait pas intervenir. Cependant, celui-ci aide les sinistrés à travers des programmes publics. Birot et Gollier (2001) attribuent en partie le faible taux d'assurance des propriétaires forestiers à ces programmes. En effet, les propriétaires s'attendent à la mise en place de tels programmes en cas de survenance d'un sinistre et donc ceci ne les incite pas à payer une assurance. On décèle donc ici, la présence d'un problème de risque moral : les propriétaires se sentent en quelque sorte protégés par ces programmes et prennent donc de plus grands risques en ne s'assurant pas. Lewis et Nickerson (1989) avaient déjà soulevé le problème. En effet, ils envisageaient une modélisation où les individus étaient partiellement assurés contre les pertes par un programme public et où l'assurance privée était indisponible pour les agents, de sorte que les mesures qui restaient à leur disposition étaient uniquement celles d'auto-assurance. Les auteurs affirment que de tels programmes influencent les individus dans la façon dont ils protègent leur propriété contre les dommages. Ils montrent que les programmes publics d'aide aux sinistrés créent une désincitation à s'auto-assurer.

L'instauration du Plan Chablis suite aux tempêtes de l'hiver 1999 constitue un exemple parfait et récent de programmes publics d'aide aux victimes.

2) Le Plan Chablis de 2001 :

Suite aux tempêtes de 1999, l'Etat a mis en place le Plan Chablis pour aider les victimes des intempéries. Ce Plan prévoit un programme en faveur de la forêt qui regroupe trois objectifs : assurer la mobilisation des bois, permettre le stockage et favoriser la valorisation des bois, organiser la reconstitution des écosystèmes forestiers. Le Plan Chablis prévoit des aides financières aux propriétaires, afin d'aider ceux-ci à la reconstitution des peuplements détruits. Des mesures fiscales et sociales complètent également ces dispositions.

a) La mobilisation des bois :

Cette mobilisation comprend quatre mesures, chacune associée à un montant d'aide exprimé en francs. La première correspond au déblaiement des accès (100 MF) via des aides pour permettre la réouverture de routes et de pistes qui desservent des propriétés forestières privées. La seconde concerne le renforcement de la desserte (90 MF). Il s'agit donc de faciliter, via des subventions, la mobilisation et le transport des bois, l'ouverture de pistes forestières et l'aménagement des places de dépôt. Ensuite, l'objectif est d'exploiter rapidement les bois chablis, par le préfinancement des coûts de sortie des bois (7 milliards de prêts bonifiés). Enfin, les subventions doivent permettre de renforcer

les capacités du secteur de l'exploitation forestière, notamment par l'acquisition de matériel d'exploitation forestière (50 MF).

*b) Pour stocker et valoriser ces bois :*

Le stockage et la valorisation des bois comprennent quatre mesures, chacune d'elle étant associée à un montant d'aide exprimé, là aussi, en francs. La première aide a pour but la création d'aires de stockage (60 MF) permettant la conservation temporaire des bois exploités et également de fluidifier les approvisionnements des industries. Une aide est également accordée pour le financement de ce stockage (4 milliards de prêts bonifiés). La troisième mesure concerne le transport des bois (700 MF). En effet, le transport des bois issus de zones sinistrées constitue un surcoût et retarde donc leur écoulement. Des aides sont ainsi accordées pour faciliter celui-ci. Et enfin, les aides ont aussi pour objectif la promotion des emplois du bois (10 MF).

Existe aussi l'aide à la reconstitution des forêts sinistrées : 600 millions de francs par an pendant dix ans et un soutien aux communes forestières : 1 milliard de prêts bonifiés.

On voit que de tels plans prennent en compte l'ensemble des problèmes auxquels ont à faire face les propriétaires forestiers privés en cas de tempête. Par ces aides, ceux-ci ne sont pas incités à s'assurer. En effet, après ces tempêtes, le nombre de propriétaires assurés n'a pas augmenté. En effet, l'enquête IDF présentée en 2002 vient confirmer ceci puisque, avant la tempête les assurés contre la tempête étaient 5,9% de l'échantillon et ceux contre l'incendie 5,2%, alors qu'après la tempête ils étaient 0,7% de l'échantillon à être assurés contre la tempête et 3,8% contre l'incendie. En revanche, toujours selon cette enquête, on assisterait à un renforcement de l'assurance « incendie et tempête » au dépend des contrats assurant les risques séparément.

Nous avons vu que très peu de propriétaires forestiers privés français ont recours à l'assurance privée, que très peu parviennent à constituer une épargne de précaution mais que des mesures propres peuvent être entreprises. Cependant, malgré les mesures de prévention, nombreux sont ceux qui sont entièrement désarmés lors de la survenance d'une tempête ou d'un incendie. Il est donc légitime de penser à réformer l'assurance forêt en France, dans la mesure où elle ne semble pas répondre aux attentes des propriétaires forestiers et dans la mesure où l'épargne de précaution n'est ni réellement encouragée ni réellement pratiquée par les propriétaires.

### **I-2.3. Une réforme nécessaire de l'assurance forêt en France**

L'assurance forestière française fait face à de nombreux problèmes : insuffisance de l'offre et de la demande, manque de crédibilité face aux programmes publics qui se mettent en place suite à un

sinistre, absence de mutualisation des risques, marché quasiment monopolistique, primes élevées et indemnités faibles.... Ces divers problèmes sont issus de la définition du risque naturel lui-même : faible fréquence et dégâts de grande ampleur, ce qui fait que du côté de l'offre, les assureurs sont réticents à assurer ce type de risque et que du côté de la demande, les propriétaires sous-estiment largement ces risques. De plus, ces problèmes soulignent la nécessité de réformer aussi bien les mécanismes privés que les programmes publics. Pour parer à l'inefficacité de l'actuelle couverture contre les risques naturels, plusieurs réformes peuvent être envisagées. C'est pourquoi dans un premier temps nous allons présenter la réforme la plus avancée puis dans un second quelques pistes pouvant être envisagées.

### **A) UNE REFORME GLOBALE DE L'ASSURANCE FORET :**

Cette proposition de réforme globale de l'assurance forêt en France a été lancée dans un rapport réalisé par l'IDF et la FNSPFS (2001)<sup>31</sup>. Ces deux organismes proposent de partager la couverture du sinistre entre divers acteurs.

Ce partage se ferait en fonction de l'ampleur du risque, qui est caractérisé par trois niveaux :

Niveau 1 : les risques faibles seraient à la charge du propriétaire forestier. En effet, le propriétaire y ferait face grâce à une épargne de précaution, c'est à dire grâce au mécanisme d'auto-assurance. Cette épargne aurait deux avantages : elle serait disponible immédiatement pour le propriétaire suite à une catastrophe et les coûts de gestion seraient très faibles.

Cependant, selon l'IDF et la FNSPFS, il est nécessaire de créer des incitations fiscales pour que l'épargne de précaution devienne un véritable outil de gestion des risques.

Niveau 2 : les risques de fréquence et d'ampleur moyenne seraient alors à la charge des assureurs. Afin que l'assurance se généralise, il faut baisser les coûts et proposer de nouveaux contrats. Ceux-ci ne couvriraient les dégâts qu'à partir d'un certain seuil puisque les « petits accidents » resteraient à la charge du propriétaire.

L'IDF et la FNSPFS affirment que selon les assureurs le coût de l'assurance pourrait baisser en mettant en place des contrats pluriannuels et collectifs permettant une meilleure mutualisation des risques. Cette baisse des coûts engendrerait alors une réduction du prix de l'assurance, ce qui inciterait les propriétaires forestiers à souscrire davantage.

Niveau 3 : les sinistres exceptionnels (qui ne sont pas définis dans le rapport) seraient partiellement pris en compte par l'Etat via une aide au nettoyage et au reboisement.

Pour les propriétaires assurés, l'assurance n'interviendrait que pour couvrir la perte financière et la part non couverte par l'Etat pour les frais de reconstitution. Il en va de même des propriétaires qui ont fait le choix de s'auto-assurer, l'épargne de précaution couvrira ce qui n'entre pas dans le cadre d'une indemnisation de l'Etat.

Les aides accordées par l'Etat pourraient être le fait d'un fonds de garanties qui n'interviendrait donc qu'en cas de sinistre exceptionnel.

Une telle réforme permettrait de réduire le coût de l'assurance dans la mesure où les faibles dommages seraient à la charge des propriétaires et où les dommages exceptionnels seraient en partie couverts par l'Etat. Ainsi, les primes d'assurance pourraient être revues à la baisse, permettant de rééquilibrer le marché, c'est à dire de mieux faire coïncider l'offre et la demande d'assurance forêt.

A ce jour, cette réforme est la plus élaborée mais d'autres réformes peuvent cependant être envisagées.

## **B) QUELQUES PISTES DE REFORMES :**

Les compagnies d'assurance ont un problème important d'estimation du risque. Par exemple, avant les tempêtes, les compagnies avaient sous-estimé le risque de sorte que les primes étaient trop faibles. De plus, elles avaient peu cédé en réassurance et dû faire face à des problèmes de liquidité. Les deux pistes envisagées ci-dessous permettraient une meilleure gestion du risque par les compagnies d'assurance.

### 1) La création d'un fonds de mutualisation :

Le principe de mutualisation des risques est à la base du mécanisme d'assurance. Il consiste à regrouper un grand nombre de contrats d'assurance pour que se réalisent des compensations entre les sinistrés et ceux qui auront payé des primes mais qui n'auront pas besoin d'être indemnisés. En quelque sorte, c'est une transformation des risques individuels en risques collectifs. Henriot et Rochet (1991) disaient que « sans ce principe de mutualisation, la promesse de l'assureur se réduirait purement et simplement à un pari », or nous le savons, l'assurance n'est pas un pari mais une garantie rendue possible par la compensation statistique d'un certain nombre de risques.

Un sinistre ne touche généralement pas l'ensemble des assurés et surtout pas avec la même intensité. Ainsi, la création d'un fonds de mutualisation des risques, par les propriétaires forestiers privés français, à l'échelle nationale voire européenne, permettrait aux propriétaires touchés d'être indemnisés, à partir des primes payées par ceux qui ne sont pas sinistrés. Non seulement cela permettrait l'indemnisation des assurés, mais cela éviterait au fonds de mutualisation d'avoir un problème de financement.

Ce type de fonds permettrait d'accroître le nombre de propriétaires assurés et de proposer des offres plus attractives aux propriétaires. En effet, plus le nombre de propriétaires assurés est important, plus il y a de chance que ces propriétaires soient dispersés sur le territoire et donc que les risques soient limités.

De plus, les cotisations de ce fonds seraient certainement mieux adaptées aux besoins des propriétaires dans la mesure où elles seraient décidées par les propriétaires forestiers privés eux-mêmes.

---

<sup>31</sup> Rapport : les systèmes d'assurance en forêt et les progrès possibles (juin 2002), Picard, Robert et Toppan.

Suite à la création d'un fonds de ce type, les compagnies d'assurance n'auraient plus à gérer les risques encourus par les propriétaires.

Une autre piste pouvant être envisagée pour couvrir les pertes dues aux risques naturels qui affligent les forêts est la mise en place de contrats de co-assurance.

## 2) Des contrats de co-assurance :

« La co-assurance est une opération par laquelle plusieurs compagnies d'assurance garantissent un risque par un même contrat, chacune d'elle ayant à sa charge une part convenue du sinistre »<sup>32</sup>.

Les compagnies d'assurance sont réticentes à assurer les risques naturels car, comme nous l'avons déjà mentionné, ces risques sont associés à une faible probabilité d'occurrence et à d'importants dégâts.

Un contrat de type co-assurance permettrait aux différentes compagnies chargées d'assurer un même risque et de pouvoir réduire la part de risque étant à la charge de chacune d'entre elles. Ce type de contrat pourrait donc être associé à une offre d'assurance plus attractive pour les propriétaires forestiers privés.

Fonds de mutualisation et contrats de co-assurance apportent des éléments de réponse aux problèmes d'évaluation du risque. Cependant les compagnies d'assurance sont aussi confrontées à des contraintes de liquidité. Par exemple, suite aux tempêtes de 1999, certaines compagnies ayant mal estimé le risque ne disposaient pas des fonds nécessaires pour indemniser les sinistrés. Ainsi certaines ont dû pallier de fortes contraintes de liquidité et au pire cesser leur activité.

La « titrisation des risques » permettrait aux compagnies d'assurance de disposer des fonds nécessaires à l'indemnisation des victimes à la suite d'une catastrophe.

## 3) La « titrisation des risques » :

La « titrisation » est une méthode alternative d'assurance permettant aux compagnies d'assurance et aux réassureurs de disposer des importantes liquidités nécessaires à la prise en charge de grands risques. Ainsi ce recours aux marchés financiers peut faciliter l'accroissement de l'offre de contrats d'assurance.

Des travaux sur ce sujet ont été effectués par Doherty et Schlesinger (2002). Ces auteurs affirment que la forte corrélation entre les risques catastrophiques peut accroître le capital nécessaire aux assureurs pour indemniser les victimes et peut réduire la disponibilité de l'assurance envers ce type de risque. Ainsi, les auteurs étudient la « titrisation » comme une forme alternative de transfert du risque. Ils montrent que la « titrisation » est un substitut à la réassurance voire qu'elle pourrait la compléter ou la

---

<sup>32</sup> Définition issue de l'ouvrage d'Henriet et Rochet (1991), « Microéconomie de l'assurance », p17.



remplacer. Pour fonder leur argumentation, ils prennent l'exemple des attentats du 11 septembre 2001 aux Etats-Unis qui ont coûté plus de 100 billions de dollars. Ces pertes énormes ont causé de gros problèmes d'indemnisation aux assureurs et réassureurs car les fonds présents sur les marchés de l'assurance et de la réassurance étaient limités. Cependant, ces pertes semblent faibles comparées aux 20 trillions de dollars du marché des capitaux américains. Ainsi la « titrisation » des risques permet d'accéder aux marchés des capitaux, source importante de ressources financières.

Doherty et Schlesinger donnent aussi d'autres exemples de « titrisation » comme celui portant sur les marchés d'assurance des catastrophes naturelles, déjà existant aux Etats-Unis. Le recours aux marchés financiers s'est développé aux Etats-Unis ces dernières années après les diverses catastrophes naturelles, comme le cyclone Andrew en Floride en août 1992, le tremblement de terre de Northridge au nord de Los Angeles en 1994..., pour lesquelles le marché de l'assurance ne disposait pas des fonds nécessaires à la couverture des dommages.

L'instrument de titrisation des risques le plus courant est les obligations catastrophes (« CAT-bonds »). Le fonctionnement de ces obligations est le suivant. Les investisseurs achètent les titres de dette d'une compagnie et en échange celle-ci verse un rendement qui compensera l'immobilisation des fonds ainsi qu'une prime de risque correspondant au fait qu'un événement peut se produire. En fait, la compagnie d'assurance souhaitant se décharger de ses risques, émet une dette obligataire dont le remboursement est conditionné à la réalisation d'un événement donné. Les investisseurs déposent alors le nominal dans un compte sécurisé et les sommes ne sont alors disponibles pour la compagnie que si l'événement se produit. En l'absence de sinistre, l'ensemble des fonds est reversé aux investisseurs à maturité (de 1 à 5 ans). Moyen efficace de transfert de risque, les « CAT-bonds » sont actuellement en plein essor. Un projet débuté en 1996 au *Wharton Risk Management and Decision Processes Center*<sup>33</sup> sur la gestion et le financement d'événements extrêmes (risques naturels, risques catastrophiques, actes de terrorisme...), privilégie cette voie. Ce projet étudie notamment la façon d'intégrer ces titres sur le marché, la fixation de leurs prix et le moyen de légitimer leur présence, car nombreux sont ceux réticents à cet outil.

D'autres solutions alternatives peuvent aussi être envisagées :

La standardisation des offres : la comparaison entre les différentes offres et la complexité des contrats ne rebutteraient plus les propriétaires à s'assurer. Actuellement, la prime d'assurance dépend du type de peuplement, de la surface... mais elle pourrait également dépendre des efforts fournis par le propriétaire. Par exemple, un propriétaire qui entretient très bien sa forêt et qui la débroussaille devrait payer une prime plus faible qu'un agent laissant sa forêt à l'abandon, puisque le risque encouru par l'assureur est plus faible. Cependant un problème de risque moral pourrait alors apparaître.

---

<sup>33</sup> Projet présenté dans la Préface de l'ouvrage « Catastrophe Insurance : Consumer Demand, Markets and Regulation » (2003), écrit par MF.Grace, RW. Klein, PR. Kleindorfer et MR.Murray.

Une assurance multirisque reboisement : cette solution a été proposée dans la revue « Forêt de France » de mai 2002 par Eric Toppan. Il envisageait de coupler la forêt à une autre assurance comme l'assurance habitation. En effet, selon lui, certains propriétaires forestiers n'assurent pas leurs forêts car pour eux elle n'a pas de valeur marchande, ainsi la coupler à l'assurance habitation par exemple, permettrait une meilleure diffusion et des coûts limités.

Les mesures de couverture contre les risques naturels sont variées. En effet, les propriétaires forestiers peuvent souscrire des contrats d'assurance, de responsabilité civile pour couvrir les individus et de choses pour couvrir les dégâts potentiels. Ils peuvent également opter pour des activités d'auto-protection générales comme l'épargne de précaution ou des activités propres au risque de tempête. Enfin, les programmes publics, forme d'aide indirecte accordée par l'Etat, peuvent venir aider les propriétaires victimes d'une catastrophe.

## **Bibliographie**

- BIROT Y. et GOLLIER C. (2001), « Risk Assessment, Management and Sharing in Forestry, with Special Emphasis on Wind Storms », papier présenté lors de la 14ème convocation de « Academies of Engineering and Technological Sciences » (CAETS, Espoo, Finlande, juin 2001).
- DOHERTY N.A et SCHLESINGER H. (2002), « Insurance Contracts and Securitization », *Journal of Risk and Insurance*, vol. 69, n°1, pp45-62.
- FLEUR, P.H. (2004), « Incendies de forêts et argent public », Edisud.
- GRACE M.F., KLEIN, R.W., KLEINDORFER P.R., MURRAY, M.R. (2003), « Catastrophe Insurance : Consumer Demand, Markets and Regulation » (2003). Kluwer Academic Publishers.
- HENRIET, D., ROCHET, J.C. (1991), « Microéconomie de l'assurance ». *Economica*.
- LEWIS T. et NICKERSON D. (1989), « Self-Insurance against Natural Disasters », *Journal of Environmental Economics and Management*, n°16, pp209-223.
- PICARD O., ROBERT N. et TOPPAN E. (2002), « Les systèmes d'assurance en forêt et les progrès possibles », rapport final de fin de projet, convention DERF n°61.45.02/01, 2002.
- PICARD O., ROBERT N. et TOPPAN E., Forêt de France (mai 2002), Dossier assurance tempête : Enquête auprès des propriétaires forestiers, n°453, pp26-27.
- PICARD O., ROBERT N. et TOPPAN E., Forêt de France (mai 2002), Dossier assurance tempête : L'assurance forestière : un marché sinistré, n°453, pp21-22.
- PICARD O., ROBERT N. et TOPPAN E., Forêt de France (mai 2002), Dossier assurance tempête : Une réforme urgente, n°453, pp28-29.

# **PARTIE II. La revue de la littérature existante sur le sujet**

## **Chapitre II-1. La revue de la littérature portant sur l'analyse statique des mesures de couverture contre les risques naturels**

Le marché de l'assurance permet aux propriétaires forestiers privés de couvrir leur actifs forestiers contre la survenance de risques naturels, mais très peu d'entre eux ont recours aux assurances privées. Cependant, pour se couvrir contre les dommages dus à un sinistre, ils peuvent utiliser d'autres mesures de prévention et de couverture contre les risques telles que l'auto-protection et l'auto-assurance qui sont des mécanismes "hors-marché".

L'objectif de ce chapitre est de présenter la façon de décrire de tels comportements, d'assurance dans la première section et d'auto-assurance et d'auto-protection dans la seconde section.

### **II-1.1. L'assurance privée**

"L'assurance est une opération par laquelle une partie (assuré) se fait promettre, moyennant une rémunération (prime ou cotisation), une prestation par une autre partie (assureur) en cas de survenance d'un sinistre"<sup>34</sup>.

Dans cette section sera présentée, de manière très brève, le cadre général théorique du mécanisme d'assurance suivi de quelques applications plus précises. Il ne s'agit pas ici de faire une revue exhaustive de tous les travaux portant sur l'assurance mais juste de rappeler les bases de fonctionnement. De même nous présentons les mécanismes hors marché tels que l'auto-assurance et l'auto-protection.

#### **A) LE CADRE GENERAL DE L'ASSURANCE PRIVEE:**

Dans cette première partie, nous décrivons la manière standard de formaliser l'assurance en économie, ainsi que quelques résultats de statique comparative. La formalisation du mécanisme d'assurance est présentée dans un cadre d'utilité espérée tout en précisant les différences ou non obtenues dans un cadre d'utilité non-espérée.

### **1)La formalisation:**

Le modèle de Mossin (1968)<sup>35</sup> est le premier modèle qui présente de façon simple le problème d'un agent confronté à un risque d'accident dans un contexte d'utilité espérée.

→ L'agent dispose d'une richesse initiale  $W$  soumise à un risque de dommage  $D$  représenté par deux états du monde possibles : le premier (état A) sans perte, associé à une probabilité d'occurrence  $1-p$  et le second (état B) avec un risque de perte, associé à une probabilité  $p$ .

→ Les préférences de l'agent sont représentées par une fonction d'utilité von Neumann et Morgenstern strictement croissante et concave  $U$ .

L'objectif du modèle de Mossin est de déterminer la prime d'assurance maximale  $P_{max}$  qu'un agent est prêt à payer pour se couvrir intégralement contre un dommage. Intuitivement, un agent risco-phobe s'assure tant que son utilité espérée avec assurance:  $U(W-P_{max})$ , est supérieure à son utilité espérée sans assurance:  $p U(W-D) + (1-p) U(W)$ . Ainsi, la prime maximale  $P_{max}$  est le montant d'argent tel qu'il soit indifférent entre s'assurer ou pas.

Mossin (1968) obtient trois conclusions principales concernant la prime d'assurance maximale. Premièrement, si la fonction d'utilité VNM est strictement concave alors  $P_{max}$  est supérieure à la valeur actuarielle du contrat  $P_{max} > pD$ . Ce cas se présente uniquement lorsque l'agent a de l'aversion stricte pour le risque (fonction d'utilité strictement concave). Deuxièmement, la prime d'assurance maximale  $P_{max}$  est une fonction croissante du risque, c'est à dire de  $p$  et  $D$ . Quand la probabilité de dommage  $p$  s'accroît, la prime maximale que l'agent est prêt à payer pour se couvrir complètement s'accroît aussi. De même, quand la perte augmente,  $P_{max}$  augmente. Troisièmement, plus l'aversion au risque est forte plus  $P_{max}$  est élevée.

Mossin (1968) détermine également la couverture optimale:

→ La prime d'assurance  $P$  est une fonction linéaire de la valeur du contrat:  $P = (1+\lambda) pq$  avec  $q$  le montant de l'indemnisation et  $\lambda$  le facteur de chargement qui est positif (ou nul) si la prime d'assurance n'est pas (ou est) actuarielle.

→ L'agent peut choisir un niveau d'indemnisation  $q$  vérifiant  $0 \leq q \leq D$ . L'indemnisation peut être nulle ou couvrir la totalité de la perte.

→ Le montant optimal de couverture  $q^*$  est la valeur de  $q$  qui maximise l'utilité espérée:

$$EU = pU(W - (1 + \lambda) pq + q - D) + (1 - p) U(W - (1 + \lambda) pq)$$

---

<sup>34</sup> Définition issue de l'Encyclopédia Universalis.

<sup>35</sup> Voir MOSSIN J. (1968) « Aspects of Rational Insurance Purchasing », Journal of Political Economy 76, p553-568 ;

Le premier terme de cette expression représente la situation où le sinistre s'est produit (avec une probabilité  $p$ ) et le second le cas où le sinistre n'a pas eu lieu (avec une probabilité  $1-p$ ).

Le choix de couverture optimal dépend de la forme de la fonction d'utilité  $U$  et du taux de chargement  $\lambda$ . Si  $U$  est strictement concave et  $\lambda$  nul, alors l'agent choisit l'assurance complète  $q^* = D$ . Si  $U$  est linéaire et  $\lambda$  positif, alors l'agent ne s'assure pas  $q^* = 0$ . Si  $U$  est strictement concave et  $\lambda$  positif, alors l'agent choisit une couverture partielle  $q^* < D$ . La différence entre  $q^*$  et  $D$  est la franchise soit la part du risque qui reste à la charge de l'individu.

Reposant sur le critère d'espérance d'utilité, ce cadre d'analyse a été fortement critiqué à partir des années 1950 suite aux observations des comportements des agents. Il a été montré que de nombreux individus sont averses pour des montants élevés et ont une préférence pour le risque lorsque le montant en jeu est faible. La majeure partie des individus possède une assurance habitation, une assurance automobile... ce qui ne les empêche pas de jouer à la loterie. Friedman et Savage (1948)<sup>36</sup> ont tenté d'expliquer ce comportement en postulant une fonction d'utilité convexe pour des revenus faibles et concave à partir d'un certain niveau de revenu.

La théorie de l'utilité espérée suppose aussi que les préférences d'un agent sur un ensemble de distributions aléatoires de revenus dépendent uniquement des lois suivies par ces variables. Or il peut être observé aussi que l'état de la nature peut influencer les préférences des agents. Ainsi a été proposée une fonction d'utilité dépendante du revenu et de l'état du monde.

De même, la validité de certains axiomes définissant le cadre d'espérance d'utilité a été vivement remise en cause. En effet, le Paradoxe d'Allais et le Paradoxe d'Ellsberg critiquent l'axiome d'indépendance de von Neumann et Morgenstern<sup>37</sup>. Allais remet en cause la linéarité de la fonction d'utilité par rapport aux probabilités car il considère que la certitude a des conséquences atypiques sur le comportement des agents. En effet, les individus ont, selon lui, une préférence pour la certitude (aversion probabilistique). Ellsberg, quant à lui, montre que les agents ont une préférence pour les probabilités connues (aversion pour l'ambiguïté). Ces critiques conduisent à la découverte de nouvelles théories de choix dans l'incertain comme c'est le cas du modèle SEU: « *Subjective Expected Utility* » développé par Savage (1954)<sup>38</sup>, du modèle CEU: « *Choquet Expected Utility* » développé par Schmeidler (1986)<sup>39</sup>, de la « *Prospect Theory* » développée par Kahneman et Tversky (1979)<sup>40</sup>, de la «

---

<sup>36</sup> Pour plus de renseignements voir: Friedman M. et Savage L.J (1948), "The Utility Analysis of Choices Involving Risk", *Journal of Political Economy*, vol.56, pp279-304.

<sup>37</sup> Pour toutes loteries  $L1, L2$  et  $L$ , telles que  $L1 \geq L2$  et pour toute probabilité  $\pi > 0$ , alors

$\pi L1 + (1-\pi)L > \pi L2 + (1-\pi)L$  : si  $L1 > L2$ , une loterie complexe donnant soit  $L1$ , soit  $L$  sera strictement préférée à une loterie complexe donnant avec les mêmes probabilités soit  $L2$  soit  $L$ .

<sup>38</sup> Le modèle SEU considère des probabilités subjectives alors que le modèle d'espérance d'utilité considère des probabilités objectives. Pour plus de renseignement voir "The Foundations of Statistics" (1954) Léonard J. Savage.

<sup>39</sup> Voir Schmeidler D. (1986), "Integral representation without additivity", *Proceedings of am Math Society*, 97,

*Anticipated Utility Theory* » de Quiggin (1982)<sup>41</sup>... et surtout du modèle RDEU: « *Rank-Dependent Expected Utility* » développé par Quiggin (1982), Yaari (1987), Chew (1983), Segal (1984) et Allais (1984). Alors que la théorie de l'espérance d'utilité suppose des probabilités linéaires, le modèle RDEU considère des probabilités non-linéaires. Ainsi les agents sont supposés déformer de façon subjective les probabilités. Ainsi, dans un tel cadre, il est prouvé qu'à la différence du cadre d'espérance d'utilité, il peut être optimal de souscrire une assurance complète même si la prime est actuarielle<sup>42</sup>.

Après avoir défini le cadre général de l'assurance privée ainsi que les choix optimaux d'assurance, nous allons présenter quelques résultats de statique comparative concernant les paramètres qui influencent ces choix.

## **2) Analyse de statique comparative**

L'analyse de statique comparative repose sur l'étude des variations de paramètres sur le choix optimal. Nous ciblons ici l'étude des conséquences d'une modification de l'aversion au risque, de la richesse initiale, du prix de l'assurance et de la probabilité de perte.

### **Impact d'une hausse de l'aversion au risque:**

Rappelons qu'une des conclusions du modèle de Mossin (1968) est que plus l'aversion au risque est importante plus la prime d'assurance maximale que l'individu est prêt à payer est élevée. Plus l'agent est riscophobe plus il acceptera de payer cher pour être couvert contre le risque. Plus l'aversion au risque de l'agent est importante plus la somme d'argent qu'il consacrera à l'assurance est importante aussi.

### **Impact d'une hausse de la richesse initiale:**

Intuitivement, une hausse de la richesse initiale incite l'agent à accroître sa demande d'assurance car sa prise de risque en cas de survenance d'un sinistre est plus importante. Cependant, cette conclusion n'est pas nécessairement immédiate car un accroissement de la richesse a aussi des effets sur l'aversion au risque de l'agent. Cette conclusion sera alors vérifiée comme nous l'avons indiqué si une richesse plus forte se traduit par une aversion au risque plus forte.

---

pp255-261.

<sup>40</sup>Voir Kahneman D. et Tversky A. (1979), "Prospect Theory: An Analysis of decision Under Risk", *Econometrica* 47, pp263-291.

<sup>41</sup>Théorie développée dans Quiggin J.(1982), "A Theory of Anticipated utility", *Journal of Economic Behavior and organization*, n°3, pp323-343.

<sup>42</sup> Pour plus de renseignements sur ce sujet voir Dupuis A. et Langlais E. (1997), "The basic analytics of insurance demand and the Rank-Dependent Expected utility model", *Finance*, vol 18, n°1, pp47-76.

L'effet d'une hausse de la richesse initiale sur le montant optimal d'assurance dépend donc du degré d'aversion absolue au risque de l'agent mesuré par l'indice d'Arrow-Pratt<sup>43</sup>. Eeckhoudt et Gollier (1992) montrent que, sous une hypothèse d'aversion absolue constante avec la richesse (CARA<sup>44</sup>), une hausse de la richesse initiale n'a pas d'effet sur la demande en assurance ; sous une hypothèse d'aversion absolue décroissante avec le revenu (DARA<sup>45</sup>) (respectivement croissante (IARA<sup>46</sup>)), un accroissement de la richesse initiale accroît (respectivement réduit) la demande d'assurance. Sweeney et Beard (1992) se concentrant sur l'auto-protection (sujet que nous aborderons dans la deuxième section de ce chapitre) montrent que les résultats de statique comparative dépendent aussi du degré d'aversion absolue au risque de l'agent. Sous CARA ou IARA, les dépenses d'auto-protection diminuent lorsque la richesse initiale de l'agent augmente tandis que, sous DARA, les dépenses d'auto-protection augmentent avec la richesse.

#### Impact d'une hausse du prix de l'assurance:

Dans un modèle à deux états de la nature, Ehrlich et Becker (1972) ont étudié l'impact du prix de l'assurance sur le choix optimal et ont abouti aux deux résultats principaux suivants. Dans un tel cadre ils montrent qu'une hausse du prix de l'assurance dans un état du monde réduit la demande d'assurance dans l'autre état du monde. Face à un prix plus élevé, le coût de l'assurance est plus élevé. Toutefois le montant dépensé en assurance ne baissera que si l'élasticité prix de la demande d'assurance est supérieure à un. Dans un cadre plus général, Eeckhoudt et Gollier (1992) analysent les effets d'une hausse du taux de chargement sur le choix d'assurance optimal. Ils montrent que deux effets interagissent. Face à un taux de chargement plus fort, l'agent baisse sa demande d'assurance : c'est l'effet substitution. Plus le taux de chargement augmente plus la richesse de l'agent diminue. Le niveau de richesse déterminant le niveau d'aversion au risque de l'agent, le signe de cet effet, dit effet richesse, dépend du coefficient d'aversion absolue au risque de l'agent. Si une hausse de la richesse diminue l'aversion au risque de l'agent (cas DARA) alors, un prix de l'assurance plus important diminue sa richesse augmentant son aversion au risque ; l'agent augmente alors sa demande d'assurance ; l'effet de richesse est positif. Sous DARA, effets substitution et de richesse se contredisent. L'effet global est ambigu. Sous CARA, l'effet de richesse est nul; par conséquent la demande d'assurance diminue face à un prix de l'assurance plus élevé. Enfin, sous IARA, l'effet de richesse renforce l'effet substitution. La demande d'assurance diminue alors face à un taux de chargement plus fort.

---

<sup>43</sup> Le degré d'aversion absolue au risque ou indice Arrow-Pratt est défini par:

$$Aa(w) = -U''(w) / U'(w)$$

La mesure de l'aversion absolue au risque est nécessairement locale car la concavité peut varier d'un point à l'autre (aversion d'autant plus forte que la fonction d'utilité est concave).

<sup>44</sup> Constant Absolute Risk Aversion

<sup>45</sup> Decreasing Absolute Risk Aversion



### Impact d'une hausse de la probabilité de perte:

Selon Ehrlich et Becker (1972), toute modification de la probabilité de perte ne doit pas modifier le choix d'assurance tant que le prix de l'assurance est indépendant de la probabilité de perte. Cette condition est vérifiée pour la prime actuarielle. Ainsi face à un contrat d'assurance actuariel, tout changement de la probabilité de perte ne devrait pas modifier les incitations des agents à s'assurer. Or Ehrlich et Becker observent qu'en pratique, cette indépendance n'est pas observée et que le taux de chargement est positivement corrélé avec la probabilité de perte. Ainsi, même si les incitations à s'assurer sont indépendantes de la probabilité de perte, les dépenses d'assurance devraient augmenter quand la probabilité de perte s'accroît.

Toutes ces analyses sont obtenues dans un cadre d'utilité espérée. Quiggin (1991) affirme que la majeure partie des résultats de statique comparative obtenus dans un tel cadre peuvent être étendus au modèle RDEU.

Le cadre général de l'assurance privée ainsi que les résultats de statique comparative que nous venons de présenter ont été appliqués à des sujets très divers que nous allons étudier maintenant.

## **B) APPLICATIONS CONCERNANT L'ASSURANCE PRIVEE:**

Il existe une multitude d'applications faites sur l'assurance privée. Ciblant les assurances couvrant les risques naturels, nous avons donc décidé de présenter trois applications qui nous ont semblé les plus importantes. Ces trois applications reposent toutes sur des expérimentations. La première d'entre elles nous donne quelques indications sur les préférences générales en matière d'assurance alors que les deux autres tentent d'estimer un consentement à payer pour des risques à faible probabilité et gros dégâts, ce qui est une caractéristique même des risques naturels.

### **1) Les préférences individuelles en matière d'assurance :**

Schoemaker et Kunreuther (1979) font une expérimentation sur 201 étudiants de l'Université de Pennsylvanie (seules 84% des réponses sont exploitables) et sur 101 clients d'une compagnie d'assurance indépendante de Philadelphie. L'échantillon de clients est choisi parmi l'ensemble des clients de la compagnie, en fonction du sexe, de l'âge et du statut marital. L'expérimentation a trois objectifs. Le premier est de comparer le modèle d'espérance d'utilité avec un modèle alternatif de choix appelé "Prospect theory" et qui a été développé par Kahneman et Tversky en 1979. Le deuxième est d'examiner si l'estimation du risque des clients qui achètent volontairement une assurance diffère de celle des étudiants. Le dernier est d'identifier des champs pour lesquels ni la théorie de l'utilité espérée ni la Prospect Theory n'observent adéquatement les comportements.

---

<sup>46</sup> Increasing Absolute Risk Aversion

Lors de la première partie de l'expérimentation, plusieurs questions portant sur le choix entre deux alternatifs dans le domaine des pertes sont posées aux participants. Les réponses à ces questions déterminent la validité du cadre d'espérance d'utilité ou de la prospect theory. Les résultats des expérimentations donnent plus de crédibilité au cadre d'espérance d'utilité que celui de la prospect theory. Les auteurs montrent aussi que le statut financier joue un rôle important dans les préférences des agents.

Ensuite, quatre polices d'assurance, qui diffèrent selon les montants de la prime et de la franchise, sont proposées aux sujets. Ces derniers doivent les classer en fonction de leur attractivité sachant que, dans le cadre d'espérance d'utilité, toutes les polices d'assurance proposées sont attractives. Les résultats obtenus indiquent que de nombreux agents trouvent certaines polices non attractives.

Puis est testé l'effet du contexte sur la décision d'assurance. L'expérimentation révèle que 39% des étudiants et 24% des clients inversent leurs préférences quand les polices sont décontextualisées.

Finalement, il a été demandé aux sujets de préciser le montant maximum qu'ils étaient prêts à payer pour une protection contre trois pertes potentielles indépendantes puis le montant maximum qu'il était prêt à donner pour une assurance tous risques couvrant les trois pertes potentielles. Dans le modèle d'espérance d'utilité l'individu devrait offrir un montant maximum identique entre les deux situations. Or 49% des étudiants et 53% des clients sont prêts à payer moins pour l'assurance tous risques que pour les trois pertes potentielles indépendantes.

Schoemaker et Kunreuther (1979) concluent que, dans la majorité des cas, les décisions d'assurance s'expliquent par des cadres plus complexes que ceux proposés par la théorie de l'utilité espérée et la Prospect Theory.

Les deux expérimentations que nous allons maintenant présenter portent plus sur les risques naturels dans le sens où elles considèrent des risques à faible probabilité et gros dégâts.

## **2) Le consentement à payer des individus pour s'assurer contre des événements associés à des probabilités de survenance différentes :**

Mc Clelland, Schultze et Coursey (1993) proposent deux séries d'expériences dont le but est de mesurer la disposition à payer des agents pour s'assurer contre des événements soit à faible probabilité soit à forte probabilité. Ces expérimentations reposent sur des situations risquées et des achats d'assurance. Le risque est représenté par la présence de jeton rouge dans un sac comprenant 100 jetons rouge ou blanc. Si un jeton rouge est attrapé, le sujet subit une perte monétaire et si un jeton blanc est attrapé, chaque sujet reçoit un petit gain monétaire. A la suite de chaque tir les sujets ont la possibilité de souscrire une assurance qui les protège entièrement des risques.

Lors de la première expérimentation, les sujets font une offre quant au montant d'assurance qu'ils sont prêts à payer pour empêcher une perte fixe ayant une probabilité comprise entre 0,01 à 0,9. La perte représente le fait de tirer un jeton rouge et la probabilité de perte représente la proportion de jetons rouges dans le sac. Il ressort des résultats que les individus, en moyenne, font une offre trop élevée quand les probabilités de perte sont faibles ; ainsi les agents ont tendance à surestimer les risques à faible probabilité. Quand la probabilité de perte est de 0,01, on observe une distribution bimodale des offres autour de zéro et juste au dessus de la valeur actuarielle du contrat. Les offres nulles reflètent l'idée que le risque est jugé trop faible et de ce fait ne nécessitant pas de couverture. Quant aux offres supérieures à la valeur actuarielle, elles expriment une extrême aversion ainsi qu'une forte sensibilité aux risques à faible probabilité. Lorsque la probabilité de perte s'accroît, la proportion d'offres nulles se réduit, éliminant la bimodalité et concentrant un pic d'offres proche de la valeur actuarielle.

Dans la deuxième expérience, la probabilité de perte est fixée à 0,01 (concrètement il y a un seul jeton rouge dans le sac) et l'ampleur de la perte est multipliée par dix par rapport à la première expérience<sup>47</sup>. L'objectif de cette expérience est d'affiner l'étude du comportement d'offre pour les risques à faibles probabilités. Il ressort aussi la présence d'une distribution bimodale des offres autour de zéro et juste au dessus de la valeur actuarielle. On observe également qu'un tirage successif de jetons blancs réduit la probabilité subjective de perte.

Les conclusions de ces deux expériences sont les suivantes. Bien qu'une distribution bimodale des offres se dégage dans les deux expériences, des différences apparaissent sur les valeurs des points de la bimodalité : le deuxième point de la bimodalité de la seconde expérience est plus élevé que celui de la première expérience et la proportion d'offres nulles est plus importante pour la seconde expérience que pour la première. Il ressort aussi de ces deux expériences que le comportement d'assurance face à des risques à faible probabilité est différent du choix d'assurance face à des risques à probabilité élevée. Plus les probabilités sont élevées plus les montants d'assurance choisis convergent vers la valeur actuarielle. Dans ce cas la distribution initialement bimodale tend vers une distribution unimodale. Lorsque les probabilités sont faibles deux comportements se distinguent, soit les agents ne considèrent pas les risques et proposent un montant d'assurance nul, soit ils surestiment le risque et choisissent un montant supérieur à la valeur actuarielle.

Nous allons maintenant présenter une expérimentation qui se focalise sur le consentement à payer pour s'assurer contre des événements associés à de faibles probabilités de survenance et de grosses pertes.

### **3) Le consentement à payer des individus pour s'assurer contre des événements associés à de faibles probabilités d'occurrence et des sinistres de grande ampleur:**

Ganderton, Brookshire, Mc Kee, Stewart et Thurston (2000) ont réalisé une série d'expériences ayant pour objectif d'estimer le consentement à payer des agents pour s'assurer contre des événements associés à une faible probabilité de survenance et de grosses pertes. Les différences entre les expériences portent sur les valeurs des paramètres suivants:

- la probabilité de perte varie de 0,01 à 0,36,
- à chaque décision d'assurance, l'agent reçoit un revenu de 200 jetons,
- le montant des pertes dues à la survenance de l'événement peut varier de 100 jetons à 1000 jetons,
- le coût de la police d'assurance varie de 5 jetons (2,5% du revenu de la période: 5/200) à 99 jetons (50% du revenu de la période: 99/200).

L'agent fait face à différents scénarios reposant sur une combinaison de ces différentes valeurs. A chaque scénario, il a la possibilité d'acheter une police d'assurance qui le couvre totalement contre les pertes éventuelles.

Il ressort de ces expériences que la probabilité d'acheter une assurance est plus faible lorsque son coût est élevé et la perte est faible. L'effet d'une hausse de la richesse individuelle sur cette probabilité est ambigu car deux effets contradictoires apparaissent. D'une part, lorsque la richesse augmente, le coût de l'assurance devient plus faible incitant à l'achat de l'assurance. D'autre part, la perte potentielle représentant une proportion plus faible de la richesse, l'agent est poussé à réduire sa demande d'assurance. Il est aussi observé que les agents sont beaucoup sensibles à la probabilité qu'à la taille de la perte. Notons pour finir que, comparé aux expériences de Mc Clelland et al. (1993), Ganderton et al. n'observent pas une distribution bimodale des consentements à payer pour l'assurance. Ces auteurs expliquent cette différence par deux raisons. La première porte sur les différences notées entre les populations interrogées (sur-représentation des étudiants en économie pour les expériences de Ganderton et al.). La seconde est relative à l'observabilité de l'offre nulle : observable dans les expériences de Mc Clelland et al., cette offre ne l'est pas dans celles de Ganderton et al.

Les expérimentations précédentes reposent sur un cadre de choix d'assurance général. Ce cadre s'applique à notre problématique de choix d'assurance en foresterie face au risque naturel car ce risque est caractérisé par une probabilité d'occurrence faible et une perte très importante en cas de sinistre. Le choix d'assurance dépend fortement du taux de chargement, de la richesse initiale et des préférences des agents.

---

<sup>47</sup> Dans la première expérience la perte est de 4\$ alors que dans la deuxième expérience elle est de 40\$.

Parallèlement à l'assurance, un propriétaire forestier peut réaliser des actions d'auto-assurance ou d'auto-protection pour se couvrir contre les risques naturels. Dans la section suivante, nous présentons le cadre d'analyse utilisé dans la littérature pour représenter de telles actions.

## **II-1.2. Les mesures d'auto-protection et d'auto-assurance**

Les mesures d'auto-protection et d'auto-assurance sont généralement étudiées dans la littérature séparément. Toutefois le cadre théorique utilisé pour les représenter repose sur les mêmes hypothèses générales. Après avoir décrit ce cadre, nous adoptons aussi la règle d'usage en séparant l'analyse des deux mesures. Ensuite nous décrivons quelques applications relatives à ces mesures puis nous présentons quelques critiques et limites.

### **A) LE CADRE GENERAL DES MESURES D'AUTO-PROTECTION ET D'AUTO-ASSURANCE:**

Les notions d'auto-protection et d'auto-assurance ont été initialement définies par Ehrlich et Becker (1972). L'auto-protection est un moyen permettant de réduire la probabilité des pertes potentielles issues d'un événement qui se produit aléatoirement alors que l'auto-assurance permet, quant à elle, de réduire l'ampleur des pertes.

Initié par Ehrlich et Becker, ces actions ont fait l'objet de nombreux travaux et la formalisation de ces actions est à l'heure actuelle relativement acceptée. Nous décrivons alors le cadre théorique généralement admis puis présentons une analyse de statique comparative.

#### **1) Le cadre théorique**

Le cadre théorique présenté ici repose sur le modèle de Briys et Schlesinger (1990). Les hypothèses de ce modèle sont les suivantes.

→ L'agent est doté d'une richesse initiale  $W$  qui est sujette à un risque potentiel de perte  $D$ .

→ Le risque est représenté par deux états du monde possibles. Dans le premier état noté A, avec une probabilité  $1-p$ , la perte est nulle  $D = 0$ . Dans le second état B, avec une probabilité  $p$ , la perte est égale à  $D = L$  avec  $L \leq W$  (perte partielle ou totale).

→ L'agent peut exercer des activités soit d'auto-assurance notées  $y$  réduisant le montant des pertes  $L(y)$  avec  $L'(y) < 0$ , soit d'auto-protection notées  $x$  diminuant la probabilité de perte  $p(x)$  avec  $p'(x) < 0$ . Ces activités sont coûteuses :  $c(y)$  pour l'auto-assurance et  $c(x)$  pour l'auto-protection, avec  $c(.)$  monotone et croissant en son argument.

La richesse finale de l'agent est aléatoire et s'écrit alors :

$$Z = W - D$$

$$\begin{array}{l} \text{avec pour l'auto-assurance} \\ \text{et pour l'auto-protection} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} Z_A = W - c(y) \\ Z_B = W - L(y) - c(y), \\ Z_A = W - c(x) \\ Z_B = W - L - c(x) \end{array} \right.$$

→ Les préférences de l'agent sont représentées par une fonction d'utilité von Neumann et Morgenstern  $U(Z)$  strictement croissante et concave  $U' > 0$  et  $U'' < 0$ .

→ L'agent détermine son montant maximal de l'une ou l'autre des activités en maximisant l'espérance d'utilité de sa richesse finale.

Pour l'auto-assurance, la fonction objectif de l'agent est donc :

$$EU = (1-p) U(Z_A) + p U(Z_B)$$

qui peut se réécrire de la façon suivante:  $EU = (1-p) U(W-c(y)) + p U(W-L(y)-c(y))$

Pour l'auto-protection, le critère est le suivant :

$$EU = (1-p(x)) U(Z_A) + p(x) U(Z_B)$$

qui peut donc se réécrire de la manière détaillée par  $EU = (1-p) U(W-c(x)) + p U(W-L-c(x))$

Le niveau optimal d'activité d'auto-assurance  $y^*$  est donné par la condition du 1er ordre suivante:

$$dEU/dy = -p [c'(y^*) + L'(y^*)] U'(Z_B) - (1-p) c'(y^*)U'(Z_A) = 0,$$

Nous supposons ici que la condition de second ordre est satisfaite.

Une condition nécessaire garantissant  $y^*$  strictement positif est  $c'(y^*) + L'(y^*) < 0$  soit le bénéfice marginal potentiel d'une unité supplémentaire d'auto-assurance ( $-L'(y^*)$ ) doit être supérieur à son coût marginal ( $c'(y^*)$ ). Cette condition s'interprète aussi de la manière suivante : un individu acceptera d'investir un euro supplémentaire en auto-assurance si et seulement si le bénéfice potentiel, issu de la réduction de la taille de la perte, est d'au moins un euro. Il existe encore une autre façon d'interpréter cette condition en utilisant les notions de taux marginal de transformation (TMT)<sup>48</sup> et de taux marginal de substitution (TMS)<sup>49</sup>.

La condition du 1er ordre peut se réécrire de la façon suivante:

$$\frac{-c'(y^*)}{c'(y^*) + L'(y^*)} = \frac{pU'(Z_A)}{(1-p)U'(Z_B)}$$

$$\text{TMT} = \text{TMS}$$

<sup>48</sup> Le TMT = quantité supplémentaire d'un bien qu'un agent peut techniquement acquérir ou produire, en sacrifiant une unité d'un autre bien.

<sup>49</sup> Le TMS = quantité supplémentaire d'un bien qu'un agent accepte d'acquérir en sacrifiant une unité d'un autre bien, lorsque les prix relatifs varient.

Ainsi le taux marginal de transformation doit être égal au taux marginal de substitution. Aussi le rapport des coûts marginaux doit être égal au rapport des utilités marginales.

Le niveau optimal d'activité d'auto-protection  $x^*$  est donné par la condition du 1er ordre suivante:

$$dEU/dx = -c'(x^*) [pU'(Z_B) + (1-p)U'(Z_A)] - p'(x^*) [U(Z_A) - U(Z_B)] = 0$$

qui peut se réécrire comme suit:  $-p'(x) [U(Z_A) - U(Z_B)] = c'(x) [pU'(Z_B) + (1-p)U'(Z_A)]$

Nous supposons ici que la condition de second ordre est satisfaite.

Au niveau d'auto-protection optimal  $x^*$ , le coût marginal espéré (en terme d'utilité) associé à l'accroissement de  $x$ , doit être égal au bénéfice marginal espéré (en terme d'utilité) résultant de la réduction de la probabilité de perte.

Ces résultats obtenus dans le cadre d'espérance d'utilité ont été généralisés par Konrad et Skaperdas (1993) au cadre "Rank-Dependent Expected Utility". Il est alors préférable de limiter notre analyse au cadre d'espérance d'utilité.

Les mesures d'auto-protection et d'auto-assurance optimales dépendent de différents paramètres tels que l'aversion au risque, le niveau de richesse initiale et la taille de la perte.

## 2) Analyse de statique comparative :

L'analyse de statique comparative permet d'analyser l'impact de l'aversion au risque, d'une modification de la richesse initiale et d'un changement dans la taille de la perte, sur les mesures d'auto-assurance et d'auto-protection optimales.

### Effet de l'aversion au risque:

L'intuition suppose que plus un agent est riscophobe plus il devrait exercer d'activités d'auto-assurance ou d'auto-protection pour se couvrir contre un risque éventuel. Considérons un autre agent dont la fonction d'utilité  $V(Z)$  est plus concave que la fonction d'utilité du premier agent, ce qui exprime une aversion au risque plus importante.

### Le cas de l'auto-assurance:

Il existe une fonction réelle, croissante, deux fois différentiable et concave:  $g$ , telle que:  $V(Z) = g[U(Z)]$ .

La condition du 1er ordre pour le second agent est la suivante :

$$(1) \quad -p[c'(y) + L'(y)] g'[U(Z_B)]U'(Z_B) - (1-p)c'(y) g'[U(Z_A)] U'(Z_A) = 0,$$

qu'il faut comparer avec la condition du 1<sup>er</sup> ordre du premier agent :

$$(2) \quad -p[c'(y^*) + L'(y^*)]U'(Z_B) - (1-p)c'(y^*)U'(Z_A) = 0$$

Les deux conditions d'optimalité diffèrent par la présence des termes  $g'(u(.))$  avec  $g'' < 0$  et  $g'[U(Z_B)] > g'[U(Z_A)]$ . Il est alors immédiat de montrer que la condition (1) évaluée pour  $y^*$  est positive. Par

conséquent, le niveau optimal d'auto-assurance avec la fonction d'utilité  $V$  excède le niveau optimal d'auto-assurance avec  $U$ . Ce résultat confirme notre intuition.

### Le cas de l'auto-protection:

Il existe une fonction:  $g$ , croissante et concave telle que:  $V(Z) = g[U]$

La condition du 1er ordre pour le second agent s'écrit comme suit:

$$(3) \quad -c'(x)\{pg'[U(Z_B)]U'(Z_B) + (1-p)g'[U(Z_A)]U'(Z_A)\} - p'(x)\{g[U(Z_A)]-g[U(Z_B)]\} = 0,$$

comparée à la condition de 1<sup>er</sup> ordre du premier agent

$$(4) \quad -c'(x^*)[pU'(Z_B) + (1-p)U'(Z_A)] - \underbrace{p'(x^*)[U(Z_A)-U(Z_B)]}_{\text{second terme}} = 0$$

Le signe de la condition (3) évaluée en  $x^*$  n'est pas immédiat. En effet, supposons que  $g[U(A)] = U(A)$  et que  $g[U(B)] = U(B)$ . Dans ce cas une aversion au risque plus importante requiert que  $g'[U(B)] > 1$  et  $g'[U(A)] < 1$ . Ainsi, le second terme de l'équation (3) évalué en  $x^*$  est égal au même terme dans l'équation (4) tandis que le premier terme de (3) peut être plus élevé ou plus faible que son homologue dans (4). Par conséquent, le signe de la condition (3) évaluée en  $x^*$  peut être positif ou négatif. Il n'est pas possible de confirmer notre intuition. Un agent plus riscophobe peut accroître ou réduire ses activités d'auto-protection.

Ces résultats ont été notamment montrés par Hiebert (1983) et par Dionne et Eeckhoudt (1985) dans le cadre de l'utilité espérée puis étendus au modèle RDEU par Konrad et Skaperdas (1993) et Quiggin (1991).

### Effet d'une modification de la richesse initiale:

Intuitivement, on peut admettre qu'une hausse de la richesse initiale entraîne une hausse des dépenses en auto-protection et auto-assurance. Cependant, une modification de la richesse provoque une variation de l'aversion au risque de l'agent. L'effet d'un changement de la richesse initiale sur l'auto-protection et l'auto-assurance va donc dépendre des préférences de l'agent. Eeckhoudt et Gollier (1992) s'intéressent à l'auto-assurance tandis que Sweeney et Beard (1992) se concentrent sur l'auto-protection.

Eeckhoudt et Gollier (1992) prouvent, à partir du problème de choix de portefeuille (qui est un cadre plus général que le choix d'auto-assurance), que l'effet d'une hausse de la richesse initiale sur la demande d'actif risqué dépend du comportement d'aversion absolue au risque de l'agent.

Sous une hypothèse d'aversion absolue constante avec la richesse (CARA), les auteurs montrent qu'une hausse de richesse initiale n'a aucun effet. Sous une hypothèse d'aversion absolue décroissante avec le revenu (DARA), un accroissement de la richesse initiale accroît les investissements risqués. Sous une hypothèse d'aversion absolue au risque croissante (IARA), le résultat est inverse : une hausse de la richesse initiale réduit la demande d'actif risqué. Ainsi la demande d'actif risqué est un



bien normal<sup>50</sup> (inférieur<sup>51</sup>) si l'aversion absolue au risque est une fonction décroissante (croissante) de la richesse.

Sweeney et Beard (1992) étudient l'effet d'un changement de la richesse initiale de l'agent sur les dépenses d'auto-protection. Ils montrent que, si l'aversion absolue au risque est constante ou croissante pour tous les niveaux de richesse alors les dépenses en auto-protection sont diminuées quand la richesse augmente : l'auto-protection est un bien inférieur. Si l'aversion absolue au risque est décroissante alors les dépenses en auto-protection s'accroissent avec la richesse : l'auto-protection est considéré comme un bien normal.

Les résultats de cette analyse diffèrent entre auto-assurance et auto-protection lorsque les préférences de l'agent sont caractérisées par une aversion absolue au risque constante avec la richesse.

#### Effet d'une hausse de la perte:

Sweeney et Beard (1992) analysent l'effet d'une modification de la perte sur les dépenses d'auto-protection. Intuitivement nous pouvons supposer qu'un accroissement de la perte pousse un agent riscophobe à accroître ses dépenses d'auto-protection afin d'être mieux protégé en cas de sinistre. Ce résultat n'est pas immédiat et dépend du coefficient d'aversion absolue au risque.

Sous CARA ou IARA, une hausse de la perte accroît l'effort d'auto-protection. Sous DARA, une hausse de l'ampleur de la perte accroît l'effort d'auto-protection seulement si la perte potentielle, la probabilité de perte et la perte attendue sont suffisamment faibles.

Dans le cas de l'auto-assurance, Hiebert (1989) s'intéresse non pas à l'impact d'une modification de la perte potentielle mais à une incertitude concernant cette perte et à son effet sur les dépenses d'auto-assurance. Il montre qu'un individu riscophobe exerce une activité d'auto-assurance tant que le bénéfice marginal espéré de l'activité d'auto-assurance est plus fort que son coût.

## **B) APPLICATIONS CONCERNANT LES MESURES D'AUTO-PROTECTION ET D'AUTO-ASSURANCE**

Le cadre général présenté a donné suite à de nombreuses applications dans différents domaines que nous avons classées en trois catégories : les deux premières visent à vérifier empiriquement les résultats du modèle théorique à l'aide de données obtenues par expérimentation (1<sup>ère</sup> catégorie) ou de données existantes (2<sup>ème</sup> catégorie), ces deux types d'applications aboutissant à des conclusions d'ordre quantitatif. Enfin la dernière catégorie regroupe les applications visant à adapter le modèle théorique à un problème appliqué spécifique. Dans ce cas seuls des résultats théoriques qualitatifs sont obtenus.

---

<sup>50</sup> Bien normal: bien pour lequel la demande se réduit suite à une hausse de revenu, de richesse.

<sup>51</sup> Bien inférieur: bien pour lequel la demande s'accroît suite à une hausse de revenu, de richesse.

### **1) Les expérimentations :**

Le recours à l'économie expérimentale est une pratique courante pour étudier de nombreux phénomènes parmi lesquels les mesures d'auto-protection et d'auto-assurance. Nombreuses sont les études dans ce domaine ; c'est pourquoi nous ciblons ici uniquement quatre expérimentations qui sont proches de notre problématique. Trois expérimentations générales (Shogren, 1990 ; Shogren et Crocker, 1994 ; Di Mauro et Maffioletti, 1996) se concentrent sur l'estimation de la capacité à payer des agents pour se protéger contre un risque potentiel. La dernière expérimentation (Stenger, 2004) cible les comportements d'auto-assurance de propriétaires forestiers face à un risque de tempête.

#### Estimation du consentement à payer des agents pour se protéger contre un risque:

Les expérimentations réalisées par Shogren (1990), Shogren et Crocker (1994) et Di Mauro et Maffioletti (1996) sont relativement similaires.

#### Description des expérimentations:

L'objectif de ces expérimentations est d'étudier les réactions des agents face au risque et à l'incertitude. Les participants doivent imaginer qu'ils font face à un événement dont la survenance peut leur faire subir une perte. Ils n'ont pas le droit de communiquer entre eux et possèdent une dotation initiale de 10 \$ ou £. Ils sont exposés à divers scénarios pour lesquels ils doivent indiquer le montant maximum qu'ils sont prêts à payer pour subir un risque plus faible voire nul (droit de se protéger contre le risque dans l'expérimentation de Shogren (1990) et réduction de la perte au niveau zéro, pour celle de Di Mauro et Maffioletti (1996)). L'expérimentation repose sur un mécanisme d'enchère au second-prix : l'individu avec l'enchère la plus élevée doit payer le prix de la deuxième enchère la plus élevée. Le déroulement de l'enchère diffère entre les expérimentations. En effet, dans l'expérience de Shogren, le participant qui exprime la capacité à payer la plus élevée gagne le droit de se protéger, et est garanti de ne pas subir la perte et d'obtenir un gain alors que dans l'expérience de Di Mauro et Maffioletti, à la fin de l'expérience (quand les sujets ont exprimé le prix qu'ils sont prêts à payer pour chaque scénario), un scénario est tiré au hasard et joué réellement.

#### Résultats des expérimentations:

Les conclusions obtenues de ces expérimentations diffèrent ; c'est pourquoi nous les présentons séparément.

Shogren (1990) montre que les choix et les évaluations des agents sont influencés par le contexte dans lequel le problème est présenté (présence d'un *effet de cadre*): la valeur assignée à la réduction du risque dépend de combien le risque est réduit mais aussi de comment il est réduit. De plus, la façon dont les individus évaluent le risque est sensible au mécanisme utilisé pour réduire ce risque. Ainsi les répondants sont prêts à payer plus pour l'auto-protection privée que pour l'auto-protection collective<sup>52</sup>.

---

<sup>52</sup> Il existe des mécanismes de réduction, de la perte ou de la probabilité de perte, privés mais aussi des mécanismes collectifs. Par exemple, un individu exposé à un risque de contamination en buvant l'eau du robinet

De plus il trouve que les individus surestiment les risques faibles et que cette surestimation diminue au fur et à mesure de l'expérimentation.

L'auteur montre aussi que les expositions répétées des agents au marché permettent de réduire rapidement le biais associé à la mauvaise perception du risque. De nombreux auteurs (Coppinger et al., 1980 ; Coursey et al., 1987 ;...) ont prouvé qu'un certain nombre d'itérations étaient requises avant que le répondant réalise que révéler sa « vraie » valeur constitue sa stratégie dominante.

Shogren observe que l'activité d'auto-protection est préférée à celle d'auto-assurance. En effet, dans l'expérimentation, l'individu se couvrant par un mécanisme d'auto-protection est certain d'obtenir un gain monétaire, alors qu'il ne l'est pas en se couvrant avec l'auto-assurance. L'auto-protection rend la probabilité de perte nulle, ce qui implique 100% de chance de recevoir un gain, alors que l'auto-assurance rend la sévérité de la perte potentielle égale à zéro mais ne modifie pas la probabilité de recevoir un gain monétaire. De ce fait, un agent riscophobe ou neutre au risque valorise davantage l'auto-protection par rapport à l'auto-assurance. De la même façon, les mécanismes privés sont préférés aux collectifs. En effet, lors de l'expérimentation, le montant des enchères associées à une réduction du risque par un mécanisme privé est supérieur à celui des enchères associées à une réduction du risque par un mécanisme collectif. En d'autres termes, les agents sont prêts à payer plus pour un mécanisme privé que pour un mécanisme collectif. La mesure la plus valorisée par les participants est l'auto-assurance collective et la moins l'auto-protection privée.

Les résultats de Shogren (1990) ont été remis en cause par Shogren et Crocker (1994) qui montrent que l'activité d'auto-protection n'est pas toujours préférée à celle d'auto-assurance, qu'un agent plus faiblement riscophobe préfère l'auto-protection à l'auto-assurance, et enfin que les mécanismes de réduction du risque séquentiel affectent l'évaluation rationnelle de ce risque.

Di Mauro et Maffioletti (1996) remettent aussi en cause les travaux de Shogren (1990). Ils ne trouvent pas la présence évidente d'un *effet de cadre*. Seuls deux sujets sur douze valorisent systématiquement plus l'auto-protection à l'auto-assurance. Ils montrent aussi qu'aucun lien n'existe entre attitude face au risque et attitude face à l'ambiguïté (incertitude sur la probabilité de perte).

### *Une expérimentation auprès des propriétaires forestiers privés français dans un contexte de risque et d'ambiguïté:*

#### *Description de l'expérimentation:*

L'objectif de l'expérimentation est de comprendre le comportement des propriétaires forestiers faisant face à un risque de tempête. Pour se couvrir, les individus peuvent choisir de s'assurer mais s'ils ne le font pas, seules des actions d'auto-assurance pourront être entreprises.

Les participants sont 54 propriétaires forestiers mais seules 42 réponses sont exploitables.

---

peut réduire de façon privée la probabilité de maladie en achetant un filtre individuel, mais il peut également participer à l'achat collectif d'un filtre qui profiterait à l'ensemble d'un quartier voire d'un arrondissement.

Ces propriétaires forestiers ont été répartis en deux échantillons. Le premier dit “risqué” (31 individus) pour lequel l’expérimentation se plaçait dans un cadre risqué et pour lequel la probabilité d’occurrence du dommage due à la tempête, la probabilité de perte et les pertes sont estimées sur la base d’événements passés. Le second est dit “ambigu” (11 individus) car les agents évoluaient en univers ambigü. L’ambiguïté est représentée par un intervalle de probabilités et pouvant intervenir soit dans la probabilité d’occurrence du dommage, soit dans la probabilité de perte, soit dans les deux.

L’expérimentation se fait en trois étapes:

1<sup>ère</sup> étape: les propriétaires doivent choisir entre différentes loteries indépendamment de tout contexte. Pour les agents du 1<sup>er</sup> échantillon, les loteries sont risquées tandis que pour les autres, du 2<sup>nd</sup> échantillon, elles sont ambiguës.

2<sup>ème</sup> étape: les individus sont placés dans un contexte risqué ou ambigu (selon l’échantillon) représentant le cas d’une tempête sur leur forêt, et ils doivent décider de s’assurer ou pas pour un niveau d’assurance donné. Pour ceux qui choisissent de ne pas s’assurer intervient alors l’auto-assurance. Les individus ont à évaluer (en €/ha/an) différentes actions d’auto-assurance (réduction ou accroissement de l’âge d’exploitabilité, modification des essences...) et ils doivent donner les raisons d’un tel investissement. Les individus qui refusent d’investir en auto-assurance comme ceux qui acceptent, doivent justifier leurs réponses<sup>53</sup>.

3<sup>ème</sup> étape: les propriétaires donnent des informations concernant leurs caractéristiques sociales (âge, revenu...) et les caractéristiques de leurs forêts (localisation, surface...).

#### Résultats de l’expérimentation:

L’expérimentation de Stenger (2004) aboutit à plusieurs conclusions. Tout d’abord, l’auteur note une tendance à l’aversion au risque de tempête pour les propriétaires forestiers aussi bien dans les situations avec contexte que dans celles sans contexte : dans l’échantillon “risqué” environ 77% des propriétaires prennent une assurance dans au moins 8 cas sur 10, et dans l’échantillon ambigu, 72% des propriétaires choisissent de s’assurer partiellement ou totalement. Ensuite, l’auteur remarque que les propriétaires forestiers tendent à acheter une assurance quand la fréquence des tempêtes est élevée. De plus, Stenger observe que l’auto-assurance pure concerne entre 6,5 et 13% des propriétaires forestiers dans l’échantillon “risqué” et on note la même proportion dans l’échantillon “ambigu”. Enfin, les résultats concernant les caractéristiques des propriétaires et de leurs forêts sont les suivants: la moyenne d’âge des individus est de 62 ans, il y a 90% d’hommes, 66% des individus ont un niveau baccalauréat ou plus, 52% sont devenus propriétaires par héritage et 48% par achat, 93% des forêts sont situées en Lorraine.

---

<sup>53</sup> Exemple pour l’auto-assurance: raison n°1: vous avez une confiance limitée en l’assurance privée, raison n°2: vous pensez que le risque de tempête est sous-estimé et vous souhaitez accroître vos chances de préserver une partie de vos actifs forestiers et raison n°3: vous n’avez pas de préférence pour le risque.

## **2) Les applications à partir de données**

Harless et Hoffer (2003), à partir de données relatives au secteur de l'automobile, s'intéressent à la présence d'airbag conducteur dans les véhicules.

### *Description de l'application:*

Pour Harless et Hoffer (2003), la présence d'un airbag conducteur dans un véhicule peut être perçue comme une mesure d'auto-assurance puisqu'elle réduit les pertes lors de la survenance d'un accident. Leur application s'appuie sur deux sources de données : FARS (Fatal Accident Reporting System), qui est une base de données contenant les informations relatives à l'ensemble des accidents, ayant eu lieu avec des véhicules motorisés et qui se sont clos par un décès, et des données issues de "National Highway Traffic Safety Administration". Cette application fait suite à celle réalisée par Peterson, Hoffer et Millner (1995), où il est montré que les conducteurs possédant des voitures équipées d'airbag conducteur ont une probabilité plus élevée d'être fautives dans les accidents mortels comprenant deux automobiles. En effet, les individus peuvent penser que si un accident venait à se produire, les pertes seraient plus faibles du fait de la présence de l'airbag ce qui peut les conduire à rouler plus dangereusement. Harless et Hoffer (2003) s'attachent à tester la validité de cette assertion. L'objectif de leur article est donc de tester si, suite à l'adoption d'une mesure d'auto-assurance telle que la mise en place d'un airbag conducteur, les agents adoptent une conduite plus dangereuse accroissant leur probabilité de commettre un acte grave. Ils incorporent un grand nombre de variables dans leur modélisation telles que le nombre de passagers dans la voiture, les accidents précédents du conducteur, l'âge du conducteur, les suspensions de permis antérieures du conducteur, le sexe du conducteur.....

### *Résultats*

Les conclusions auxquelles aboutissent Harless et Hoffer (2003) sont d'ordre quantitatif et sont les suivantes. Il apparaît que boire de l'alcool a un effet important sur la probabilité qu'un conducteur commette un acte dangereux : le fait d'avoir bu accroît la probabilité de 0,364. De plus, un grand nombre de passagers dans la voiture réduit de 0,041 la probabilité d'un acte grave pour la plupart des conducteurs, excepté pour les jeunes conducteurs où la présence de plusieurs passagers accroît la probabilité d'un acte grave de 0,051. Ensuite, les conducteurs qui ont écopé d'une ou plusieurs suspensions de permis ont une probabilité plus élevée de commettre un acte dangereux. Finalement, les conducteurs de véhicules de location ont également une probabilité plus importante de commettre un accident. Les auteurs concluent en disant que les résultats trouvés par Peterson, Hoffer et Millner (1995) ne constituent qu'un cas particulier de l'étude de Harless et Hoffer (2003) car ces derniers ont effectué leur étude sur un échantillon plus important, d'une part et qu'ils aboutissent au fait qu'aucun changement n'est observé dans la probabilité qu'un conducteur commette un acte qui contribue à la réalisation d'un accident mortel après que la gamme de voiture ait doté ses véhicules d'un airbag, d'autre part.

### **3) Les applications à partir d'un modèle**

Les applications que nous allons voir s'intéressent à divers domaines tels que les catastrophes naturelles, le droit et pour finir le domaine agricole.

#### *Application aux catastrophes naturelles:*

Lewis et Nickerson (1989) s'intéressent à l'auto-assurance comme à un moyen, pour l'individu, de réduire les effets sur ses actifs d'une catastrophe naturelle. Lors de la survenance de catastrophes naturelles, des programmes publics de compensations financières : subventions, prêts avantageux, sont mis en place pour aider les victimes. L'Etat s'engage à compenser les victimes sans regarder la désincitation créée par cet engagement sur l'efficacité de l'auto-assurance. En effet, ces programmes influencent les individus dans la façon dont ils vont protéger leurs actifs contre les dommages, dans la mesure où ils s'attendent à une aide publique en cas de catastrophe. Le problème va donc être pour l'Etat, la minimisation du coût de ses programmes et pour les agents privés, effectuer les dépenses en auto-assurance optimales compte tenu de l'existence de ces programmes publics. L'article compare donc les différents niveaux de dépenses en auto-assurance qui sont optimaux et qui minimisent les coûts espérés de la compensation publique, dans un contexte d'utilité espérée. Lewis et Nickerson s'intéressent à l'influence de deux facteurs en particulier : le premier est le degré d'incertitude avec lequel l'individu perçoit l'occurrence et la sévérité de la catastrophe ainsi que son attitude envers le risque ; le second est la nature de la technologie avec laquelle l'agent protège ses actifs. Cette nature est décrite par la relation entre le rendement marginal de dépenses en auto-assurance et la sévérité aléatoire de la catastrophe. Ainsi, un investissement en auto-assurance est jugé "réducteur de risque" si le rendement marginal des dépenses varie directement avec la sévérité et il est jugé "risqué" s'il varie inversement avec cette sévérité. Lewis et Nickerson arrivent aux résultats suivants. Les individus surinvestissent dans des biens qui sont exposés aux catastrophes naturelles alors qu'ils sous-investissent en mesures spécifiques destinées à protéger ces biens de dommages potentiels. Ceci s'explique par la présence des programmes publics qui permettent aux individus d'avoir une responsabilité limitée lors de la survenance de dommages. Deuxièmement, ces programmes publics créent une divergence entre le niveau optimal privé des dépenses en auto-assurance et le niveau qui minimiserait les coûts espérés de l'Etat. En effet, quand l'investissement en auto-assurance est jugé "réducteur de risque", les dépenses optimales privées en auto-assurance sont excessives par rapport au niveau qui minimiserait les coûts espérés de l'Etat. Pour un niveau de dépenses en auto-assurance donné, le rendement marginal perçu par l'agent est supérieur à celui perçu par l'Etat. Lorsque l'investissement en auto-assurance est jugé "risqué", c'est l'Etat qui perçoit le rendement marginal comme supérieur et les dépenses privées optimales sont donc inadéquates. Pour finir, les agents répondent à une incertitude plus grande sur la gravité de la catastrophe en réduisant leurs dépenses en investissements réducteurs de risque, ce qui semble contre intuitif.

*Application au droit: le cas de la législation sur le port du casque obligatoire:*

L'application faite par Goldstein (1996) s'intéresse à la législation sur le port du casque obligatoire. En effet, l'auteur s'aperçoit que, bien que les casques réduisent les blessures de la tête dans la quasi totalité des accidents dus à la vitesse, passé une certaine vitesse d'impact critique, les casques aggravent la sévérité des dommages corporels. L'objectif de Goldstein est ainsi d'établir une règle de décision optimale pour l'utilisation du casque par le motard et d'évaluer la législation sur le port obligatoire de ce casque. Dans l'article, l'auteur se focalise uniquement sur l'auto-assurance en considérant deux formes d'auto-assurance: dépenses pour le casque et d'autres formes de protection, telles que celles d'un vêtement adapté et/ou d'une conduite prudente. L'auteur montre que la législation sur le port du casque obligatoire engendre une perte de bien-être pour une grande partie des utilisateurs. En effet, l'accroissement net du dommage et donc des pertes potentielles n'est pas compensé par d'autres formes de dépenses en auto-assurance car celles-ci sont sous-optimales. En revanche, pour la société, l'étude coût-bénéfice réalisée par Goldstein montre un bénéfice net pour la société issue de la législation sur le port du casque obligatoire. Cependant, les changements de conduite en réponse à la loi peuvent venir réduire les bénéfices de la société. En effet, l'agent se sentant davantage en sécurité avec un casque peut par exemple adopter une conduite plus dangereuse.

*Application au domaine agricole:*

Archer et Shogren (1994 et 1996) s'intéressent au problème de la pollution issue de la production agricole lié à l'usage de facteurs de production affectant le risque tels que les herbicides et les engrais. L'auto-assurance et l'auto-protection sont envisagées comme des mesures permettant d'accroître la richesse du producteur ou la probabilité qu'un bon état de la nature se produise. La décision d'auto-assurance porte sur la quantité d'herbicide à appliquer alors que celle relative à l'auto-protection porte sur le type d'herbicide à appliquer. Les auteurs envisagent deux types de risques : le risque d'efficacité (l'herbicide a été appliqué dans le mauvais état du monde et n'a pas eu d'effet) et le risque d'application (l'herbicide n'a pas été appliqué). Archer et Shogren identifient les herbicides successivement à une mesure d'auto-assurance puis à une mesure d'auto-protection. Ils montrent que, lorsque les herbicides sont utilisés comme un mécanisme d'auto-assurance, une hausse du risque (d'application ou d'efficacité) réduit à la fois le taux optimal d'utilisation d'herbicide et d'engrais. Quand les herbicides sont utilisés comme une mesure d'auto-protection, une hausse du risque d'efficacité réduit le taux optimal d'utilisation des engrais alors qu'une hausse du risque d'application a un effet ambigu.

Babcock (1992) dégage les facteurs explicatifs d'une sur-utilisation par un agriculteur d'azote contenue dans les engrais. L'application d'engrais est considérée comme une activité d'auto-protection dans la mesure où cette application réduit la probabilité de perte de la récolte. L'auteur étudie si la présence de diverses sources d'incertitude (incertitude sur les rendements et incertitude sur le climat)

peuvent pousser l'agriculteur à augmenter ses applications d'azote. Il montre que l'incertitude sur le rendement n'a pas d'effet sur le choix optimal pour un agriculteur neutre au risque si le rendement moyen est une fonction linéaire du paramètre de rendement estimé. Il prouve que l'effet de l'incertitude sur le climat (précipitations) dépend de la relation entre azote et précipitations. Si ces deux facteurs sont complémentaires, alors la connaissance certaine du climat pousse l'agriculteur à accroître son application d'azote. Si azote et précipitations sont des substituts alors la même conclusion est obtenue uniquement si le produit marginal de l'azote diminue avec les précipitations à un taux décroissant.

### **C) LES CRITIQUES ET LES LIMITES DE L'APPROCHE GENERALE:**

Le cadre général des mesures d'auto-protection et d'auto-assurance étudié précédemment a été soumis à plusieurs limites et critiques que nous présentons maintenant.

#### **1) La distinction entre auto-protection et auto-assurance**

De nombreuses mesures de couverture affectent conjointement la probabilité d'occurrence d'un sinistre et le montant de la perte. De ce fait la distinction entre activité d'auto-assurance et activité d'auto-protection n'est pas toujours évidente. Citons à titre d'illustration l'exemple donné par Ehrlich et Becker (1972) : un bon avocat baisse à la fois la probabilité d'une condamnation et la sévérité de la punition. Le cadre général des mesures d'auto-protection et d'auto-assurance ne prend pas en compte cette difficulté. Il est rare que ne soient pas différenciés ces deux types de mécanismes. En effet, on considère généralement que l'agent investit soit dans l'auto-assurance soit dans l'auto-protection. Quiggin (2002) a été le premier à aborder ce problème. Il considère que l'agent peut allouer des dépenses à un vecteur d'activités réductrices de risque. L'agent n'est donc pas obligé d'investir en auto-assurance et/ou en auto-protection, il peut investir dans des activités regroupant les deux types de mesures ou dans plusieurs activités différentes. Toutefois l'approche la plus poussée sur ce thème est celle proposée par Lee (1998). Il considère une activité appelée « Self-Insurance-Cum-Protection » (SICP) qui se caractérise par le fait qu'elle réduit à la fois la sévérité et la probabilité d'une perte potentielle. En fait, l'activité de SICP est un mécanisme de couverture incluant à la fois des mesures d'auto-protection et d'auto-assurance.

La formalisation de cette activité SICP se fait de la façon suivante:

- L'agent est doté d'une richesse initiale  $W$  qui est soumise à un risque de perte  $D$ .
- Le risque est représenté par deux états du monde possibles : le premier état noté A avec une probabilité  $1-p$  a une perte nulle et le second état B avec une probabilité  $p$  et une perte  $D$ .
- L'agent entreprend une activité de SICP notée  $x$  qui affecte à la fois la probabilité de perte  $p(x)$  et la fonction de perte  $L(x)$ . Le coût de cette activité est  $c(x)$ .



→ La richesse finale de l'agent  $Z$  est aléatoire et dépend de l'état du monde de la façon suivante :

- $Z_A = W - c(x)$
- $Z_B = W - L(x) - c(x)$

→ Les préférences de l'agent sont représentées par une fonction d'utilité strictement croissante et concave  $U(Z)$ .

L'objectif de l'agent est de choisir le montant de SICP qui maximise l'utilité espérée de sa richesse finale:

$$EU = p(x)U(Z_B) + (1-p(x))U(Z_A)$$

La dépense en SICP optimale  $x^*$  satisfait la condition du 1er ordre suivante:

$$dEU/dx = p'(x^*)[U(Z_B)-U(Z_A)] - p(x^*) [c'(x^*) + L'(x^*)]U'(Z_B) - [1-p(x^*)]c'(x^*)U'(Z_A) = 0$$

On considère la condition de second ordre satisfaite.

A l'optimum le bénéfice marginal espéré issu de la réduction de la probabilité de perte et de l'ampleur de celle-ci doit être égal au coût marginal espéré issu de l'accroissement des dépenses en SICP.

Ainsi, à l'optimum:  $p'[U(Z_B) - U(Z_A)] - pL'U'(Z_B) = c'[pU'(Z_B) + (1-p)U'(Z_A)]$ .

Nous pouvons alors comparer cette condition avec celles déterminant les niveaux optimaux d'auto-assurance et d'auto-protection obtenus dans les modèles où seule une activité est choisie. L'activité de SICP ne différencie plus les deux mécanismes de couverture, les traitant conjointement. De ce fait, le bénéfice marginal espéré issu de l'activité d'auto-assurance et celui issu de l'activité d'auto-protection se retrouve présent dans la condition du premier ordre définissant l'activité de SICP optimale. Ce regroupement apparaît aussi pour le coût marginal de cette activité.

L'auteur s'intéresse également à l'effet d'un accroissement de l'aversion au risque sur les activités de SICP. Il montre que le résultat n'est pas immédiat mais que pour aboutir au fait qu'un agent plus riscophobe investira plus dans les activités SICP il faut imposer des conditions sur la forme de la fonction de perte.

## **2) Un cadre à deux états de la nature**

La formalisation des mesures d'auto-assurance et d'auto-protection repose souvent sur l'hypothèse de l'existence de deux états du monde, un avec perte et un sans perte, chacun associé à une certaine probabilité. Certains auteurs ont cherché à étendre l'analyse en considérant le cas où l'espace des états du monde est un ensemble fixe (Quiggin, 2002) et le cas où il y a une infinité d'états du monde possibles (Lee, 1998).

Quiggin (2002) s'intéresse aux mesures d'auto-protection pour se couvrir contre des risques environnementaux. Il précise que ces mesures peuvent être modélisées dans un cadre où le nombre des

états de la nature est fixe. L'auteur se base sur le concept d'état contingent<sup>54</sup> développé par Arrow et Debreu. Il montre dans un tel cadre que plus l'agent est riscophobe plus il engage de ressources dans les activités d'auto-protection car ces dernières améliorent considérablement la richesse dans les états de la nature défavorables. L'extension de l'analyse à un cadre avec un nombre d'états de la nature fixe permet de lever l'ambiguïté relative à l'effet de l'aversion au risque sur les décisions d'auto-protection obtenues dans un cadre à deux états.

Lee (1998) généralise son modèle de SICP dans un cadre avec un nombre infini d'états de la nature qui est représenté par une variable aléatoire étant comprise entre zéro et l'infini. Dans ce cadre général, une hausse de l'activité SICP réduit la taille des pertes pour tous les états de la nature mais, à la différence du cadre à deux états, elle ne réduit pas toujours la probabilité de perte. Lee indique alors qu'il semble préférable de considérer qu'une hausse de SCIP provoque une amélioration de la dominance stochastique de 1er ordre sur la distribution, ce qui signifie qu'une augmentation des dépenses en SICP génère une distribution plus favorable des pertes sur les différents états du monde. Dans un tel cadre l'effet d'un accroissement de l'aversion au risque sur les activités de SCIP dépend toujours de la forme de la fonction de perte et de celle de la fonction de distribution.

### **3) La prise en compte d'un seul risque**

L'approche traditionnelle suppose un seul risque potentiel. En effet l'utilité de l'agent est souvent affectée par une seule source de risque alors que, dans la réalité, les risques auxquels sont soumis les actifs des agents sont multiples. Ainsi, Mahul (1998) a étudié la gestion de risques de production en agriculture en considérant la présence de plusieurs sources de risque. En effet il précise que "chaque individu [...] est exposé à plusieurs sources de risques qui affectent son activité professionnelle et sa vie personnelle. L'incomplétude des marchés est alors caractérisée par l'existence d'un risque exogène indépendant vis à vis duquel il n'existe pas de couverture possible."<sup>55</sup> Il montre que, sous l'hypothèse de convexité et de décroissance de l'indice d'aversion absolue au risque, l'introduction d'un risque exogène indépendant va inciter l'agriculteur à adopter un comportement plus riscophobe par rapport à un risque endogène, ce qui se traduit par une augmentation de la consommation de facteur préventif.

### **4) Un cadre statique**

Généralement les décisions d'auto-assurance et d'auto-protection sont étudiées dans un cadre statique. Ce cadre limite la portée de l'analyse. En effet, les agents ayant une préférence pour le présent ne voudront pas s'assurer pour des pertes futures éventuelles. De plus, les mesures de couverture et de protection ont souvent des conséquences temporelles. Par exemple, les agents investissent dans de

---

<sup>54</sup> La caractérisation complète d'un bien dépend non seulement de ses propriétés physiques mais également de la description de l'événement qui le rend disponible, on raisonne alors dans l'espace des biens contingents: → un bien devient contingent dès qu'il dépend des états de la nature.

<sup>55</sup> Propos recueillis dans sa thèse de mars 1998: La gestion des risques de production en agriculture: le rôle de la

telles activités maintenant pour faire face à des risques éventuels dans le futur. La prise en compte d'un cadre dynamique permettrait donc de décrire de tels comportements. Gollier (2003) propose un tel cadre pour le modèle d'assurance.

L'objectif de la Partie III est de proposer en partie des modèles qui apportent des solutions à ces limites, en ciblant l'extension de l'analyse, d'une part, à un nombre d'états infini et d'autre part, à un cadre statique puis dynamique. De plus, une caractéristique des risques naturels en foresterie est que la perte subie par la forêt en cas de sinistre dépend de la valeur de la forêt. La perte est alors, non pas exogène comme dans la plupart des travaux, mais fonction de la valeur de l'actif soumis au risque. Nous intégrons cet aspect dans nos analyses.

## Bibliographie

- ALLAIS, M. (1984), "The Foundations of the Theory of Utility and Risk" dans O. HAGEN, F. WENSTOP eds., *Progress in Utility and Risk Theory*, D. Reidel, Dordrecht/ Boston.
- ARCHER, D.W., SHOGREN, J.F. (1994), « Nonpoint Pollution, Weeds and Risk », *Journal of Agricultural Economics*, n°45, pp38-51.
- ARCHER, D.W., SHOGREN, J.F. (1996), « Endogenous Risk in Weed Control Management », *Journal of Agricultural Economics*, n°14, pp103-122.
- BABCOCK, B.A. (1992), « The Effects of Uncertainty on Optimal Nitrogen Application », *Review of Agricultural Economics*, vol 14 n°2, juillet 1992.
- BRIYS, E., SCHLESINGER, H. (1990), « Risk Aversion and the Propensities for Self-Insurance and Self-protection », *Southern Economic Journal*, vol 57 n°2, octobre 1990, pp58-67.
- CHEW, S. (1983), "The Generalization of the quasilinear mean with applications to the measurement of income inequality and theory decision resolving the Allais paradox", *Econometrica* 51, pp1065-1092.
- COPPINGER, V., SMITH, V.L., TITUS, J.(1980), "Incentives and Behavior in English, Dutch, Sealed-bid Auctions", *Economic Inquiry* 18, pp1-22.
- COURSEY, D.L., HOVIS, J.J., SCHULZE, W.D. (1987), "The Disparity Between Willingness to Accept and Willingness to Pay Measures of Value", *The Quarterly Journal of Economics* 102(3), pp679-690.
- DI MAURO, C., MAFFIOLETTI, A., (1996), « An Experimental Investigation of the Impact of Ambiguity on the Valuation of Self-Insurance and Self-protection », *Journal of Risk and Uncertainty*, n°13, pp53-71.
- DIONNE, G., EECKHOUDT, L. (1985), «Self-Insurance, Self-protection and Increased risk Aversion », *Economics Letters* 17, pp39-42.
- DUPUIS, A., LANGLAIS, E. (1997), « The basic analytics of insurance demand and the Rank-Dependent Expected utility model », *Finance*, vol 18, n°1, pp47-76.
- EECKHOUDT L., GOLLIER, C. (1992), « Les Risques Financiers : Evaluation, Gestion, Partage », collection « Ediscience International », Paris, p305.
- EHRlich I. et BECKER, G. (1972), « Market Insurance, Self-Insurance and Self-protection », *Journal of Political Economy*, 6, pp. 623-648.
- FRIEDMAN, M., SAVAGE, L.J. (1948), "The Utility Analysis of Choices Involving Risk", *Journal of Political Economy*, vol.56, pp279-304.
- GANDERTON, P.T, BROOKSHIRE, D.S, Mc KEE, M., STEWART, S., THURSTON, H. (2000), «Buying Insurance for Disaster-type Risks: Experimental Evidence », *Journal of Risk and Uncertainty*, 20:3, pp271-289.

GOLDSTEIN, J.P (1996), « Self-Insurance: the Case of Motorcycle Helmet », *The Journal of Risk and Insurance*, vol 63, n°2, pp313-322.

GOLLIER, C. (2003), « To Insure or not to Insure ? : An Insurance Puzzle », *The Geneva Paper on Risk and Insurance Theory*, n°28, pp5-24.

HARLESS, D.W, HOFFER, G.E (2003), « Testing for Offsetting Behavior and Adverse Recruitment Among Drivers of Airbag-Equipped Vehicles », *Journal of Risk and Insurance*, vol 70 n°4, pp629-650.

HIEBERT, L.D (1989), « Optimal Loss Reduction and Increases in Risk Aversion », *Journal of Risk and Insurance*, juin 1989.

HIEBERT, L.D (1983), « Self-insurance, Self-Protection and the Theory of the Competitive Firm », *Southern Economic Journal*, vol 50 n°1, juillet 1983, pp160-168.

KAHNEMAN, D., TVERSKY, A. (1979), “Prospect Theory: An Analysis of decision Under Risk”, *Econometrica* 47, pp263-291.

KONRAD, K.A, SKAPERDAS, S. (1993), « Self-Insurance and Self-protection: A Nonexpected Utility Analysis », *The Geneva Paper on Risk and Insurance Theory*, The Geneva Association, n°18, pp131-146.

LEE, K. (1998), « Risk Aversion and Self-Insurance-cum-Protection », *Journal of Risk and Uncertainty*, n°17, pp139-150.

LEWIS, T., NICKERSON, D. (1989), « Self-Insurance against Natural Disasters », *Journal of Environmental Economics and Management*, n°16, pp209-223.

MAHUL, O. (1998), « La gestion des risques de production en agriculture: le rôle de la prévention et de l'assurance », Université de Toulouse I, UFR de Sciences Economiques, thèse présentée le 27 mars 1998, p60.

Mc CLELLAND, G., SCHULTZE, W.D., COURSEY, D.L (1993), «Insurance for Low-Probability Hazards: A Bimodal Response to Unlikely Events », *Journal of Risk and Uncertainty*, n°7, pp95-116.

MOSSIN J. (1968), “Aspects of Rational Insurance Purchasing”, *Journal of Political Economy*, 76, pp553-568.

PETERSON, S.P, HOFFER, G.E., MILLNER, E. (1995), « Are Drivers of Air-bag Equipped Cars more Aggressive? A Test of the Offsetting Behavior Hypothesis », *Journal of Law and Economics*, n°38, pp265-279.

QUIGGIN, J. (1982), “A Theory of Anticipated utility”, *Journal of Economic Behavior and organization*, n°3, pp323-343.

QUIGGIN, J. (1991), «Comparative Statics for Rank-Dependent Expected Utility Theory», *Journal of Risk and Uncertainty*, 4, pp339-350.

SAVAGE, L.J. (1954), “The Foundations of Statistics”.New York, John Willey and Sons.

SCHMEIDLER, D. (1986), “Integral representation without additivity”, *Proceedings of am Math Society*, 97, pp255-261.

- SCHOEMAKER, P.J.H., KUNREUTHER, H.C. (1979), «An Experimental Study of Insurance Decisions », *Journal of Risk and Insurance*, n°46, décembre 1979, pp603-618.
- SEGAL, U. (1984), “Some remarks on Quiggin’s anticipated utility”, *Journal of Economic Behavior and Organization* 8, pp 145-154.
- SHOGREN, J.F. (1990), « The Impact of Self-Protection and Self-Insurance on individual response to Risk », *Journal of Risk and Uncertainty*, n°3, pp191-204.
- SHOGREN, J.F., CROCKER, T.D. (1994), « Rational Risk Valuation given Sequential Reduction Opportunities », *Economics letter*, n°44, pp241-248.
- STENGER, A. (2004), « Risk and Insurance in Forests : an experimental study on non industrial private forest owner in France in risky and ambiguous contexts », in site internet de EAERE : European Association of Environmental and Resource Economics, [en ligne] [eare2004.bkae.hu/download/paper/stenger2paper.doc](http://eare2004.bkae.hu/download/paper/stenger2paper.doc) (page consultée le 4 avril 2005)
- SWEENEY, G.H., BEARD, T.R (1992), « The Comparative Statics of Self-Protection », *Journal of Risk and Insurance* », n°59, pp301-309.
- YAARI, M. (1987), “The Dual Theory of Choice under Risk”, *Econometrica* 55, pp 95-116.

## **Chapitre II-2. La revue de la littérature portant sur l'analyse dynamique de la gestion forestière multifonctionnelle en univers risqué**

Nous présentons, dans un premier temps, les différents modèles économiques existants relatifs à l'analyse du comportement d'un propriétaire forestier en matière de gestion forestière face à un risque naturel puis, dans un second temps, les principales critiques et limites de ces modèles.

### **II.2.1. Les différents modèles économiques existants**

L'analyse économique du comportement d'un propriétaire forestier en terme de gestion forestière face à un risque naturel s'appuie sur la littérature économique des modèles de gestion d'une ressource naturelle renouvelable en univers risqué<sup>56</sup>. Cependant, dans le contexte des risques relatifs à la forêt, la spécificité de cette recherche est liée à la prise en compte des aspects de long terme, de décision séquentielle et irréversible, de partage de risque et de la dynamique de processus physiques, un enjeu clé en matière de risques forestiers.

L'analyse du comportement d'un propriétaire forestier a été initiée, en économie forestière, par le modèle fondamental de base de Faustmann-Pressler-Ohlin<sup>57</sup> qui a donné suite à de nombreuses extensions visant à lever les hypothèses fortes du cadre originel. Le modèle de Faustmann-Pressler-Ohlin constitue la première approche théorique finalisée décrivant d'un point économique le problème étudié. Ces auteurs visent à déterminer la date de coupe optimale qui maximise la valeur de la terre affectée à la forêt. Il s'agit d'un problème d'optimisation statique de la somme des revenus nets actualisés tirés de la production forestière sur un horizon infini. Le cadre de Faustmann est fondé sur un ensemble d'hypothèses qui ont été, pour certaines, levées. Les plus critiquées sont la prise en compte du risque et des préférences du propriétaire forestier ou l'intégration des biens et services non marchands procurés par la forêt.

Deux catégories de recherche se sont parallèlement développées. La première a eu pour objectif d'étendre le modèle de Faustmann-Pressler-Ohlin en intégrant les dynamiques des processus physiques et de la richesse, les décisions de consommation et d'épargne, le caractère multi-classes d'une forêt et aussi les revenus tirés des biens et services environnementaux ou récréatifs de la forêt. De cette catégorie, il en ressort actuellement un modèle de référence, celui de Salo et Tahvonen<sup>58</sup>, apportant des éléments de réflexion analytique et théorique sur les comportements des agents. Le propriétaire forestier est considéré ici comme un producteur-consommateur gérant une ressource

---

<sup>56</sup> Voir « Risk and Uncertainty in Environmental and Natural Resource Economics » edited by J. Wesseler, H.-P. Weikard and R.D. Weaver. Edward Elgar, MA, USA, 2002.

<sup>57</sup> Voir Samuelson, P. (1986). « Economics of forestry in a evolving society ». *Economic Inquiry*, 14, 466-492.

<sup>58</sup> Salo, S. et O. Tahvonen (2004). « Renewable resources with endogenous age classes and allocation of land », *American Journal of Agricultural Economics*, 86(2), 513-530.

naturelle renouvelable dont l'exploitation lui procure différentes sources de revenus, considérées comme économiquement indépendantes<sup>59</sup> mais physiquement liées, l'une issue de la production de bois et l'autre tirée des biens et services environnementaux. Toutefois la critique principale de ce modèle repose sur le caractère non risqué de l'environnement.

Cette hypothèse a été levée dans la deuxième catégorie de modèles qui repose sur le modèle séminal de Faustmann-Pressler-Ohlin mais en introduisant un risque de production. Les auteurs<sup>60</sup> de cette catégorie ont étendu la règle de décision optimale au cadre risqué, mais en conservant toujours un ensemble d'hypothèses fortes, souvent critiquées telles que l'optimisation statique, une seule classe de peuplement, l'absence des décisions épargne-consommation. Se sont aussi développés des travaux sur les préférences<sup>61</sup> des propriétaires forestières et plus précisément sur la quantification de l'attitude vis à vis du risque mais aussi vis à vis de la substitution intertemporelle, caractéristique indispensable à prendre en considération en univers risqué. D'autres se sont concentrés sur les décisions de couverture<sup>62</sup>.

La littérature d'économie forestière soulève l'importance de l'ensemble des caractéristiques prises en compte dans ces deux catégories de modèles mais il n'existe pas à l'heure actuelle de cadre assez général permettant de les intégrer toutes directement.

### **II.2.2. Les limites des modèles existants**

Actuellement, de nombreux auteurs<sup>63</sup> soulignent que les limites du modèle de Faustmann-Pressler-Ohlin nécessitent encore de nombreuses recherches. L'interdépendance entre plusieurs peuplements d'âges différents composant une forêt et les préférences des propriétaires forestiers ainsi que la relation entre production, consommation et épargne représentent les trois principales limites fondamentales de ce modèle. Différents auteurs se sont intéressés à chacune de ces limites mais aucun n'a tenté de lever simultanément ces trois critiques.

---

<sup>59</sup> Les auteurs ne cherchent pas à déterminer la combinaison de productions efficace.

<sup>60</sup> Voir les articles séminaux de W. Reed (« The effects of the risk of fire on the optimal rotation of a forest », *Journal of Environmental Economics and Management*, 1984, 11, 180-190, et de R. Haight, W. Smith et T. Starka (« Hurricanes and the economy of loblolly pine plantations », *Forest Science*, 1995, 41(4), 675-688).

<sup>61</sup> Voir T. Pukkala et J. Kangas (« A method for integrating risk and attitude toward risk into forest planning », *Forest Science*, 1996, 42(2), 198-205), J. Peltola et K. Knapp (« Recursive preferences in forest management », *Forest Science*, 2001, 47(4), 455-465), A. Stenger (« Risk and insurance in forests: an experimental study on non industrial private forest owners in France in risky and ambiguous contexts », 2004).

<sup>62</sup> Voir G.S. Amacher, A.S. Malik et R.G. Haight (« Not getting burned : the importance of fire prevention in forest management », *Land Economics*, 2005, 81(2), 284-302).

<sup>63</sup> Voir P. Johansson et K. Löfgren (« The economics of forestry and natural resources », 1985, Basil Blackwell, Oxford, UK), T. Pukkala et J. Kangas (op. cit), O. Tahvonen et S. Salo (« Optimal forest rotation with in Situ preferences », *Journal of Environmental Economics and Management*, 1999, 37, 106-128).



Certains auteurs<sup>64</sup> se sont concentrés sur la relation consommation et épargne dans le contexte de la gestion forestière. Pour ce faire ils utilisent un modèle de maximisation d'utilité tirée de la consommation sous différentes dynamiques, notamment celles du processus physique et de la richesse. Cependant, tous ces travaux se placent en univers certain et n'intègrent pas le risque dans leur analyse. D'autres travaux se sont intéressés à l'intégration du risque<sup>65</sup> dans les modèles de gestion forestière ainsi qu'à la prise en compte de l'aversion au risque des propriétaires forestiers<sup>66</sup>. Ce dernier point est généralement considéré grâce à une fonction d'utilité et le critère que cherche à maximiser le propriétaire forestier est celui de l'espérance d'utilité. Or, dans un tel cadre, l'effet de l'aversion au risque et celui de l'aversion vis-à-vis de la substitution intertemporelle ne peuvent pas être identifiés. L'aspect de long terme de la prise de décision dans la gestion forestière rend cette caractéristique problématique et exige la séparation de ces deux types de préférences : préférences vis-à-vis du risque et celle vis-à-vis du temps. Cette distinction peut être prise en considération dans un cadre d'utilité récursive. Dans la littérature en économie forestière, seuls deux travaux<sup>67</sup> se placent dans un tel cadre. Les auteurs concluent que les préférences temporelles ainsi que l'aversion au risque sont des facteurs fondamentaux explicatifs de la prise de décision des propriétaires forestiers. Cependant ces auteurs ne tiennent pas compte des décisions de consommation et d'épargne et considèrent uniquement le cas d'un peuplement équienné.

Enfin, d'autres auteurs<sup>68</sup> ont incorporé les dynamiques de peuplements de différentes classes d'âge dans le modèle de gestion forestière mais tous se situent dans un contexte déterministe.

Notre objectif est alors de concevoir un seul cadre d'analyse théorique. Il s'agit de concevoir un modèle dynamique de choix séquentiels décrivant le comportement d'un propriétaire forestier gérant une forêt gérée de façon durable. Ce modèle intègre aussi les décisions de consommation et d'épargne et prend en considération les préférences de l'agent face à un risque de production. Tel est l'objectif de la partie IV.

---

<sup>64</sup> Voir O. Tahvonen (« Bequests, credit rationing and in situ values in the Faustmann-Pressler-Ohlon forestry model », *Scandinavian Journal of Economics*, 1998, 100(4), 781-800), O. Tahvonen et S. Salo (op. cit, 1999), O. Tahvonen (« Optimal harvesting of forest age classes : a survey of some results », *Mathematical Population Studies*, 2004, 11, 205-232), J. Uusivuori et J. Kuuluvainen (« The harvesting decisions when a standing value forest with multiple age-classes has value », *American Journal of Agricultural Economics*, 2005, 87(1), 61-76.

<sup>65</sup> Voir W. Reed (op cit).

<sup>66</sup> Voir T. Pukkala et J. Kangas (op. cit) par exemple.

<sup>67</sup> Voir E. Koskela et M. Ollikainen (« Timber supply, amenity values and biological uncertainty », *Journal of Forest Economics*, 1999, 5(2), 285-304), J. Peltola et K. Knapp (« Recursive preferences in forest management », *Forest Science*, 2001, 47(4), 455-465).

<sup>68</sup> Voir O. Tahvonen (op. cit, 2004), J. Uusivuori et J. Kuuluvainen (op. cit, 2005).

## **Bibliographie**

- AMACHER, G.S., MALIK, A.S., HAIGHT, R.G. (2005), «Not getting burned : the importance of fire prevention in forest management », *Land Economics* 81(2), pp284-302.
- HAIGHT, R., SMITH, W., STARKA, T. (1995), «Hurricanes and the economy of loblolly pine plantations », *Forest Science* 41(4), pp675-688.
- JOHANSSON, P., LOFGREN, K., (1985), «The economics of forestry and natural resources», Basil Blackwell, Oxford, UK.
- KOSKELA, E., OLLIKAINEN, M. (1999), «Timber supply, amenity values and biological uncertainty », *Journal of Forest Economics* 5(2), pp285-304.
- PELTOLA, J., KNAPP, K. (2001), «Recursive preferences in forest management», *Forest Science* 47(4), pp455-465.
- PUKKALA, T., KANGAS, J. (1996), «A method for integrating risk and attitude toward risk into forest planning », *Forest Science* 42(2), pp198-205.
- REED, W. (1984), «The effects of the risk of fire on the optimal rotation of a forest», *Journal of Environmental Economics and Management* 11, pp180-190.
- SAMUELSON, P. (1986). «Economics of forestry in a evolving society », *Economic Inquiry*, 14, pp466-492.
- SALO, S., TAHVONEN, O. (2004), «Renewable resources with endogenous age classes and allocation of land», *American Journal of Agricultural Economics*, 86(2), pp513-530.
- STENGER, A. (2004), « Risk and Insurance in Forests : an experimental study on non industrial private forest owner in France in risky and ambiguous contexts », in site internet de EAERE : European Association of Environmental and Resource Economics, [en ligne] [eare2004.bkae.hu/download/paper/stenger2paper.doc](http://eare2004.bkae.hu/download/paper/stenger2paper.doc) (page consultée le 4 avril 2005)
- TAHVONEN, O. (1998), « Bequests, credit rationing and in situ values in the Faustmann-Pressler-Ohlon forestry model », *Scandinavian Journal of Economics* 100(4), pp781-800.
- TAHVONEN, O., SALO, S. (1999), «Optimal forest rotation with in Situ preferences », *Journal of Environmental Economics and Management* 37, pp106-128.
- TAHVONEN, O. (2004), «Optimal harvesting of forest age classes : a survey of some results», *Mathematical Population Studies* 11, pp205-232.
- UUSIVUORI, J., KUULUVAINEN, J. (2005), «The harvesting decisions when a standing value forest with multiple age-classes has value», *American Journal of Agricultural Economics* 87(1), pp61-76.
- WESSELER, H.P., WEIKARD, H.P., WEAVER, R.D. (2002), «Risk and Uncertainty in Environmental and Natural Resource Economics», Edward Elgar, MA, USA.

# **PARTIE III. L'analyse statique des mesures de couverture et de prévention contre les risques naturels en forêt**

Les comportements des propriétaires forestiers privés en matière de couverture et de prévention contre les risques naturels peuvent être étudiés sous l'angle de modèles théoriques explicatifs de la prise de décision d'agents économiques en situation risquée, que nous pouvons ensuite illustrer par expérimentation.

Quelques éléments de réflexion qualitatifs, applicables à notre problématique, sont obtenus à l'aide de modèles théoriques explicatifs du comportement d'agents économiques en situation risquée et sont présentés ici. Seule une synthèse courte de ces éléments est donnée ; les articles de recherche qui en ont constitué le support sont répertoriés en annexes.

## **Chapitre III-1. Auto-assurance, assurance et risques naturels : une application à la gestion forestière**

La première étude est présentée de manière détaillée dans le document « *Assurance et activités de réduction des risques en foresterie : une approche théorique* » donné en annexe 1. Seuls sont présentés ici le contexte, les objectifs ainsi que les principaux résultats issus de la statique comparative.

### *Le contexte :*

Les risques naturels sont caractérisés par une faible probabilité d'occurrence et des dommages très importants. Les spécificités de ces risques soulèvent de nombreux problèmes en matière d'assurabilité. Même s'il existe un marché de l'assurance privée contre ces risques en foresterie, on observe que très peu de propriétaires forestiers l'utilisent. Parallèlement à cette couverture, existent d'autres mesures reposant sur une plus grande responsabilisation des acteurs telles que les activités d'auto-assurance. Or, en pratique, ces actions sont très rarement pratiquées. Il ressort de cette situation que les propriétaires forestiers ont conscience de l'existence des risques naturels mais n'adoptent pas ou très peu de mesures de couverture. Parmi les principales causes de dysfonctionnements, l'inadaptabilité des instruments de couverture et de prévention aux caractéristiques des risques naturels semble

prépondérante. Mais avant de s'intéresser à ces instruments, il convient de comprendre le comportement d'un propriétaire forestier, en terme d'activité d'assurance ou d'auto-assurance, devant faire face à un risque naturel.

*L'objectif :*

Le problème de choix d'assurance ou d'auto-assurance et d'auto-protection en univers risqué a déjà été étudié dans la littérature. Cependant, les principaux modèles généraux existants ne tiennent pas compte des spécificités liées aux risques naturels telles que la prise en compte d'un cadre statique, de deux états du monde, d'un seul risque et d'une perte financière exogène. Ainsi, ce cadre est peu adapté à la problématique des risques naturels en forêt. L'objectif de cet article est, par conséquent, de combler ces lacunes. Nous allons donc modéliser le comportement d'un propriétaire forestier devant faire face à un risque naturel. Nous avons pour cela conçu un cadre d'analyse plus propice à l'étude des risques naturels en forêt, comprenant un nombre fini d'états de la nature et un niveau de perte multiplicatif.

*Les principaux résultats :*

Dans un tel cadre nous cherchons à valider les résultats standards obtenus dans la littérature existante. Nous montrons que les conditions d'optimalité changent mais que leur interprétation est identique. Un propriétaire forestier privé investira dans les activités d'auto-assurance tant que le bénéfice marginal retiré de cette activité est supérieur à son coût marginal. Nous obtenons des zones d'ambiguïté pour la statique comparative à la différence des modèles standards. Nous montrons que l'effet d'une hausse de la valeur du peuplement sur l'action d'auto-assurance dépend de trois effets : l'effet richesse, l'effet substitution et un troisième effet dit de perte qui n'apparaît pas dans les modèles standards, qui s'opposent. Si l'aversion absolue au risque est constante avec la richesse, alors seul l'effet perte est présent. Ainsi, face à une hausse de la valeur de son peuplement, le propriétaire forestier privé accroîtra ses activités d'auto-assurance. Si l'aversion absolue au risque est décroissante ou croissante, les trois effets se contrarient et il n'est alors pas possible de lever l'ambiguïté. Un propriétaire forestier peut, dans ce cas, réduire ou accroître ses activités d'auto-assurance face à une hausse de sa richesse. Nous montrons également que sous une hypothèse CARA ou DARA, alors un propriétaire forestier privé réduira toujours ses activités d'auto-assurance face à un coût de ces dernières plus élevées tandis que sous IARA il augmentera ses activités.

## **Annexe 1. Assurance et activités de réduction des risques en foresterie : une approche théorique**

**Marielle Brunette et Stéphane Couture**

Cet article a été présenté lors du 46<sup>ème</sup> congrès annuel de la Société canadienne de science économique à Montréal en mai 2006 et au Congrès annuel de l'Association Française de Science Economique à Paris en septembre 2006 sous le titre initial « Auto-assurance, assurance et risques naturels : une application à la gestion forestière ». Il a été **accepté pour publication à la Revue d'Études en Agriculture et Environnement/ Review of Agricultural and Environmental Studies** et est en cours de publication.

## **Chapitre III-2. L'impact de l'intervention publique sur les activités d'assurance et d'auto-assurance en gestion forestière risquée**

La deuxième étude nommée « *l'impact de l'intervention publique sur les activités d'assurance et d'auto-assurance en gestion forestière risquée* » repose sur l'article intitulé « *Public Compensation for Windstorm Damage Reduces Incentives for Risk Management Investments* » en annexe 2. Nous ciblons ici l'analyse sur l'effet de l'incidence de l'intervention publique sur les activités d'auto-assurance et d'assurance d'un propriétaire forestier privé face à un risque naturel. Après avoir présenté succinctement le contexte ainsi que l'objectif et la méthode, nous présenterons les principaux résultats.

### *Le contexte :*

Après une catastrophe naturelle d'ampleur exceptionnelle, l'Etat intervient pour indemniser les victimes de tels sinistres. Ainsi cette action pourrait expliquer le faible recours de la part des propriétaires forestiers privés aux activités de couverture et de prévention contre les risques naturels.

### *L'objectif et la méthode :*

L'objectif de cette étude est de valider la robustesse de cette explication dans un modèle théorique de choix d'assurance et d'auto-assurance plus général que le premier. Nous considérons plusieurs états de la nature mais nous supposons que la perte est ici exogène. Ce modèle met en exergue l'interaction entre l'assurance, l'auto-assurance et l'intervention publique.

### *Les résultats :*

Nous montrons que l'intervention publique incite les propriétaires forestiers privés à réduire leurs activités d'assurance ou d'auto-assurance adoptées contre les risques naturels. Nous utilisons les résultats de statique comparative obtenus dans notre cadre d'analyse pour étudier les effets d'instruments de politique tels que le contrôle direct de ces activités, la taxe sur la propriété et la subvention aux activités d'auto-assurance et d'assurance sur les décisions optimales de couverture et de prévention. Par exemple, imposer une taxe sur la valeur du peuplement aura pour effet, sous une hypothèse DARA, d'inciter le propriétaire forestier à accroître ses activités d'auto-assurance. Par contre, sous cette même hypothèse, une subvention à l'activité d'auto-assurance n'incitera pas un

propriétaire forestier à augmenter cette action mais aura un effet pervers au contraire dans le sens où elle le poussera à la réduire.

## **Annexe 2. Public Compensation for Windstorm Damage Reduces Incentives for Risk Management Investments**

**Marielle Brunette et Stéphane Couture**

Cet article a été présenté lors du Third World Congress of Environmental and Resource Economists à Kyoto en juillet 2006 et lors du colloque Recherches en économie forestière en France, Perspectives pour les sciences économiques et sociales, ECOFOR, à Paris en octobre 2006, sous le titre initial « The Impact of Public Intervention on Self-insurance and Insurance Activities in Risky Forest Management ». Il a été **accepté pour publication dans Forest Policy and Economics** et est en cours de publication.



### **Chapitre III-3. Une approche dynamique des activités d'épargne et d'auto-assurance en gestion forestière risquée**

La troisième étude « *Une approche dynamique des activités d'épargne et d'auto-assurance en gestion forestière risquée* » est tirée de l'article « *Amenities and Risk in Forest Management* » qui est donné en annexe 3. Nous ne présentons ici que le contexte, l'objectif de ce travail et quelques résultats.

#### *Le contexte :*

La forêt fournit des aménités qui peuvent être source d'utilités pour les propriétaires forestiers privés. Ainsi, lorsqu'un événement climatique exceptionnel se produit, les dommages engendrés sont de nature double : il affecte d'une part la production de bois et d'autre part l'utilité issue de l'aménité. Cette double conséquence a des incidences sur la prise de décision relative aux mesures de couverture et de prévention contre les risques naturels. De plus, la forêt étant un processus dynamique, l'aspect temporel s'avère alors important à intégrer dans l'analyse.

#### *L'objectif et la méthode:*

L'objectif de cette étude repose sur la construction d'un modèle visant à s'intéresser aux activités de protection (épargne ou action d'auto-assurance) d'un propriétaire forestier disposant d'un peuplement, source de revenus et d'aménités, face à un risque naturel. A la différence des deux précédents modèles, nous nous plaçons dans un cadre à deux périodes et intégrons l'utilité tirée des biens et services non marchands procurés par la forêt. Après avoir déterminé les choix optimaux, nous obtenons des résultats de statique comparative.

#### *Les principaux résultats :*

Nous définissons les règles de choix optimaux puis nous nous concentrons sur les décisions de récoltes pour des choix de mesures de couverture positifs. Quel que soit l'instrument de couverture choisi nous obtenons les mêmes règles de récoltes pour les deux périodes. Nous envisageons la possibilité de choisir les deux outils de couverture et nous montrons qu'il est optimal, pour le propriétaire forestier, non pas de choisir simultanément les deux mesures, mais de sélectionner l'une ou l'autre. Le propriétaire forestier sélectionne toujours la mesure qui présente le rendement le plus élevé. La présence des aménités a des effets ambigus sur les décisions de récolte optimales de première et de seconde périodes. Nous montrons également que le timing lié à la description de l'incertitude modifie

les décisions de récolte. Nous prouvons aussi une sensibilité différente des paramètres sur les deux outils de couverture. Un effet revenu, négatif, est présent. Un effet prix est aussi dégagé : une hausse du prix de première (seconde) période induit une récolte de première période plus (moins) forte et une récolte de seconde période plus (moins) faible.

### **Annexe 3. Amenities and Risk in Forest Management**

**Marielle Brunette, Stéphane Couture et Eric Langlais**

Cette article a été présenté lors des Journées Jeunes Chercheurs INRA, à Toulouse en avril 2007, du 47e congrès annuel de la Société canadienne de science économique à Québec en mai 2007, du 12th Joint Seminar of the European Association of Law and Economics and The Geneva Association à Lecce en juin 2007, du 2nd International Symposium on Economic Theory, Policy and Applications à Athènes en août 2007, du Milestone Colloquium à Freiburg en novembre 2007 et de la première Journées INRA-SFER à Paris en décembre 2007, sous le titre initial « A Dynamic Approach of Forest Owner Self-insurance Behavior in Risky Forest Management : Saving versus Sylvicultural Practices ». Il a également été présenté sous le titre cité au Financial and Economic Engineering Symposium à Agadir en juin 2008 et à la XIII International Conference on the Foundations and Applications of Utility, Risk and Decision Theory à Barcelone en juillet 2008.

Il a été **soumis pour publication dans Environmental and Resources Economics**.

## **Chapitre III-4. Une enquête expérimentale auprès des propriétaires forestiers privés**

La quatrième étude « *Une enquête expérimentale auprès des propriétaires forestiers privés* » porte sur une série d'expérimentations qui ont été réalisées auprès de propriétaires forestiers privés. Ce travail a fait l'objet d'un article intitulé « *Ambiguity, Government Intervention and Insurance Decision : an Experimental Study* » donné en annexe 4. Cette étude vise à valider empiriquement les résultats théoriques obtenus dans les modèles précédents.

### *Le contexte*

:

Lors de catastrophes naturelles d'ampleur exceptionnelle, l'Etat intervient pour indemniser partiellement les victimes de tels sinistres quelles que soient les mesures de protection ou de couverture prises par ces derniers. De plus, notamment dû au changement climatique, les risques naturels sont de nature ambiguë, rendant leur quantification incertaine. Il est admis intuitivement que ces deux facteurs ont des incidences fortes sur les décisions de couverture et de protection des propriétaires forestiers privés.

### *L'objectif et la méthode :*

Le principal objectif de cette étude est d'analyser l'impact sur les décisions d'assurance et d'auto-assurance des propriétaires forestiers privés de deux facteurs : le type de compensation ou d'aide fourni par le gouvernement et l'ambiguïté. Pour atteindre cet objectif, nous avons complété les précédents travaux théoriques déjà réalisés sur l'effet de compensation sur les décisions de couverture et de protection, en étudiant l'effet de l'ambiguïté sur ces décisions. Nous avons ensuite effectué une analyse empirique des choix de couverture et de prévention des propriétaires forestiers privés en privilégiant les méthodes expérimentales.

Nous avons cherché, dans notre expérimentation, à mettre en évidence l'incidence des instruments de politique sur les choix de couverture et de prévention d'une part, et l'effet du caractère incertain et ambigu de l'aléa sur ces décisions d'autre part. Plusieurs séries d'expérimentations ont été réalisées auprès de propriétaires forestiers privés localisés en région aquitaine. Les protocoles expérimentaux ont été conçus avec l'aide de psychologues et initialement testés auprès de quelques propriétaires forestiers et de leurs représentants puis effectués auprès des acteurs concernés.

*Les principaux résultats :*

A l'aide du modèle théorique réalisé, nous avons obtenu les prédictions théoriques suivantes répertoriées en deux catégories :

- Demande d'assurance et comportement face au risque ou à l'ambiguïté
  - ◆ Les propriétaires forestiers privés sont averses au risque. Sans compensation publique, ils choisissent la pleine assurance (P1).
  - ◆ Les propriétaires forestiers privés sont averses à l'ambiguïté. Ils présentent un consentement à payer pour l'assurance plus élevé pour un risque ambigu que pour un risque non ambigu (P2).
- Demande d'assurance et instruments de politique publique
  - ◆ En comparaison à une situation sans aide publique :
    - une compensation publique après sinistre forfaitaire réduit le consentement à payer des propriétaires forestiers pour l'assurance (P3),
    - une subvention à l'assurance peut augmenter ou réduire la disposition à payer des propriétaires forestiers pour l'assurance (P4).
  - ◆ Comparé à un programme de soutien public forfaitaire, un aide publique forfaitaire contingente à l'assurance augmente la disposition à payer des propriétaires forestiers pour l'assurance (P5).

Nous avons ensuite testé expérimentalement ces prédictions auprès des propriétaires forestiers privés. Nous montrons que la disposition à payer pour l'assurance est plus élevée pour une situation ambiguë que pour une situation risquée. De plus ce consentement sera d'autant plus important que le revenu tiré de l'activité forestière sera fort. Nous validons les prédictions théoriques P1, P2, P3. Les propriétaires forestiers sont averses au risque et à l'ambiguïté. La présence d'une aide publique forfaitaire après sinistre réduit l'assurance. La prédiction P4 est partiellement validée : nous montrons qu'une subvention à l'assurance réduit la disposition à payer pour l'assurance. Nous invalidons la prédiction P5. Le conditionnement des aides forfaitaires à l'assurance n'a pas d'effet significatif sur le consentement à payer des propriétaires forestiers.

## **Annexe 4. Ambiguity, Government Intervention and Insurance Decision : an Experimental Study**

**Marielle Brunette, Laure Cabantous, Stéphane Couture et Anne Stenger**

Cette article a été présenté lors de la 10th edition of the Experimental Economics Days à Dijon en mai 2008, du AFSE annual Thematic Meeting "Frontiers in Environmental Economics and Natural Resources Management" à Toulouse en juin 2008 et du Financial and Economic Engineering Symposium, à Agadir en juin 2008. Il sera présenté en septembre 2008 au congrès annuel de l'Association Française de Sciences Economiques à Paris et sera envoyé pour **soumission de publication à la revue Journal of Risk and Insurance.**

# **PARTIE IV. L'analyse dynamique de la gestion multifonctionnelle d'un peuplement en univers risqué**

La gestion forestière d'un peuplement en univers risqué est incontestablement un problème de choix dynamique où la composante temporelle est fondamentale. Il est de ce fait indispensable de raisonner dans un cadre d'analyse dynamique. La spécificité de ce travail, tant analytique que numérique, est aussi liée à la prise en compte des aspects de long terme, de décision séquentielle et irréversible, de partage de risque et de la dynamique des processus physiques, un enjeu clé en matière de risques forestiers. Les propriétaires forestiers considérés étant privés, leurs préférences font aussi constituer un élément moteur de leur prise de décision. C'est par l'intégration de l'ensemble de ces composantes qu'ont été élaborés les deux travaux que nous présentons en suivant, ces travaux reposant sur des approches appliquées mais l'un étant d'ordre plus théorique que le second. L'objectif de ces deux études est de proposer des outils d'aide à la décision pour une gestion durable et efficace d'un peuplement face à un risque naturel, utilisables tant par les propriétaires forestiers privés, pour prendre les décisions optimales, que par les décideurs publics pour tester les effets d'instruments de politique économique sur ces choix optimaux.

## **Chapitre IV-1. La gestion forestière face à un risque d'incendie lorsque la séquestration du carbone a une valeur**

La première étude est présentée de manière détaillée dans le document « *Forest Management Under Fire Risk When Forest Carbon Sequestration Has Value* » donné en annexe 5. Seuls sont présentés ici le contexte, les objectifs ainsi que les principaux résultats.

*Le contexte :*

L'Etat entend désormais définir une politique de gestion globale de la ressource forestière reposant sur le principe de gestion durable et multifonctionnelle des forêts et impliquant les propriétaires privés. Paradoxalement, alors que la collectivité tend à conférer une importance croissante aux services écologiques et récréatifs assurés par la forêt, l'absence explicite de valorisation monétaire de ces

services conduit implicitement les acteurs économiques à leur attribuer une valeur nulle lors des processus de décision. Le maintien d'un équilibre entre les différents rôles de la forêt devient parfois de plus en plus difficile à assurer sur le plan financier pour le propriétaire forestier privé. C'est pourquoi une des préoccupations fondamentales de l'Etat est de définir les instruments économiques incitatifs les mieux adaptés à cet objectif.

La forêt fournit au propriétaire forestier privé des revenus issus de la production de bois mais aussi d'autres biens et services qui, peuvent, à l'écart de tout processus marchand, être actuellement mesurés en terme économique, comme la fixation de carbone. Il est alors possible d'intégrer ces revenus dans l'analyse. De plus, les risques catastrophiques entraînent souvent la destruction partielle ou totale des peuplements et, outre le préjudice portant sur la production de bois, ont des conséquences sur les autres fonctions, par exemple en libérant le carbone fixé lors de la croissance des peuplements. Ces différents aspects (risque, usage multi-fonctionnel de la forêt) sont souvent négligés dans l'analyse de la prise de décision des propriétaires forestiers ; telle est notre problématique.

#### *Les objectifs :*

L'objet de cette recherche vise donc à proposer un cadre d'analyse général intégrant ces différents éléments (risque et multifonctionnalité) afin, d'une part, d'apporter des éléments de réflexion et de discussion sur la façon de formaliser le comportement des sylviculteurs face à un risque naturel en tenant compte du caractère multi-fonctionnel de la forêt, et d'autre part, d'engager une réflexion sur les performances des outils de politique publique (taxes, subventions) susceptibles de réguler économiquement les impacts de l'activité forestière sur l'environnement en tenant compte des risques encourus. Le modèle dynamique de gestion multifonctionnelle d'un peuplement en situation risquée réalisé vise à formaliser la prise de décision d'un propriétaire forestier en matière de choix relatifs à la gestion de son peuplement lorsque ce dernier fait face à un risque d'incendie et lorsque l'externalité qu'engendre la forêt, par sa capacité à réduire le niveau du dioxyde de carbone de l'air et donc de l'effet de serre, est source de revenus supplémentaires. Le devenir du carbone séquestré dans le bois coupé est explicitement pris en compte dans la modélisation. Ce modèle a aussi pour objectif d'analyser les interactions entre production forestière, carbone et risque.

#### *Principaux résultats :*

Après avoir formalisé analytiquement le comportement du propriétaire forestier, nous avons réalisé une procédure de résolution numérique du modèle. Nous avons calibré ce modèle pour un propriétaire forestier type représentatif de la région aquitaine. Nous avons étudié la sensibilité de la gestion forestière, de l'arbitrage entre consommation et épargne et du niveau de carbone séquestré aux variations de certains paramètres comme la taille de la propriété forestière, le risque, l'aversion au



risque, le prix du carbone. Nous montrons qu'en présence d'un risque et d'un prix de carbone donnés, plus la taille de la forêt est grande moins l'âge de coupe est important. De même ce comportement est noté lorsque le risque d'incendie augmente. Nous dégageons aussi des couples risque / prix du carbone permettant d'atteindre un âge de coupe donné. Plus le propriétaire forestier est riscophobe plus il diminue l'âge de coupe en présence de risque et de prix de carbone positif. Nous dégageons aussi les implications de ces résultats sur l'étude des effets d'instruments de politique publique sur les décisions optimales du propriétaire forestier privé ainsi que sur le stock de carbone séquestré dans le bois.

## **Annexe 5. Forest Management Under Fire Risk When Forest Carbon Sequestration Has Value**

**Stéphane Couture et Arnaud Reynaud**

Cet article a été présenté lors du Workshop Southern Forest Economics à Knoxville (Tennessee) en mars 2006, du 15th annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists, et du Workshop on Carbon Sequestration in Agriculture and Forestry à Thessalonique en juin 2007.

Il a été **soumis pour publication dans Environmental and Resources Economics**.

## **Chapitre IV-2. La gestion multifonctionnelle forestière en univers risqué : un outil numérique d'aide à la décision**

La seconde étude est présentée de manière détaillée dans le document « *Prise en compte de la fonction stockage de carbone dans les choix de gestion* » donné en annexe 6. Seuls sont présentés ici le contexte, les objectifs ainsi que les principaux résultats.

Cette étude a pour objectif de proposer un outil d'aide à la décision pour les propriétaires forestiers gérant de façon multifonctionnelle leur peuplement et faisant face à un risque d'incendie.

### *Le contexte :*

Il est admis que les propriétaires forestiers privés doivent gérer leur forêt en tenant compte des différentes fonctions qu'elle génère. La fonction de carbone peut être facilement prise en compte en incitant les propriétaires forestiers à choisir des âges d'exploitabilité relativement élevés. Cependant, à l'heure actuelle, les propriétaires forestiers privés n'ont aucune incitation monétaire à réaliser une telle pratique. De plus il n'existe pas de données permettant de quantifier le manque à gagner lié à une telle pratique d'une part et d'évaluer l'influence de l'âge de coupe sur la quantité de dioxyde de carbone stocké selon le mode de pratique sylvicole d'autre part.

### *Les objectifs :*

Les objectifs de cette étude sont d'une part de mesurer l'incidence de l'âge d'exploitabilité sur le carbone séquestré dans le bois et d'autre part de quantifier les pertes de revenu liées à la fixation de date de coupe incitant à la séquestration du carbone. Pourra être ainsi déterminé le prix unitaire du carbone permettant de compenser le manque à gagner dû au choix d'un âge d'exploitabilité plus élevé.

### *Principaux résultats :*

Un outil de simulation, facilement utilisable (programme Excel), a été réalisé. Cet outil permet de voir l'incidence de l'âge d'exploitabilité sur le carbone stocké dans le bois mais aussi sur les produits issus de ce bois. Différentes données telles que le choix de pratiques sylvicoles (futaie régulière ou irrégulière), les données de production, de prix et de coûts, le taux d'actualisation, le risque et le choix d'assurance, doivent être complétées pour lancer le programme. Ainsi différents scénarios, propres à chaque propriétaire forestier, peuvent être envisagés et testés. Il en ressort alors un nombre important de simulations et de résultats liant revenu de la production, carbone séquestré et risque.

Par exemple, si l'âge d'exploitabilité optimal d'un propriétaire forestier donné est de 50 ans. S'il choisit un âge d'exploitabilité plus élevé, il va perdre individuellement mais il contribuera à stocker une part plus importante de carbone à longue durée de vie. Si le gouvernement décide de lui imposer un âge de coupe de 60 et non 50 ans, alors son capital baissera de 142 euros mais il contribuera à stocker 0,43 tonnes de carbone supplémentaires par hectare et par an. Ainsi, en appliquant un taux d'actualisation de 4%, le prix unitaire de la tonne de carbone permettant de compenser le manque à gagner est de 13,19 euros par tonne.

## **Annexe 6. Prise en compte de la fonction stockage de carbone dans les choix de gestion**

**Max Bruciamacchie**

Cet article présente les fondements, la conception ainsi que les utilisations possibles de l'outil de simulation conçu par son auteur.