



HAL
open science

Risque de tempête et viabilité: une approche économique de l'aménagement forestier

Jean-Philippe Terreaux, M. Chavet

► **To cite this version:**

Jean-Philippe Terreaux, M. Chavet. Risque de tempête et viabilité: une approche économique de l'aménagement forestier. Rendez-vous Techniques de l'ONF, 2016, 51-52, pp.49-52. hal-02604744

HAL Id: hal-02604744

<https://hal.inrae.fr/hal-02604744v1>

Submitted on 11 Jul 2023

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.

Risque de tempête et viabilité : une approche économique de l'aménagement forestier

La théorie de la viabilité est très différente de l'optimisation en ce sens qu'elle permet une approche économique de la gestion forestière qui voit plus large que l'itinéraire sylvicole de production à la parcelle et permet d'évaluer les décisions d'aménagement forestier. On ne trouvera pas ici le détail des concepts, des hypothèses et de l'architecture qui sous-tendent cette modélisation complexe, mais un exposé simple du principe et un exemple d'application à la gestion d'une pinède aquitaine.

Les critères économiques de la gestion forestière et de l'aménagement sont fondés le plus souvent sur des méthodes d'optimisation statique ou dynamique, tenant compte ou pas des aléas. Ces méthodes ont bien sûr leur intérêt par exemple lorsqu'il s'agit de faire un calcul d'estimation de valeur. Mais il est clair que dans la réalité quotidienne on cherche rarement à optimiser un objectif, que l'on serait bien en mal de définir. La théorie de la viabilité pourrait être une voie nouvelle. Nous l'appliquons ici à une forêt de pin maritime.

État de l'art

Schématiquement, le principal objet de l'aménagement forestier et de l'économie forestière est de programmer les interventions, notamment la coupe de régénération des peuplements, de façon à percevoir les fruits des investissements effectués sur de longues années et de recommencer une nouvelle révolution.

Si on raisonne à la parcelle, que l'on ne tient pas compte des risques et que l'on cherche à maximiser la valeur économique de la forêt, ce problème trouve une solution de manière assez intuitive avec le critère de Faustmann (1849) : une parcelle doit être récoltée lorsque la croissance des arbres

devient trop faible pour contrebalancer le produit que l'on retirerait si on vendait le tout (les arbres, le sol forestier) et que l'on plaçait l'argent à la banque sur un placement sans risque (ce qui suppose aussi un tel placement possible).

Évidemment le problème réel est éminemment plus complexe, puisque les parcelles d'une même forêt ne sont pas gérées indépendamment, puisque cette gestion fait intervenir de tout autres considérations que financières, et puisqu'il y a des risques, aussi bien en forêt que pour les placements à la banque. Et puis surtout l'aménagement de la forêt va rechercher à « maintenir au fil du temps à un niveau égal ou amélioré, les fonctions assignées à la forêt » (Dubourdieu, 1997). Cette stabilité des fonctions de la forêt peut se réaliser selon plusieurs méthodes. L'illustration la plus simple est le traitement en futaie régulière d'une essence unique, l'objectif étant de calculer un âge optimal d'exploitabilité, puis d'adopter une stratégie de coupe permettant d'atteindre un équilibre entre les parcelles, conduisant à la stabilité des produits et services issus de la forêt, et à la pérennité de la forêt dans son ensemble. Un traitement en futaie irrégulière ou en futaie jardinée, s'il est bien mené, permettrait aussi d'atteindre cet objectif.

Dans le cadre de l'aménagement d'une forêt en futaie régulière, l'âge optimal d'exploitabilité provient en général d'un raisonnement d'optimisation déterministe, c'est-à-dire ne faisant pas intervenir les risques. Il en est de même pour la surface à régénérer d'équilibre $Se = S.d/A$ (si l'ensemble des stations a la même productivité) : Se est la surface à récolter pendant la durée d de l'aménagement, S la surface de la forêt et A l'âge optimal d'exploitabilité (cf. Dubourdieu, 1997).

Le problème est que les forêts sont immergées dans tout un ensemble de risques, naturels ou économiques, qui vont perturber ce bel ordonnancement, conduisant à réajuster l'âge optimal A , ou modifiant totalement l'histogramme des surfaces par classes d'âge ; par exemple les tempêtes pourront conduire à reboiser rapidement une grande partie de la forêt, voire sa totalité. Cette recherche de régularité s'apparente ainsi au mythe de Sisyphe.

De nouveaux outils de calcul économique nous permettent aujourd'hui d'appréhender autrement l'aménagement forestier. Un premier pas fut fait en quittant les modèles d'optimisation statique (tels qu'illustrés par les calculs précédents) pour aller vers des modèles d'optimisation dynamique.

Parmi ces derniers, les modèles dits de contrôle impulsif ont fait partie des plus pertinents : ils associent généralement une dynamique continue (par exemple la croissance des arbres) et des phénomènes discontinus, les impulsions (la coupe des arbres que l'on décide, ou les tempêtes que l'on subit). Mais cette représentation de l'évolution de la forêt conduit à des problèmes mathématiques difficiles à résoudre, même si une solution peut être trouvée dans certains cas, et si l'on retrouve bien comme cas particulier le critère de Faustmann que l'on a évoqué précédemment (voir Willassen, 1998) lorsque l'on suppose que la probabilité de tempête tend vers zéro.

La théorie de la viabilité

La théorie de la viabilité (Aubin, 1991, 2010) permet une toute autre approche. Il ne s'agit plus de rechercher un optimum, mais d'avoir une solution « viable » qui satisfait une contrainte ou un ensemble de contraintes ; par exemple on pourra souhaiter avoir un niveau « plancher » de récolte annuelle de bois. Cette approche par la viabilité est séduisante, car c'est plutôt ainsi que nous résolvons de nombreux problèmes chaque jour : pour faire un trajet en voiture, assez souvent nous n'optimisons rien (ni recherche d'une distance minimale, ce qui conduirait à couper les virages, d'une consommation minimale, ce qui nous prendrait beaucoup de temps, ni encore d'un temps de trajet minimal, ce qui serait dangereux) ; en revanche, nous adaptons en permanence notre conduite pour satisfaire un ensemble de contraintes implicites (rester sur une certaine portion de la chaussée, et avec une certaine vitesse qui dépend des autres utilisateurs de la route, etc.).

C'est cette approche que nous proposons d'utiliser ici, avec comme exemple d'application la gestion d'une forêt de pin maritime soumise au risque tempête. Dès lors qu'on inclut ce risque, on ne peut pas se fixer la contrainte d'une récolte annuelle

« plancher », comme précédemment : en effet une tempête peut avoir tout abattu, et il faut un temps assez long pour que les arbres replantés soient récoltables à leur tour. On notera aussi que dans ce cas toutes les parcelles vont être synchrones (vont avoir le même âge) et que la forêt courra de grands risques vis-à-vis du vent quand les arbres prendront de la hauteur, sauf si l'on prend des mesures adaptées.

C'est pour cela que la contrainte de viabilité va porter sur un niveau de risque que le gestionnaire ou propriétaire est prêt à assumer. Il nous faut alors définir une mesure du risque. Pour être pertinente, cette mesure doit avoir un certain nombre de propriétés mathématiques (voir Artzner *et al.*, 1999), qui conduisent à éliminer certaines fonctions candidates. Ainsi, nous devons écarter la notion de « *value at risk* » familière aux compagnies d'assurance ; en revanche, l'« *expected shortfall* » est bien une mesure de risque (voir encadré).

Nous chercherons alors à définir des stratégies d'aménagement de la forêt de manière à ce que le risque encouru à l'avenir, en poursuivant cette stratégie, ne soit pas trop grand, c'est-à-dire que cette mesure ne descende pas sous un certain seuil. C'est la contrainte de viabilité.

Définir une stratégie de gestion simple et stable

On ne cherchera ainsi plus un équilibre des classes d'âge pour la forêt, mais simplement on tiendra à satisfaire à l'avenir, sur un horizon infini (en pratique on se satisfera de 300 ans), cette contrainte de viabilité. La variable de commande, pour obtenir cet effet, est la stratégie de gestion que nous allons choisir.

Les stratégies de gestion vont consister à désynchroniser, ou pas, l'âge des arbres entre les parcelles, de manière à éviter qu'au fil du temps le patrimoine exposé ne soit trop important, c'est-à-dire que le risque (mesuré comme

indiqué précédemment) ne soit trop grand. On veillera à ce qu'elles correspondent à des règles d'aménagement à la fois simples à appliquer et stables sur le long terme. Ces qualités sont particulièrement importantes pour les forêts privées : il semble peu opportun de confier aux propriétaires, de plus en plus urbains comme l'ensemble de la population, des méthodes mouvantes et compliquées à employer, à cause de l'éloignement géographique et des difficultés à rassembler les connaissances et informations qui seraient nécessaires pour mettre en œuvre de telles méthodes. Et même si la gestion des forêts est confiée à des « hommes de l'art », s'ajoute aussi tout un ensemble de contraintes réglementaires ou liées au terrain, qui peuvent augmenter la complexité et l'instabilité du contexte.

Exemple d'application

Prenons l'exemple concret sur lequel nous avons réalisé différents calculs, celui d'une forêt composée de 12 parcelles équiennes de pins maritimes, d'un hectare chacune (figure 1). On examine périodiquement si les parcelles sont synchrones ou pas : on considérera qu'elles le sont si l'écart entre l'âge des arbres les plus âgés et celui des arbres les plus jeunes est de moins de 20 ans. Dans ce cas on applique une des stratégies de désynchronisation suivantes, que l'on aura choisie au préalable et que l'on conservera au fil du temps :

- stratégie 1 : pas d'action particulière, on s'en tient à l'âge « optimal » d'exploitabilité ;
- stratégie 2 : on repousse de 5 ans l'âge de coupe des 6 parcelles les plus jeunes ;
- stratégie 3 : on repousse de 10 ans l'âge de coupe des 6 parcelles les plus jeunes et on avance de 5 ans l'âge de coupe des 6 parcelles les plus âgées ;
- ... et autres stratégies étudiées, notamment en avançant plutôt qu'en repoussant l'âge de coupe des arbres.

Bien entendu, si une tempête survient après l'application de la stratégie

choisie, c'est-à-dire après avoir subi une impulsion sur l'état du système (l'état de la forêt), il peut être nécessaire, ou pas, de désynchroniser à nouveau les parcelles.

Au total, lorsque l'on utilise dans le modèle de viabilité un modèle réaliste de croissance des pins et une estimation à dire d'expert des différents coûts et recettes, on obtient des conclusions assez différentes de celles obtenues par un modèle d'optimisation pour une parcelle individuelle, indépendamment de l'état du reste de la forêt.

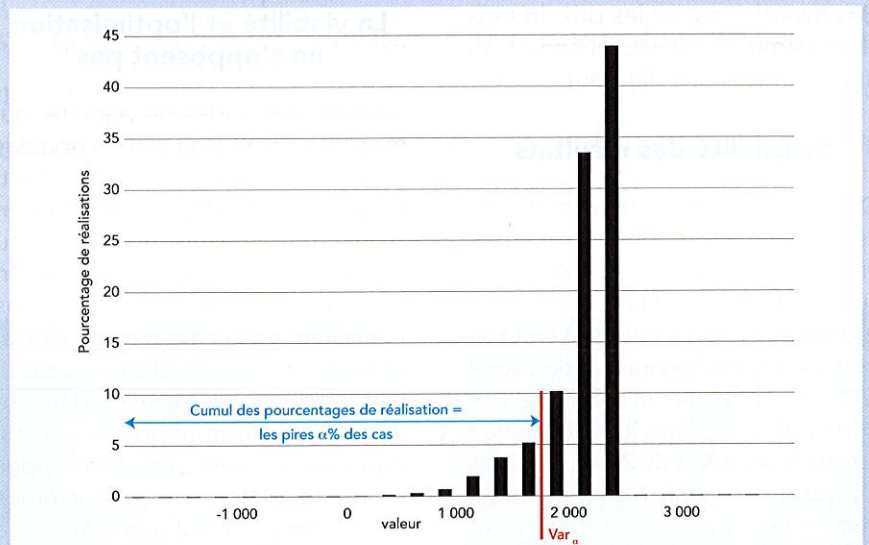
Par exemple, pour une parcelle isolée, un résultat bien connu est que l'augmentation du risque tempête doit se traduire par une réduction des révolutions (c'est-à-dire de l'âge de coupe des arbres; voir Reed, 1984). Cela rejoint l'intuition que le capital sur pied que représentent les arbres est soumis à un risque plus important, et qu'il est optimal de réduire ainsi la vulnérabilité. Mais dans notre modèle de viabilité nous tenons compte du fait que c'est la vulnérabilité de l'ensemble de la forêt qui doit être considérée, et pas celle de chacune des parcelles considérée isolément. Or pour la forêt dans son ensemble, la vulnérabilité est moindre lorsque les arbres n'ont pas tous approximativement le même âge. En effet, si les arbres sont tous matures en même temps, ils sont plus vulnérables à un coup de vent, et le capital exposé (la valeur qu'ils représentent) est plus élevé. C'est pourquoi il y a intérêt à désynchroniser les âges des arbres d'une parcelle à l'autre.

Cette désynchronisation peut se faire soit en avançant, soit en reculant l'âge de coupe des arbres par rapport à l'âge « optimal ». Dans les deux cas, cela entraîne au regard de l'optimum des pertes qu'on appelle sacrifices d'exploitabilité. Sur notre exemple, nous avons trouvé pour notre cas d'étude, après de nombreuses simulations, que ces pertes étaient plutôt plus élevées en avançant qu'en

Choix d'une mesure de risque

La littérature propose de nombreux travaux, selon différentes approches, sur ce qui pourrait constituer des mesures de risque. Nous avons examiné celles qui pouvaient être les plus susceptibles de correspondre au problème de l'aménagement forestier, notamment la notion de « value at risk », assez utilisée par les compagnies d'assurance.

Quand on considère la distribution des probabilités de l'ensemble des situations possibles, la « value at risk » de probabilité α (VaR_α) est la valeur maximale que l'a variable considérée peut atteindre dans les pires α % des cas (figure). Par exemple dans les pires 5 % des cas éventuels de réalisation de tempête, on ne récoltera au mieux, dans la forêt de notre modèle, que 100 m³/an. Cependant la VaR_α n'est pas ici une mesure de risque car elle ne tient pas compte de la distribution de probabilité en-deçà de VaR_α ; or pour un même niveau de VaR_α , cette distribution peut être très différente d'une forêt à l'autre, traduisant un niveau de risque différent.



Résultats induits par la réalisation ou non de tempêtes sur la valeur de la forêt (liée aux possibilités de récolte de bois)

En revanche l'« expected shortfall » l'espérance mathématique de récolte correspondant à la distribution de ces pires α % des cas est bien, quant à elle, une mesure de risque (Sur le plan mathématique, il s'agit de l'espérance de gain sous contrainte que le gain soit inférieur à une certaine valeur, cette valeur étant la VaR_α). C'est elle que nous avons retenue dans ce travail.

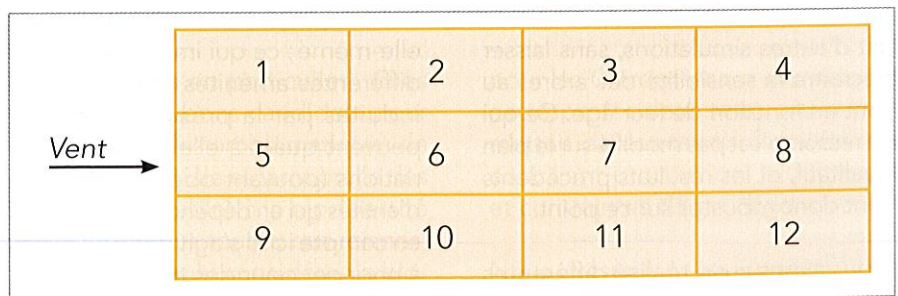


Fig. 1 : la forêt du modèle, composée de 12 parcelles de 1 ha

Simple voire simpliste mais...

Les parcelles 1, 5 et 9 sont en position de lisière exposée, et sont donc plus sensibles au vent. Pour les autres, cela dépend de l'historique de gestion des parcelles au vent : l'effet lisière des parcelles sous le vent diminue de manière linéaire au fur et à mesure que les arbres croissent sur la parcelle au vent, pour s'annuler quand ces arbres atteignent 20 ans.

reculant l'âge de coupe des arbres pour une partie des parcelles. Cela est dû au fait que l'âge financièrement optimal de coupe des pins correspond à une période de croissance biologique encore assez forte. Récolter plus tôt que l'optimum conduit à se priver d'une partie de cette période. Récolter plus tard conduit à immobiliser des capitaux plus longtemps en forêt, mais cela est un peu compensé par la croissance des arbres. Bien entendu, de nombreux facteurs (par exemple des hypothèses sur les prix, le taux d'actualisation...) peuvent conduire à des conclusions différentes.

Sensibilité des résultats

Dans nos simulations nous avons utilisé les données de l'IGN (ex-IFN) sur l'impact des tempêtes de 1999 et 2009 sur les forêts d'Aquitaine, afin de calibrer différents paramètres. À cette fin nous avons utilisé les travaux de Cucchi (2004) pour calculer la résistance des arbres aux tempêtes. Il se trouve que lors de la tempête de 2009 (Klaus) les arbres anciens ont mieux résisté au vent proportionnellement aux surfaces concernées. Mais cette moindre sensibilité constatée des arbres les plus âgés pourrait être due au fait que ces arbres sont issus de pratiques culturales (par exemple semis au lieu de plantations) différentes, et de ce fait ne plus être valable pour les arbres des générations suivantes; ce qui pourrait fausser les résultats des simulations qui concernent le futur. Nous avons fait d'autres simulations, sans laisser décroître la sensibilité des arbres au vent en fonction de leur âge. Ce qui en ressort n'est pas modifié sur le plan qualitatif, et les résultats précédents sont donc robustes sur ce point.

Nous avons aussi réalisé différentes études de sensibilité vis-à-vis des paramètres les plus importants, notamment le taux d'actualisation et la fréquence des tempêtes. Pour le premier paramètre, plus le taux est faible (plus on prend en compte les résultats des années futures), plus

les sacrifices d'exploitabilité des premières années sont « amortis » par un impact accru d'une moindre vulnérabilité dans les années suivantes. En ce qui concerne les paramètres climatiques, nous avons constaté que si les résultats de la sylviculture en dépendent étroitement, la stratégie d'aménagement (voir section précédente) qui conduit au meilleur résultat, quant à elle, ne change pas lorsque les paramètres se dégradent sur une plage relativement large.

La viabilité et l'optimisation ne s'opposent pas

Ainsi les méthodes de viabilité, qui ne s'opposent pas aux méthodes d'optimisation mais les complètent, paraissent bien adaptées à la gestion d'un patrimoine forestier exposé au risque tempête. Elles présentent un caractère opérationnel au moins équivalent à celui des critères d'optimisation. Et surtout elles paraissent plus intuitives. Elles sont fondées sur des développements théoriques, que nous n'avons pas développés ici, qui font intervenir des systèmes « hybrides », mêlant une croissance continue des arbres interrompue soit par un contrôle impulsif (les coupes), soit par un élément extérieur (les tempêtes) impulsif lui aussi.

Notons cependant que nous avons recherché la viabilité des valeurs prises par une mesure du risque encouru par le patrimoine forestier sur le plan financier, et pas la viabilité de la forêt elle-même; ce qui implique que les différentes aménités et externalités induites par la présence de forêt peuvent quant à elles subir des variations (pouvant obérer la viabilité d'entités qui en dépendent) non prises en compte ici. Il s'agit donc de pistes à engager pour des travaux futurs.

Jean-Philippe Terreaux

Irstea Bordeaux
Unité de recherche ETBX

Michel Chavet

Cabinet Michel Chavet, Paris

Remerciements

Nous tenons tout particulièrement à remercier le GIP Ecofor pour son soutien, en particulier financier.

Références

Aubin J. P., 1991, *Viability Theory*, Birkhauser, Boston, 545 p.

Aubin J.P., 2010, *La mort du devin, l'émergence du demiurge. Essai sur la contingence, la viabilité et l'inertie des systèmes*, Ed. Beauchesne, 896 p.

Artzner P., Delbaen F., Eber J.M., Heath D., 1999. Coherent measures of risk. *Mathematical Finance*, vol. 9(3), pp. 203-228

Cucchi V., 2004, *Sensibilité au vent des peuplements de pin maritime (Pinus pinaster Ait.)*, Analyse comparative de dégâts de tempête, étude expérimentale et modélisation de la résistance au déracinement. Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux 1, 185 p.

Dubourdieu J., 1997, *Manuel d'aménagement forestier*. ONF, Lavoisier Technique et Documentation, Paris, 244 p.

Faustmann M., 1849, *Berechnung des Wertes welchen Waldboden sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen*. *Allgemeine Forst und Jagd-Zeitung*, n° 25, pp. 441-455

Reed W.J., 1984, *The effects of the risk of fire on the optimal rotation of a forest*. *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 11(2), pp. 180-190

Terreaux J.P., 1996, *Gestion des forêts : rentabilité et durabilité sont-elles opposables ? Cahiers d'économie et sociologie rurales*, n° 41, pp. 133-147

Willassen Y., 1998, *The stochastic rotation problem: A generalization of Faustmann's formula to stochastic forest growth*. *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 22(4), pp. 573-596