
APPROCHE METHODOLOGIQUE POUR L'AIDE A LA DECISION D'AMENAGEMENT POUR LA PROTECTION CONTRE LES INCENDIES DE FORETS

Équipes partenaires :

Cemagref Institut pour la recherche sur l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement
GREQAM Groupe de Recherche en Économie Quantitative d'Aix Marseille EHESS/CNRS
M T D A Agence Conseil en Environnement

Objectif :

Approche méthodologique des conditions de réalisation d'une analyse coût bénéfice fondée sur une modélisation de scénarios de feux.

Durée : 24 mois

1. CONTEXTE

La protection contre les incendies de forêt repose sur un double dispositif de prévention et de lutte. La prévention intervient pour limiter les départs de feux et leur propagation, elle a pour objet de limiter l'usage de la lutte directe et de la rendre plus efficace. La lutte directe, quant à elle, est menée une fois le feu déclenché pour protéger par priorité les personnes, les biens et en dernier lieu la forêt.

L'efficacité générale du dispositif a fait ses preuves si l'on considère que, dans les dernières années, les surfaces annuellement brûlées ont diminué malgré l'augmentation régulière des surfaces boisées et celle de la biomasse à l'hectare.

Encore faut-il noter que l'on ne fait pas bien la part dans ce succès relatif de ce qui revient à l'efficacité de la prévention et de la lutte, de ce qui revient à des années climatiques plutôt favorables.

Quoiqu'il en soit et malgré ce flou sur l'efficacité des moyens engagés, on peut se convaincre que, la surface brûlée diminuant tandis que le volume et la surface de bois augmentent, il est de plus en plus nécessaire, sauf à réviser l'objectif général de protection, de maintenir une pression forte de prévention et d'intervention.

On peut ajouter que la dangerosité des feux potentiels à venir, en d'autres termes l'exposition des enjeux ou des vulnérabilités, augmente également.

En effet, l'accroissement des surfaces forestières, les accrus forestiers, se développent souvent au détriment d'espaces agricoles qui pouvaient tenir lieu d'interface de protection entre les espaces urbanisés et les espaces agricoles.

Simultanément à l'extension des espaces urbanisés ce phénomène provoque l'interpénétration de plus en plus poussée des zones d'habitats avec les zones boisées.

Cet accroissement important du risque "périurbain" a été illustré par de grands feux tels que celui de Marseille en 1997. On peut donc supposer que pour maintenir le niveau actuel de protection contre les feux il faudra non pas maintenir, mais bien augmenter les moyens et/ou, et cela est l'objet de cette proposition, tenter d'améliorer l'efficacité des moyens existants.

Or, améliorer l'efficacité du dispositif suppose de disposer d'une méthode pour arbitrer entre différentes possibilités d'aménagement. Ce n'est pas le cas actuellement en dehors des critères fournis à dire d'expert, dont on ne connaît pas le champ de pertinence.

2. OBJECTIF DE LA RECHERCHE

L'objectif général est de proposer une méthodologie permettant d'étayer la décision en matière de choix d'investissements pour ce qui concerne l'aménagement préventif pour la protection contre les incendies de forêt.

Cette méthode doit permettre d'orienter le choix entre différentes solutions techniques en tenant compte d'une part des impacts potentiels que chacune de ces solutions peut induire pour l'avenir, en tenant compte d'autre part du coût de mise en œuvre.

Pour illustrer la question posée, on peut prendre l'exemple de l'aménagement des pistes DFCI.

Sur un massif donné le choix peut être soit de ne rien faire, soit de créer de nouvelles pistes de gabarit donné, soit enfin d'entretenir l'existant en tout ou partie.

La solution retenue aura bien entendu des effets directs sur l'efficacité de protection du massif.

Elle doit être adoptée en tenant compte des possibilités de financement et des enjeux à protéger.

Cette décision relève donc d'une évaluation de type *coût-bénéfice* des décisions d'investissement et des dégâts évités.

On a parfois tendance à limiter l'étude économique de type analyse coûts-bénéfices à l'évaluation monétaire des coûts mis en œuvre et à celle des impacts attendus.

Cette approche purement comptable est très réductrice. En effet, dans une approche économique globale, d'autres composantes méritent d'être prises en compte.

Sans chercher à être exhaustif, on peut notamment citer les composantes physiques et les techniques disponibles, mais aussi les éléments institutionnels et juridiques, les caractéristiques sociales des populations concernées, l'aversion pour le risque ou acceptabilité, le caractère dynamique de la décision,...

Un des objets du présent projet est de montrer qu'il est possible d'élaborer des outils d'aide à la décision publique en tenant compte des différentes composantes mentionnées.

L'objectif est de proposer une méthodologie pour aborder cette question dans sa complexité. Il s'agit bien d'une méthodologie plus que d'une méthode au sens où, on ne peut espérer sur la durée du travail aboutir à une solution définitive transposable à toute situation.

3. PRINCIPE DE LA DEMARCHE

3.1 Les difficultés à traiter pour aborder la question posée sont de trois ordres.

Elles résultent de ce que le risque peut être défini comme croisement de l'aléa et de la vulnérabilité, compte tenu des protections mises œuvre, et que son évaluation globale passe par l'évaluation des termes qui le composent.

1. La première série de difficultés tient à ce que l'on ne dispose pas d'éléments de mesure de l'efficacité d'une méthode de prévention.

On peut certes supposer que pour une technique de prévention donnée, l'efficacité augmente avec le niveau d'investissement.

Mais cette augmentation n'est sans doute pas proportionnelle.

Ainsi doubler le kilométrage de pistes DFCI améliorerait sans doute le dispositif, mais rien n'assure que son efficacité mesurée en surface brûlée serait "doublée".

Cela est d'ailleurs vrai s'il s'agit de diminuer le linéaire entretenu.

Cet effet non proportionnel de l'action sur une mesure tient à ce que l'efficacité d'une mesure ne peut qu'artificiellement être dissociée de l'effet du dispositif dans son ensemble.

De ce fait et *a fortiori*, on conçoit la difficulté de comparer deux méthodes de prévention et d'arbitrer un choix d'investissement.

2. La seconde difficulté tient à ce que le volume de prévention mis en œuvre doit logiquement être proportionné à l'aléa.

En effet, moins le feu a de chances de démarrer, plus sa propagation potentielle est faible, et plus sa puissance potentielle est faible, plus l'investissement préventif peut être réduit par rapport à celui à réaliser dans une zone où les enjeux sont identiques, mais où l'aléa est plus fort.

Il faudrait donc en toute logique être capable d'évaluer précisément le niveau d'aléa de l'incendie dans un massif donné, zone par zone, pour être capable de comparer ce niveau d'aléa au sein du massif ou, d'un massif à l'autre.

Or, actuellement, si différentes méthodes d'évaluation de l'aléa ont été proposées et sont utilisées, aucune d'entre elles ne peut se prévaloir d'une validation scientifique irréfutable qui permettrait de l'adopter comme méthode de référence.

3. La troisième série de difficultés tient aux aspects économiques de la question. Ces aspects économiques concernent deux volets.

D'abord, on peut considérer qu'il s'agit en termes économiques d'optimiser une fonction d'investissement en techniques d'aménagement sous une contrainte budgétaire.

Cela suppose alors de connaître les coûts des dits aménagements.

Cette question n'est pas aussi simple qu'il y paraît dans la mesure où ces coûts sont constitués pour une part probablement importante de coûts indirects générés par des services divers qui ne tiennent généralement pas de comptabilité analytique.

Le second volet est le plus délicat.

Il consiste à tenir compte des "bénéfices" escomptés des méthodes de prévention. Il s'agit, une fois déterminée la part des dégâts statistiquement évitée, d'en estimer la valeur monétaire.

Cela est un élément important de la décision d'investissement puisque la rationalité économique suppose que le "rendement" de l'investissement soit le meilleur possible.

La difficulté de cette évaluation, on le sait, tient à ce que les dégâts potentiels concernent des biens marchands, tels que le bois lui-même ou des constructions diverses, mais concernent aussi des biens non marchands tels notamment que le paysage le patrimoine historique ou écologique ... et la vie humaine.

Le principe de la méthode proposée consistera donc à articuler une analyse des événements potentiels compte tenu des niveaux d'équipement, voire des projets d'investissement pour préparer une analyse de type coût-bénéfice fournissant des arguments à la prise de décision relative à ces équipements.

3.2 Partir de l'élaboration de scénarios d'incendie

La question étant trop complexe pour être abordée analytiquement point par point puis recomposée dans un modèle décisionnel final, il est proposé de travailler directement sur des situations complexes que l'on appelle *scénarios*.

Nous appelons scénario la description d'un feu qui s'est produit ou qui pourrait se produire sur un massif donné.

Ce scénario comporte des éléments descriptifs concernant la situation de départ du feu, sa propagation, les modalités de son extinction et les dégâts commis.

A partir d'un scénario donné on peut donc imaginer un ou plusieurs nouveaux scénarios en faisant une hypothèse sur la modification d'un facteur, par exemple, la présence ou l'absence d'un aménagement, la vitesse du vent...

L'élaboration de ces scénarios comportera plusieurs étapes.

3.2.1 Etape 1 : Le choix d'un site réel

Il s'agit de partir d'une situation concrète pour, dans une démarche constructiviste, élaborer et caler la méthode en fonction des difficultés qui surviennent.

Le chemin se fait en marchant. Le site doit être à l'échelle de la décision d'aménagement.

On se propose donc de travailler sur l'aire d'un PIDAF (Plan Intercommunal de Débroussaillage et d'Aménagement Forestier).

Les documents liés à l'élaboration du PIDAF seront un apport précieux pour la description de la situation initiale, mais aussi pour la prise en compte de projets d'aménagements réalisés ou non.

L'argumentation qui a prévalu entre les services et leurs experts lors de l'élaboration et la mise en œuvre du PIDAF sera une source d'information sur les objectifs généraux de protection et l'évaluation du risque retenue.

3.2.2 Etape 2 : L'élaboration proprement dite des scénarios

Il s'agit d'élaborer des scénarios vraisemblables, soit en partant d'événements réels, soit en partant de descriptions déjà contenues dans les documents du PIDAF soit encore en les construisant de toute pièce.

Ces différents scénarios représenteront différents niveaux de catastrophe depuis un feu rapidement maîtrisé et sans conséquences, jusqu'à des feux incontrôlables et très destructeurs.

Quelques scénarios intermédiaires seront décrits en précisant les facteurs qui les ont provoqués.

L'aspect vraisemblable de ces scénarios tiendra à plusieurs éléments.

D'abord les éléments objectifs tels que la force potentielle du vent, la biomasse, les facteurs d'éclosion seront évalués.

Les données seront sans doute disponibles dans le PIDAF.

En second lieu, la vraisemblance tiendra pour une grande part à la probabilité d'occurrence affectée au scénario.

Cette étape sera donc particulièrement soignée. (Voir point suivant.)

3.2.3 Etape 3 : Evaluation de la probabilité des scénarios

La protection contre les risques doit tenir compte de ce que les événements catastrophiques, c'est à dire très destructeurs, sont les plus rares.

Le niveau d'investissement pour s'en prémunir est aussi très élevé. Il y a donc lieu d'évaluer la probabilité des scénarios.

Cette probabilité pourra dans un premier temps être estimée à dire d'experts, de façon globale, compte tenu de l'histoire régionale.

Cette évaluation sera confrontée à une approche plus analytique (voir ci-dessous).

3.2.4 Etape 4 : Analyse des conséquences des scénarios

Une fois le scénario de feu reconstitué et les circonstances précisées il conviendra de déterminer, là encore de façon vraisemblable, les conséquences du feu en termes de dégâts.

Cette étape fait partie de l'élaboration des scénarios, mais elle mérite d'être mise en relief compte tenu de la difficulté de sa mise en œuvre.

En effet les dégâts tiennent compte du passage du feu, mais aussi de sa puissance au moment du passage. Lorsque la destruction n'est que partielle son évaluation est difficile, *a fortiori* s'il s'agit de scénarios imaginés plus que constatés.

3.2.5 Etape 5 : Confrontation des scénarios et leurs conséquences à un "comité" d'experts

La vraisemblance des scénarios élaborés, définie aux trois paragraphes précédents, sera soumise à des experts, notamment des experts locaux dont l'expérience peut dans une certaine mesure garder d'erreurs d'appréciation liées à la méconnaissance du terrain.

Cette confrontation permettra par ailleurs selon les différences d'appréciation enregistrées lors des discussions, de mesurer ce qui relève de l'arbitraire de la décision, de ce qui résulte de façon plus consensuelle d'une réelle connaissance des phénomènes.

Cela permettra de pointer les obstacles méthodologiques ou techniques à lever pour améliorer la démarche proposée.

Ce comité, informel, sera donc consulté en groupe ou individuellement.

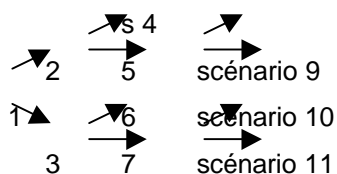
Il sera composé d'experts de la prévention et de la lutte, ainsi que d'experts locaux notamment ceux qui ont élaboré le PIDAF.

3.3 Articuler les scénarios dans une arborescence

Ayant élaboré les scénarios et disposant de ce fait d'un ensemble de situations dynamiques résultant de certains facteurs tels que, les conditions météo, la présence d'aménagements de prévention, la rapidité d'intervention de moyens directs, etc.... il sera possible, c'est l'hypothèse qui est faite, de "reclasser" ces scénarios dans une arborescence générale dont les nœuds figurent une occurrence différente d'un ou plusieurs facteurs.

Par exemple deux scénarios, l'un de feu arrêté au stade "naissant" (4) par les moyens aériens, l'autre s'étant propagé (11), pourront être articulés dans un arbre où la cause d'allumage est commune mais où le nœud est constitué par l'arrivée des moyens aériens (ou le temps de détection...).

On pourra ainsi reconstituer une arborescence constituée de scénarios depuis les plus anodins jusqu'aux plus catastrophiques articulés par des dérivations qui représentent des alternatives relatives aux facteurs de développement de l'incendie.



On peut bien entendu concevoir que dans la pratique, scénarios et arborescence seront en réalité, construits simultanément.

L'intérêt de construire une telle arborescence par rapport à un simple échantillonnage de scénarios, c'est d'abord que cette arborescence permet de visualiser comment les scénarios retenus et décrits ont été choisis par rapport à une infinité possible.

Par ailleurs l'arborescence représente ou au moins symbolise l'échelle des cas possibles au sens où, entre deux scénarios extrêmes, les variations de facteurs produisent des scénarios intermédiaires en termes de dégâts.

Enfin la cascade d'événements représentés dans l'arborescence permettant d'aboutir aux différents scénarios retenus permet de visualiser les bifurcations liés à la conjonction à un moment donné de différents facteurs favorables ou défavorables.

Chacune de ces bifurcations doit alors être affectée d'une probabilité locale dont la compilation sur le chemin menant à un scénario donné, mesure la probabilité globale de ce scénario.

Cette reconstitution de la probabilité des scénarios peut alors être comparée à l'évaluation globale à dire d'experts mentionnée précédemment.

3.4 Evaluer le dispositif au plan économique

La pertinence des choix d'investissement et leur efficacité au regard des objectifs fixés ne peut se passer, même si ce n'est pas le seul facteur de décision, de critères économiques.

A budget donné, nous l'avons dit, il est rationnel de tirer le meilleur parti des choix d'aménagement de prévention.

Ces critères économiques sont tout naturellement, d'une part les coûts mis en œuvre et d'autre part les bénéfices escomptés ou réellement observés. Il s'agit donc d'élaborer les bases d'une application de la méthode coût-bénéfice sur le massif qui sert de terrain d'étude.

L'élaboration des scénarios ayant permis de décrire des situations réelles ou potentielles d'incendies, en précisant notamment les dégâts advenus mais aussi les probabilités d'occurrence, on peut tenter sur cette base de donner des indications économiques de type coût bénéfice.

Il ne s'agit pas dans le cadre de ce travail de mettre en œuvre une méthode lourde d'investigation sur l'analyse des coûts des dispositifs de prévention, et moins encore sur l'estimation de la valeur de la forêt et des externalités produites.

Il s'agit plus ici de déterminer le niveau de précision que nécessiteraient ces investigations pour rester homogène avec le niveau d'incertitude lié à la description des scénarios et partant, pour représenter un critère crédible aux yeux des services chargés de l'aménagement.

En d'autres termes, il semble irréaliste sinon inutile de prévoir une recherche lourde et probablement controversée d'analyse des valeurs, notamment les valeurs non marchandes de la forêt, si l'on ne dispose pas d'un protocole validé de prise en compte dans la décision.

Ainsi la connaissance précise de la valeur d'une vulnérabilité est de peu d'intérêt si l'on ne maîtrise pas la probabilité de destruction.

Cela bien entendu ne remet pas en cause l'intérêt de telles recherches, mais relativise leur utilisation dans le cadre de ce travail.

Il s'agit de proposer une méthode globale homogène, de la valider auprès d'utilisateurs et dans mesurer la marge de progrès.

La confrontation à quelques experts sera donc nécessaire également à cette étape.

3.4.1 Etat de l'art en matière de méthodes d'estimation des "bénéfices" liés à la forêt

L'évaluation des pertes évitées (l'évaluation des bénéfices issus de la mise en œuvre des méthodes de protection) constitue une opération délicate car, on ne peut généralement pas relier une méthode de protection prise isolément avec des pertes évitées.

De plus, la définition des bénéfices pose problème pour tout ce qui concerne les biens non marchands (le paysage par exemple) voire, le préjudice moral (les représentations). Les méthodes d'évaluation économique sont dans ce domaine complexes et controversées.

Dans le cadre de ce travail, nous proposons de recenser les méthodes et les résultats locaux disponibles, pour en étudier la pertinence relativement au domaine exploré.

Les données disponibles seront utilisées, dans la mesure du possible, et avec toutes les précautions qui s'imposent, pour illustrer la méthode proposée.

Les méthodes dont nous chercherons à tirer parti pour les appliquer aux scénarios envisagés seront pour l'essentiel les analyses contingentes, et l'analyse hédoniste.

Ce travail s'insère dans l'optique de l'approche globale évoquée précédemment : il permettra d'apporter quelques éléments d'évaluation, mais aussi des éléments de cahier des charges pour la réalisation éventuelle d'études exhaustives sur ces questions.

Il ne s'agit donc pas de réaliser une étude spécifique dans un massif donné de la valeur patrimoniale de chaque parcelle ou de chaque type de peuplement.

Il s'agit d'un travail d'inventaire permettant de mesurer l'adéquation des besoins et des moyens disponibles en la matière.

Il devrait toutefois permettre d'illustrer le travail d'élaboration des scénarios, ou, à défaut de dresser la nature des investigations à réaliser en priorité.

3.4.2 Analyse des coûts de la DFCI

Pour chaque ramification de l'arborescence des coûts *directs* ou *fixes* peuvent être engendrés.

Cette distinction entre coûts directs et coûts fixes méritera d'être approfondie car il est difficile parfois, d'attribuer les coûts, et cette distinction peut s'avérer non pertinente.

On conçoit aisément que l'on ne peut se contenter d'évaluer le coût direct d'une méthode quelle qu'elle soit, sans la replacer dans un contexte.

En d'autres termes il y aura lieu de proposer des pistes d'évaluation globale des coûts de la protection attachés à tout ou partie de l'arborescence des scénarios.

On ne peut en effet pas raisonner sur un feu, pris isolément, mais il faut le faire sur une population de feux, voire sur tout une période « feux de forêt ».

De même, les coûts sont engagés à des niveaux géographiques différents, ce qui implique de les affecter à des populations de sinistres différentes.

Il s'agira donc dans le cadre de ce projet de faire un état des lieux des évaluations existantes des coûts de la DFCI.

Cela n'exclut pas quelques investigations spécifiques en fonction des besoins, notamment pour ce qui concerne les coûts dont l'évaluation peut relever de la consultation de documents comptables.

L'information sera plus particulièrement recherchée auprès des administrations et collectivités locales compétentes.

Cette approche critique permettra de proposer des pistes pour un travail systématique dans ce domaine. Cette étude permettra aussi de fixer des "ordres de grandeur" à dire d'experts, qui permettront un premier travail de synthèse générale sur la démarche d'ensemble proposée.

3.5 Envisager des scénarios alternatifs et paramétrer les scénarios

La première partie du travail ayant fourni une méthodologie pour construire des scénarios, les replacer dans un schéma général d'événements possibles, l'arborescence, puis ayant introduit une évaluation économique, on peut imaginer de faire varier les scénarios en introduisant des hypothèses sur le niveau d'équipement préventif du massif étudié.

Sur le plan théorique cela ne pose pas de difficulté particulière puisqu'il s'agit en quelque sorte de réutiliser la démarche élaboré dans un cas légèrement différent, un cas où un paramètre d'équipement a varié.

Au plan pratique en revanche on conçoit que l'exercice est périlleux puisqu'il doit de manière fine discriminer les événements liés à des circonstances peu différentes et en évaluer les conséquences physiques et économiques.

Il s'agira donc dans un premier temps de choisir des différences suffisamment significatives pour que les différences observées ne soient pas noyées dans l'erreur générale inhérente à l'imprécision de la méthode.

L'enjeu lié à cette étape du travail est d'importance puisqu'en fonction de la crédibilité des résultats obtenus, c'est un outil puissant d'aide à la décision qui peut être envisagé.

En effet pouvoir comparer deux situations d'équipement différentes constitue un outil de simulation qui permettra en fonction des paramètres introduits dans le modèle, du "risque considéré comme acceptable, et des choix économiques, de rationaliser la décision ou, au moins, de la justifier, ce qui n'est déjà pas inutile dans un contexte de responsabilisation juridique de la décision publique.

Une autre façon d'exploiter le modèle constitué par l'arborescence des scénarios consistera à paramétrer les valeurs retenues.

Les valeurs des dégâts, des coûts, des bénéfices sont en effet situées dans des fourchettes qui peuvent constituer la base d'un paramétrage.

Ce paramétrage peut permettre de tracer des graphiques comportant sur chacun des deux axes, par exemple les dégâts potentiels estimés, au regard du niveau d'investissement faisant ainsi ressortir l'importance de la marge d'erreur dans la décision finale, mais aussi le niveau de dégât implicitement assumé par une décision donnée.

Ce travail, s'il aboutit, constitue une généralisation du modèle constitué par l'arborescence.

4. RESULTATS ATTENDUS ET VALORISATION

4.1 Les résultats attendus

Il s'agit d'abord de jeter les bases d'une méthode rationalisée d'appui à la décision publique en matière d'équipement pour la protection contre les incendies de forêt.

Il s'agit donc d'une démarche qui doit être transposable en situation réelle de décision.

Pour cela elle doit reposer sur un schéma crédible de description de scénarios.

Elle repose aussi sur un chiffrage économique dont la crédibilité repose moins sur la précision de la technique de chiffrage que sur le consensus qu'il peut dégager et sur la cohérence d'ensemble en matière de précision du travail.

Cette méthode peut déboucher sur l'expertise d'un schéma général d'équipement d'un massif ou plus particulièrement sur l'appréciation de la pertinence d'un investissement particulier pour la prévention.

En d'autres termes elle pourra permettre de justifier au mieux les choix réalisés au regard des moyens disponibles et de l'objectif de protection poursuivi.

La notion de risque accepté prendra ici une légitimité nouvelle compte tenu que la décision locale ne peut s'abstraire des limites des moyens disponibles.

La méthode proposée en donnera une estimation explicite qui pourra être soumise à la négociation.

Le cadre général proposé s'il ne peut en l'état actuel des connaissances que fournir des enseignements limités où les dires d'experts restent prépondérants, est susceptible d'être rapidement amélioré.

Le retour d'expérience des feux réels notamment ceux ayant pu avoir lieu sur le massif traité seront des mines de renseignements pour améliorer le modèle général.

Les travaux de recherche sur l'évaluation notamment des valeurs non marchandes menacées seront également source d'amélioration de l'efficacité de la démarche.

Un des résultats attendus est aussi d'évaluer les points sur lesquels la recherche doit prioritairement porter son effort pour lever les obstacles méthodologiques ou cognitifs pour améliorer la démarche elle-même et la mener à bien de façon plus efficace et plus pertinente.

4.2 Valorisation

La valorisation scientifique de ce travail se fera sous forme de publication dans les revues ad hoc.

Une note de synthèse à destination des services sera élaborée pour présenter les acquis méthodologiques, les résultats et les conditions d'utilisation.

5. BIBLIOGRAPHIE

5.1 Partie théorique :

- Arrow K. : "Le rôle des valeurs boursières pour la répartition la meilleure des risques", *Économétrie*, 40, pp 41-47, 1953.
- Brennan M. and Schwartz E. : "Evaluating natural resource investments", *Journal of Business*, 58, pp135-157, 1985.
- Chateauneuf A., Cohen M., Kast R. : "Comonotone random variables in economics: A review of some results", GREQAM D.P. 97A07, 1997.
- Chateauneuf A. , Kast R., and Lapied A. : "Choquet pricing for financial markets with frictions", *Mathematical Finance*, 6 n°3, pp 323-330, 1996.
- O. Godard (éd.) : *Le principe de précaution dans la gestion des affaires humaines*, MSH, INRA, Paris, 1997.
- Kast, R. : *La théorie de la décision*, Repères n° 120, La découverte, 1993.
- Kast R.: "Analyse et gestion globale des risques, le nouveau rôle du Calcul économique", à paraître dans *Revue de l'école des Mines*, 2000.
- Kast R., Lapied A. : *Fondements microéconomiques de la théories des marchés financiers*, Economica, 1992.
- Kast R., Lapied A. : "A methodological approach to the valuation of controversial risk", DT GREAM 1999.
- Cox J., Ross S and M. Rubinstein : "Option pricing : a simplified approach", *Journal of Financial Economics*, 7, pp 229-263, 1979.
- Dixit, A. and Pindyck, R. *Investment under uncertainty*, Princeton University Press, 1994.
- Trigeorgis L. *Real options* , The MIT Press, Cambridge, 1996.

5.2 Partie pratique :

- Évaluation des PIDAF en région P.A.C.A., Centre Régional de la Propriété Forestière, Conseil Régional P.A.C.A., Mars 1992, 60p.
- Public Policies affecting Forests Fires on the Mediterranean area, FAO – October 1998, 16p. + annex.
- Gaming and multimedia applications for environmental crisis management training (GAMMA-EC), European Commission DGXIII.
- Propositions d'amélioration de l'efficacité et de la cohérence des équipements DFCI, Conseil Général du Var, Décembre 1997, 83p.
- Définition des principes et d'une méthode de signalisation DFCI, Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt et Conseil Général de l'Aude, Novembre 1995, 75p + annexes.
- Schéma départemental d'aménagement des forêts contre l'incendie, Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de la Drôme, Mars 1996, Fascicule 6 : retour d'expérience (28p.).
- Schéma départemental d'aménagement des forêts contre l'incendie, Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt et Conseil Général de l'Aude, Juin 1995, 116p.
- Schéma départemental de prévention des incendies de forêts (II-2 - Moyens et équipements en situation de risque très élevé), Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt des Bouches-du-Rhône, Février 1992, 100p.