Taux d'actualisation décroissants et cohérence temporelle des décisions de sylviculture

Jean-Philippe Terreaux

Taux d'actualisation décroissants et cohérence temporelle des décisions de sylviculture

Jean-Philippe Terreaux

DES TAUX D'ACTUALISATION DÉCROISSANTS

Les décisions d'investissement en forêt (achat ou vente de parcelles, réalisation ou non de travaux, de coupes…) sont le résultat de réflexions faisant intervenir implicitement ou explicitement le long terme. Pour comparer entre eux des flux de recettes et de dépenses qui auront lieu dans le futur, l'utilisation de techniques d'actualisation s'avère nécessaire. Mais du choix des taux d'actualisation dépend explicitement le résultat des calculs, ce choix devant être paradoxalement d'autant plus affiné, que les horizons temporels sont éloignés (et en conséquence que les anticipations sur le futur sont plus floues). Les forestiers ont ainsi été parmi les premiers à travailler sur cette question, notamment en abordant les questions de durabilité (bien avant que ce terme ne soit à la mode) et de rentabilité [(1)].

Trop souvent, on confond actualisation et érosion monétaire due à l'inflation. Cette dernière brouille la comparaison de flux financiers ayant lieu à des dates différentes. En outre, l'inflation peut avoir un impact non négligeable sur le développement économique des pays où elle sévit. Mais, sans vouloir en nier l'importance, pour des questions de simplicité, et aussi à cause de la quasi-impossibilité d'anticiper les valeurs de l'inflation sur les horizons temporels qui nous concernent, nous travaillerons dans la suite en euros constants. L'actualisation reste un phénomène différent et séparable, et traduit le fait que, même si l'inflation est nulle, il n'est pas équivalent de recevoir un euro aujourd'hui ou le même euro dans plusieurs décennies [(2)].

Par définition, le **coefficient d'actualisation** permet de quantifier cela en traduisant, par une simple multiplication, une recette ou une dépense de l'année *N*, en euros d'aujourd'hui :

Valeur de la recette au temps présent =
montant de la recette à l'année *N* x coefficient d'actualisation

Le **taux d'actualisation**, en général exprimé en % annuel, est le taux auquel décroît ce coefficient, une année donnée. Ainsi, pour un taux constant entre l'année zéro (le présent) et l'année *N*, on aura :

$$\textit{coefficient d'actualisation} = \frac{1}{(1 + \textit{taux d'actualisation})^N}$$

(1) Le lecteur intéressé pourra par exemple se référer aux travaux de Peyron *et al.* (1998).
(2) Le proverbe *un tiens vaut mieux que deux tu l'auras* exprime familièrement cette dissymétrie du présent par rapport à l'avenir.

Certains se sont inquiétés de l'aspect exponentiel de la baisse du coefficient d'actualisation en fonction du temps : ne risque-t-on pas, pour des horizons suffisamment longs, de ne plus tenir compte des recettes et des dépenses du futur, ce qui serait contraire à la prise en compte des intérêts des générations futures, niant en quelque sorte l'esprit dans lequel s'effectuent la plupart des investissements forestiers ?

La tentation est grande idéologiquement de basculer dans l'utilisation d'un taux zéro, afin de tenir autant compte des générations futures que des générations présentes. Cela conduit malheureusement à un non-sens, puisque l'on finirait par tout investir pour les générations futures, en ne consommant que le minimum nécessaire à la survie, et cela jusqu'à la fin des temps. Quel serait ainsi l'intérêt de tels investissements ? On se retrouve ainsi dans une impasse méthodologique.

De manière générale, seuls les projets induisant des flux monétaires dont les valeurs actualisées ont une somme positive peuvent être légitimement réalisés (3). Dans certains cas (par exemple la recherche de l'optimisation de la valorisation d'une ressource rare comme le sol forestier), on maximisera la valeur actualisée des flux financiers, ou si cela est possible et correspond mieux au problème posé, la valeur actualisée des utilités procurées par ces flux financiers. Toutefois, l'étude des projets est en général complexe. Les différents aléas ont été volontairement négligés dans cet article, qu'il s'agisse des aléas du projet lui-même (pour une plantation forestière, une tempête détruisant les arbres), ou de l'environnement économique général (une pression accrue sur le foncier agricole et indirectement sur le foncier forestier, une modification du régime fiscal...).

Afin de faire un choix entre les différents projets proposés à un financement public, l'État, par l'intermédiaire du Commissariat général au plan (CGP) (4), a fixé un taux guide pour leur évaluation à des fins de comparaison : en 1971 ce taux était de 10 %, puis 9 % à partir de 1976, et 8 % à partir de 1986. Ces taux relativement élevés permettaient ainsi de "tenir compte" des risques liés à la croissance économique et aux projets eux-mêmes.

Le CGP a modifié en 2005 le taux conseillé pour les investissements publics : le taux conseillé est maintenant de 4 à 2 % selon l'horizon considéré : 4 % pour les projets jusqu'à 30 ans (c'est-à-dire à court terme), de 4 à 2 %, selon une fonction décroissant progressivement, pour les projets jusqu'à 500 ans (5). La formule suivante fait passer sans rupture ce cap des trente ans, et conduit au graphique de la figure 1 (p. 469) qui illustre les taux conseillés jusqu'à environ 150 ans :

$$a_t = 4\ \%\ \text{si}\ t \leq 30\ \text{ans}\ ;\ \text{et}\ a_t = \sqrt[t]{1,04^{30} \times 1,02^{t-30}} - 1\ \text{si}\ t \geq 30\ \text{ans}.$$

Mais, parallèlement, le CGP insiste sur la nécessité de mener correctement les études portant sur les risques et incertitudes liés aux projets considérés, et en passant met en garde contre la tentation de manipuler les résultats pour justifier telle ou telle action.

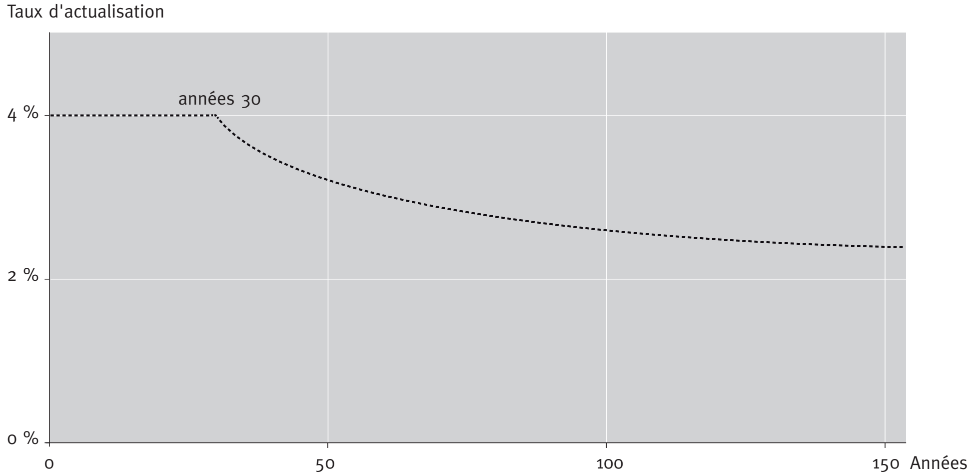
Le taux présenté sur la figure 1 (p. 469) et donné dans la formule est le taux moyen sur la durée de vie de l'investissement, à savoir que pour une durée de vie de *n* années, c'est le taux correspondant à l'année *n* qui doit être utilisé uniformément entre les années 1 et *n*. En fait, cette formule compliquée traduit simplement le fait que le taux d'actualisation marginal est de 4 % les

(3) L'intégration des externalités liées au projet, positives ou négatives, évaluées sur le plan financier, est l'objet de nombreux travaux d'économie.

(4) Devenu Centre d'analyse stratégique à compter du 6 mars 2006.

(5) La France n'est pas le seul pays où l'on conseille désormais d'utiliser des taux décroissants : c'est le cas aussi par exemple en Grande-Bretagne : voir par exemple les directives du HM's Treasury (2003). Les taux proposés sont de 3,5 % jusqu'à 30 ans, puis des taux décroissants jusqu'à 1 % pour des durées de 300 ans et plus.

FIGURE 1 **TAUX MOYEN D'ACTUALISATION CONSEILLÉ PAR LE CGP (2005) POUR UN HORIZON ALLANT JUSQU'À ENVIRON 150 ANS**



30 premières années, puis de 2 % les années suivantes[6]. Cette interprétation permet de modifier à la demande ces trois paramètres (4 %, 2 % et 30 ans) en fonction des besoins précis du gestionnaire.

Dans la suite de cet article, nous présentons en premier lieu le problème de cohérence temporelle que peut induire le choix d'un tel taux décroissant, puis comment la résolution de ce problème amène à une conception un peu plus réaliste de l'actualisation liée à l'évolution économique. Ensuite, nous montrons comment il est possible de mener simplement des calculs sur un horizon infini, nécessaire pour l'évaluation d'investissements, ou la comparaison d'options sur des horizons différents. Enfin, nous illustrons l'importance de ces calculs sur un exemple concret de choix d'investissement, avant de conclure.

UN PROBLÈME DE COHÉRENCE TEMPORELLE

Un problème important de cohérence apparaît lorsque l'on est amené à programmer de réaliser certaines actions, tout en sachant pertinemment qu'elles ne le seront pas, même si aucun événement imprévu ou aléatoire ne se produit. Nous l'illustrons sur deux exemples. De manière générale, on retrouvera ce type d'incohérence dans tout projet d'investissement dans un contexte où il n'y a pas d'aléa, et où l'on utilise des taux d'actualisation décroissants[7].

Choix d'essences pour le boisement d'une parcelle

Utilisons ici un exemple construit de manière totalement artificielle pour mettre en évidence ce phénomène d'incohérence temporelle. Supposons qu'au moment de planter des arbres sur un sol nu, on ait le choix entre trois essences que l'on appellera pour simplifier Pins (P, récoltés à 30 ans), Hêtres (H, récoltés à 120 ans), et Chênes (C, récoltés à 150 ans). De manière à pouvoir

(6) Ainsi avec ces valeurs pour le taux d'actualisation, 1 € disponible la première année est équivalent à $(1{,}04)^{20} = 2{,}19$ € dans 20 ans et à $1{,}04^{30} \cdot 1{,}02^{10} = 3{,}95$ € dans 40 ans.

(7) En quelques mots, le "paradoxe" vient du fait que dans un cas les flux financiers correspondant à des actions dans un futur lointain sont actualisés avec un taux marginal faible, mais dans l'autre cas, une fois que ce futur est devenu plus proche, le taux d'actualisation marginal utilisé est plus élevé. Les scénarios sont ainsi parfaitement définis, mais l'origine des temps étant glissante, le taux marginal d'actualisation à une date donnée n'est plus fixé, ce qui est à la source de ce problème d'inconsistance.

comparer l'occupation du sol sur une même durée, on se propose d'évaluer les trajectoires suivantes, qui immobilisent le sol sur une durée de 150 ans à compter de la prise de décision, en supposant que le propriétaire de la forêt possède de toute façon le sol pour une durée infinie (ce peut être par exemple l'État, pour les forêts domaniales que gère l'ONF) :

P → H (c'est-à-dire une révolution de Pins suivie d'une révolution de Hêtres),
C (une révolution de Chênes),
P → P → P → P → P (cinq révolutions de Pins), ou
H → P (une révolution de Hêtres suivie d'une révolution de Pins).

Il se peut très bien[8] qu'en utilisant un taux d'actualisation décroissant, on obtienne les inégalités suivantes :

$$va\ (P \rightarrow H) > va\ (C) > va\ (P \rightarrow P \rightarrow P \rightarrow P \rightarrow P) > va\ (H \rightarrow P),$$

où *va* est la valeur actualisée de la trajectoire figurant entre parenthèses.

Un décideur rationnel, en fonction des seuls éléments précédents, va ainsi commencer par une révolution de Pins, programmant par la suite de réaliser une révolution de Hêtres. Mais une fois les Pins récoltés, il se retrouvera dans la situation initiale, et va ainsi refaire à nouveau une révolution de Pins. Au total, sur les 150 ans, il fera cinq révolutions de Pins, alors qu'il aurait pu avoir de meilleurs résultats avec une seule révolution de Chênes.

C'est-à-dire que la décroissance du taux d'actualisation ne permet pas de réaliser le choix optimal dans ce modèle simple et déterministe.

Choix d'opérations culturales

Dans le guide de sylviculture pour la chênaie atlantique de l'ONF (Jarret, 2004), certaines opérations culturales sont préconisées lorsque les arbres ont des âges de l'ordre de 50 à 70 ans. Or, il se peut très bien que ce type d'opération soit rentable avec un taux d'actualisation de 3 % ou moins (donc, selon la formule, pour un futur au-delà de 60 ans), mais pas pour un taux d'actualisation de 4 %. Ce qui signifie que l'on peut être amené à prévoir de réaliser ce type d'intervention, dont peuvent dépendre différents choix sylvicoles dès aujourd'hui, puisque avec les taux proposés ces actions sont rentables, tout en sachant très bien qu'au moment de les réaliser, elles ne seront plus rentables (par exemple si les bénéfices correspondant sont obtenus dans les trente années suivantes, c'est-à-dire si ces bénéfices doivent être actualisés au moment de la réalisation avec un taux de 4 %).

INCERTITUDES ET DÉCROISSANCE DES TAUX D'ACTUALISATION

La solution à ce type de paradoxe ne peut venir en aucun cas de contraintes que l'on s'imposerait pour respecter le plan d'investissements prévu initialement (dans l'exemple[8], s'engager à planter des hêtres dans trente ans) si ce plan n'est plus le plus opportun (dans un cadre déterministe, comme ici, ou, en sortant du cadre de cette analyse, dans un cadre aléatoire).

(8) Continuons d'utiliser cette même formule de variation des taux proposée par le CGP et montrons que cette série d'inégalités est possible. Supposons par exemple qu'il n'y ait, pour chaque essence, qu'un même coût de plantation supposé égal à 300 €/ha pour les trois essences et un revenu net de récolte (valeur non actualisée) de 1 000 €/ha pour le Pin (30 ans après la plantation), de 8 775 €/ha pour le Hêtre (120 ans après la plantation), et de 16 420 €/ha pour le Chêne (150 ans après la plantation).

Sur le même horizon de 150 ans, le calcul des valeurs actualisées (*va*) pour les différentes trajectoires conduit aux résultats suivants :
va (P → H) = 182 €/ha (c'est-à-dire pour une révolution de Pin suivie d'une révolution de Hêtre)
va (C) = 181,5 €/ha
va (P → P → P → P → P) = 181 €/ha
va (H → D) = 180 €/ha.

En revanche, nous pouvons revenir aux fondements de l'actualisation. Böhm-Bawerk (1890) et plus tard Ramsey (1928) proposent de décomposer le taux d'actualisation en deux parties :

— la première représente le taux de préférence pure pour le présent δ,

— la seconde est liée à la croissance de l'économie, induisant une croissance de la consommation par habitant μ.

En effet si la croissance économique que l'on a constatée au cours des derniers siècles et qu'il est légitime d'anticiper pour les décennies à venir doit permettre aux générations futures d'avoir un niveau de vie plus élevé que les générations présentes, des préoccupations d'équité intergénérationnelles, tournées cette fois-ci vers les générations présentes, devraient conduire à effectuer un peu moins d'efforts d'investissements actuellement. Autrement dit, la croissance anticipée de l'économie doit intervenir dans le choix du taux d'actualisation dont dépendent les investissements à réaliser.

Finalement, une première décomposition du taux a d'actualisation conduit à

$$a = \delta + \mu\,\gamma,$$

où δ est le taux de préférence pure pour le présent, μ est le taux de croissance de la consommation par habitant et γ est l'élasticité de l'utilité marginale de la consommation. Le terme $\mu\gamma$ constitue « l'effet richesse ».

Gollier (2005) ajoute à ces deux premiers éléments l'épargne de précaution, qui doit être d'autant plus importante que le futur est incertain. Cette épargne de précaution, liée aux incertitudes concernant l'avenir, doit conduire à réaliser d'autant plus d'investissements, et partant à réduire le taux d'actualisation, que ces aléas sont importants. Cela conduit à une décomposition en trois parties :

$$a = \delta + \mu\gamma - \frac{1}{2}\gamma^2\sigma^2,$$

où σ est la volatilité de la croissance de l'économie.

Notons que cette volatilité augmente avec le temps, c'est-à-dire que les prédictions sur la croissance sont d'autant plus imprécises que l'on travaille sur le long terme. De ce fait, rien n'empêche le taux a d'actualisation d'être décroissant avec le temps. De nombreuses observations empiriques (par exemple Cropper *et al.*, 1994), c'est-à-dire sur le comportement d'agents économiques en situation réelle (et pas expérimentale), avaient d'ailleurs mis en évidence cet aspect décroissant du taux d'actualisation.

Les ordres de grandeur de ces différentes parties sont les suivants (ce sont d'ailleurs ceux retenus dans le rapport du CGP) : $\delta \approx 1$ %, $\mu \approx 2$ % (mais très incertaine au-delà de 30 ans) ; $\gamma \approx 2$. Pour ce qui concerne l'effet de précaution induit par l'incertitude sur le futur, différents arguments ont conduit le CGP à choisir un taux d'actualisation moyen qui au total varie de 4 % à 2 %, ce qui est en concordance avec les différents taux proposés dans la littérature forestière.

Et lorsqu'on intègre explicitement les aléas sur la croissance économique, il n'y a en réalité plus de problème d'incohérence temporelle. Pour l'exemple développé précédemment, concernant le choix d'essences de reboisement, lorsque l'on sera à l'année 30, une seule trajectoire d'évolution de l'économie entre les années 1 et 30 aura été réalisée. Et il n'y aura plus d'incertitude sur l'état de l'année 30. Supposons que des conditions identiques à celles qui prévalent actuellement soient alors à nouveau d'actualité : on recommencera alors une plantation de Pins. Supposons que la situation soit différente (ce qui reste cohérent avec nos anticipations actuelles, car la croissance future est incertaine) : il est possible qu'alors les Hêtres ou les Chênes soient préférables. On verra. Mais en aucun cas on ne doit se contraindre actuellement à planter des Hêtres après la première révolution de Pins comme le suggérerait le modèle déterministe[9]. Il est ainsi prévu dans le rapport du CGP de réviser tous les 5 ans les valeurs prises par le taux d'actualisation.

Notre modèle est juste un peu plus précis que le modèle déterministe classique à la Faustmann : pour ce qui concerne la comparaison des scénarios de choix d'essence, nous sommes toujours dans un univers dans lequel nous anticipons dès le départ nos actions futures, et pour une durée d'immobilisation totale du sol qui ne dépend pas de ce choix (afin d'éviter d'avoir à introduire le coût d'immobilisation du foncier dans nos calculs, ce qui serait assez compliqué). En revanche, le contexte économique général, qui conduit à l'introduction de taux décroissants, est aléatoire.

S'il n'y a aucun aléa, l'utilisation d'un taux d'actualisation décroissant pose un problème d'inconsistance temporelle, comme nous l'avons vu : il n'est pas possible d'utiliser un taux marginal de 4 % pour actualiser les flux des 30 premières années, puis un taux marginal de 2 % à partir de la 31^{e} année, sachant que lorsque l'on atteindra cette 31^{e} année, elle correspondra alors au présent, et que si rien n'a changé, on utilisera alors un taux de 4 %. On peut aussi anticiper le fait que rien ne changera : cela conduit alors à utiliser un taux marginal de 4 % à la 31^{e} année, et par récurrence, identique et égale à 4 % tout le long de la trajectoire. On retrouve alors la solution initiale, classique, “à la Faustmann” (Terreaux, 1990).

Bien entendu, il serait possible d'aller encore plus loin dans la prise en compte des aléas, notamment ceux relatifs à la sylviculture, ce qui pourrait rendre le problème plus précis (à supposer que l'on ait une anticipation fiable de ces aléas), mais conduirait à des formulations nettement plus compliquées.

CALCULS SUR UN HORIZON INFINI

Le critère de Faustmann formulé en 1849 (Peyron et Maheut, 1999) permet de calculer facilement, par une formule simple que nous présentons ci-après, la valeur d'un investissement renouvelé une infinité de fois. Quelle est son utilité ? Supposons que l'on ait à calculer la durée de vie optimale d'un investissement qui va mobiliser une ressource rare. Par exemple, calculons avant leur plantation la date à laquelle nous envisageons de récolter des arbres que nous allons mettre en place sur un hectare de terrain qui vient d'être libéré (et dont la rareté va se traduire par un prix positif). Ce calcul peut permettre entre autres de réaliser un choix entre différentes essences possibles pour la plantation, en comparant la valeur théorique du foncier qui s'en déduit.

Pour optimiser cette durée de vie, on peut comparer les résultats financiers induits par le renouvellement de l'investissement à la date n et à la date $n + 1$, et petit à petit se diriger ainsi vers la date optimale de renouvellement, c'est-à-dire celle qui conduit au plus grand bénéfice actualisé. Mais en procédant ainsi, on ne tient pas compte du fait qu'entre deux plantations d'arbres aux dates n ou $n + 1$, la ressource rare qu'est le sol est immobilisée pendant une durée soit de n années soit de $n + 1$ années. L'idée de Faustmann est de considérer que l'on renouvellera ensuite l'investissement une infinité de fois, de sorte que, quelle que soit la date de renouvellement du peuplement, la durée d'immobilisation de la ressource sera infinie. Les deux bénéfices actualisés (issus de renouvellements successifs aux dates multiples de n et aux dates multiples de $n + 1$) sont alors comparables. Ils sont d'ailleurs égaux à la valeur de la ressource (la valeur théorique[10] du sol forestier), lorsqu'on l'utilise pour l'activité considérée.

(9) Cet engagement sur le futur est souvent impossible ou non crédible, comme le souligne par exemple Winkler (2006).
(10) Au sens où l'on ne tient compte que de ce qui est présenté ici, et pas des aménités, de la liquidité, etc.

Avec un taux d'actualisation décroissant, dû à une incertitude sur le futur, il n'est plus légitime d'employer directement la formule de Faustmann. En revanche, l'idée de renouveler jusqu'à l'infini l'utilisation de la ressource peut être conservée. Rappelons la formule obtenue par Faustmann avec un taux d'actualisation a constant. Supposons pour simplifier que l'investissement procure un revenu R (toutes dépenses correctement déduites) après T années.

La formule de Faustmann conduit à maximiser non pas

$$\frac{R}{(1+a)^T}$$

mais $$F_a(R) = \frac{R}{(1+a)^T} + \frac{R}{(1+a)^{2T}} + \frac{R}{(1+a)^{3T}} + \ldots = \frac{R}{(1+a)^T - 1}$$

Supposons maintenant que l'on calcule la somme actualisée jusqu'à l'infini, en utilisant la formule de décroissance du taux proposée par le CGP.

Appelons τ_1 le taux d'actualisation des n premières années (ici τ_1 = 4 % et n = 30) et τ_2 la limite du taux d'actualisation pour les horizons les plus lointains (ici τ_2 = 2 %). Pour $t > n$, on a :

$$a_t = \sqrt[t]{(1+\tau_1)^{30}(1+\tau_2)^{t-30}} - 1$$

Faisons l'hypothèse que $T > n$, c'est-à-dire que la durée de la première révolution est supérieure à 30 ans. On notera qu'excepté la première révolution, les suivantes s'effectuent toutes avec un taux marginal d'actualisation égal à τ_2. Elles auront ainsi toutes la même durée notée T' (associée à un revenu R') *a priori* différente de la durée T de la première révolution calculée avec un taux d'actualisation différent (11).

$$G = \frac{R}{(1+a_T)^T} + \frac{R'}{(1+a_{T+T'})^{T+T'}} + \frac{R'}{(1+a_{T+2T'})^{T+2T'}} + \ldots$$

où G est la somme infinie des bénéfices successifs, somme qu'on cherche à maximiser ; soit :

$$G = \frac{R}{(1+a_T)^T} + \frac{R'}{(1+a_T)^T(1+\tau_2)^{T'}} + \frac{R'}{(1+a_T)^T(1+\tau_2)^{2T'}} + \ldots$$

Soit encore : $$G = \frac{R}{(1+a_T)^T} + \frac{1}{(1+a_T)^T} \cdot \frac{R'}{(1+\tau_2)^{T'} - 1} = \frac{1}{(1+a_T)^T}(R + F_{\tau_2}(R'))$$

où $F_{\tau_2}(R')$ est la valeur du critère de Faustmann calculée avec τ_2 comme taux d'actualisation, pour une révolution R'.

La formule de Faustmann est ici généralisée, avec les quelques modifications indiquées ci-dessus, grâce au choix de la formule très particulière de décroissance du taux d'actualisation. À noter que l'aspect exponentiel de l'actualisation nous garantit en général la convergence des séries que l'on compare, même avec des taux d'actualisation faibles.

(11) On ne suppose pas ici que $T' = T$ ni que $R' = R$ *a priori* ; c'est la résolution mathématique de la maximisation précédente qui conduit effectivement à des valeurs différentes entre la première révolution et les révolutions suivantes. Il est légitime de se demander pourquoi, alors que l'on peut considérer dès le départ qu'au moment de débuter la deuxième révolution et les suivantes, nous serons dans les mêmes conditions qu'actuellement. La raison tient au fait que le taux d'actualisation que l'on utilise pour les révolutions ultérieures n'est pas le même que celui utilisé pour la première révolution, ce qui traduit la préoccupation d'épargne de précaution. Il serait possible d'être beaucoup plus précis ici, et d'introduire explicitement différents aléas du secteur forestier, ou du secteur économique général. Mais cela compliquerait considérablement l'exposé.

UN EXEMPLE D'APPLICATION

Tentons ainsi de déterminer la valeur d'une parcelle de Douglas d'un hectare dans le Sud-Ouest du Massif central. On suppose ici que, pour cette parcelle, différentes considérations de sylviculture conduisent au fait que le Douglas est la seule culture envisageable notamment afin d'éviter de tomber dans les complications de la section 2. Les différentes valeurs numériques utilisées sont données en annexe (p. 476).

L'utilisation d'un taux d'actualisation constant de 4 %, habituellement rencontré dans les ouvrages d'économie forestière, conduit à récolter les arbres à l'âge de 59 ans. La valeur du foncier (le sol), au moment de la plantation est de 98 € (cette valeur très faible est due à l'utilisation de ce taux d'actualisation de 4 % un peu élevé ; on est proche du taux interne de rentabilité, qui, rappelons-le, n'est pas un critère d'optimisation ; voir à ce sujet Terreaux, 1990).

L'utilisation d'un taux d'actualisation constant et égal à 2 % donne en revanche un âge optimal de coupe de 67 ans, et une valeur du foncier au moment de la plantation de 11 645 € (valeur très élevée, due à l'effet d'un taux faible).

Utilisons maintenant le taux décroissant préconisé par le CGP. Il est important de tenir compte du fait que repousser la première révolution d'une année conduit à repousser toutes les révolutions suivantes d'une année aussi, même si on ne sait dire actuellement quelles seront les conditions économiques pour ces autres révolutions. Pour tenir compte de ce retard, on considère une suite infinie de plantations de Douglas, coupés la première fois à l'âge T puis toutes les autres fois à l'âge T'. La maximisation de la valeur du foncier par rapport à ces paramètres permet de calculer les deux âges de coupe (âge optimal au moment de la plantation). La valeur du foncier, au moment de la première plantation, est de 6 913 €. L'âge optimal de coupe est pour la première révolution de 64 ans et pour les suivantes (anticipation au moment de la première plantation) de 67 ans.

EXTENSIONS POSSIBLES

Nous nous sommes placés dans un contexte prenant en compte explicitement certains aléas. L'utilisation de taux d'actualisation décroissants est alors légitime. Mais différents résultats obtenus dans un contexte déterministe ne sont alors plus valables comme par exemple la formule de Faustmann, dont l'idée peut bien sûr être conservée ainsi que nous l'avons montré. Mais surtout en se plaçant dans un contexte aléatoire, avec acquisition d'information au fil du temps, et possibilité de s'adapter à ce flux d'information, nous nous plaçons typiquement dans le cadre où une « quasi-valeur d'option » (Henry, 1974) devrait intervenir dans les décisions : la plus grande réversibilité de certaines solutions peut permettre de s'adapter aux évolutions du contexte plus rapidement. Ce sera le cas par exemple pour les révolutions de durées plus courtes. Autrement dit, il est légitime d'ajouter une valeur complémentaire (la quasi-valeur d'option) aux solutions les plus réversibles. Ce calcul, alors plus complet mais nettement plus compliqué, devrait permettre d'atteindre des solutions plus précises.

En outre, les valeurs des recettes et des dépenses intégrées dans ce type de calcul sont grevées de nombreux aléas. Non seulement nous avons utilisé des approximations par des équivalents certains, ce qui peut être hasardeux. Mais surtout, il peut exister des corrélations entre les aléas auxquels est soumis le projet considéré, et les incertitudes pesant sur l'ensemble du développement économique, justifiant le choix d'un taux d'actualisation décroissant. Il est clair alors que dans ce cadre les calculs doivent être repris en intégrant ces corrélations éventuelles.

Autrement dit, les quelques résultats présentés ici ouvrent de nombreuses perspectives de recherche, afin de pouvoir conseiller plus adroitement les propriétaires et gestionnaires de forêts.

Mais surtout, outre le fait qu'ils permettent de mieux comprendre les tenants et aboutissants de l'utilisation de taux d'actualisation décroissants, ils constituent aussi une première amorce d'un virage vers une meilleure intégration de la durabilité dans les prises de décisions en forêt, dans un contexte aux incertitudes multiples.

Jean-Philippe TERREAUX
TR Cérès, UR ADBX et UMR Lameta
CEMAGREF
50, avenue de Verdun
Gazinet
F-33612 CESTAS CEDEX
(jean-philippe.terreaux@cemagref.fr)

Remerciements

Je remercie vivement Michel Chavet, Sandrine Costa, Christian Gollier et Jacques Méry pour les discussions très intéressantes sur ce sujet. Bien entendu les erreurs et imprécisions figurant ici sont de ma seule responsabilité.
Ces travaux ont pu être réalisés grâce à l'aide financière du ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Direction générale de la Forêt et des Affaires rurales, Paris.

BIBLIOGRAPHIE

BÖHM-BAWERK. — Capital and interest. — Libertarian Press, 1890. — Traduction de 1959.

COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU PLAN (CGP). — Révision du taux d'actualisation des investissements publics / L. Baumstark (rapporteur), P. Hirtzman (coordinateur). — Commissariat général au Plan, 2005. — 112 p.

CHICHILNISKY (G.). — What is sustainable development? — *Land economics*, vol. 73, n° 4, 1997, pp. 467-491.

CROPPER (M.L.), AYDEDE (S.K.), PORTNEY (P.R.). — Preferences for live saving programs: how the public discount time and age. — *Journal of risk and uncertainty*, 8, 3, 1994, pp. 243-265.

GOLLIER (C.). — Quel taux d'actualisation pour quel avenir ? — IDEI, Université de Toulouse, 2004. — miméo 13 p.

GOLLIER (C.). — Comment intégrer le risque dans le calcul économique ? — Université de Toulouse, 2005. — miméo, 10 p.

HENRY (C.). — Investment decision under uncertainty: the irreversible effect. — *American Economic Review*, 64, 1974, pp. 1006-1012.

HM's TREASURY. — The green Book, Appraisal and Evaluation in Central Government. — London : Her Majesty's Treasury, 2003. — 54 p. + 64 p. d'annexes.

JARRET (P.). — Chênaie atlantique, Guide de sylviculture. — Paris : Lavoisier ; ONF, 2004. — 336 p.

PEYRON (J.-L.), TERREAUX (J.-Ph.), CALVET (P.), GUO (B.), LEPINE (F.). — Les principaux critères de gestion des peuplements forestiers : analyse critique et comparative. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 55, 1998, pp. 523-551.

PEYRON (J.-L.), MAHEUT (J.). — Les fondements de l'économie forestière moderne : le rôle capital de Faustmann, il y a 150 ans, et celui de quelques-uns de ses précurseurs et successeurs. — *Revue forestière française*, vol. LI, n° 6, 1999, pp. 679-698.

RAMSEY (F.P.). — A mathematical theory of saving. — *Economic Journal*, 38, 1928, pp. 543-559.

TERREAUX (J.-P.). — Principes de gestion des investissements en forêt. — Université de Toulouse I, 1990. — 374 p. (Thèse de doctorat nouveau régime).

VANNIÈRE (B.). — Tables de production pour les forêts françaises. — Nancy : ENGREF, 1984. — 159 p.

WINKLER (R.). — Does “better” discounting lead to “worse” outcomes in the long-run decisions ? The dilemmas of hyperbolic discounting. — *Ecological Economics*, 57, 2006, pp. 573-582.

Annexe : Données utilisées pour la simulation concernant le Douglas (p. 474)

Croissance des arbres : table de production de Decourt, Douglas, Ouest du Massif central, classe 2 (Vannière, 1984), modifiée pour retenir seulement trois âges d'éclaircie (25, 30 et 40 ans).

Coûts à l'hectare :

Installation (année 1) :	– 1 830 € ;
Regarni (année 2) :	– 150 € ;
Dégagements (années 3 et 5) :	– 400 € chaque ;
Premier élagage (année 16) :	– 700 € ;
Second élagage (année 21) :	– 760 € ;
Recettes et coûts annuels divers (parts de chasse, gestion, gardiennage, impôts...) :	– 23 €/an.

Prix de vente des bois : 30 €/m^3 (utilisation d'un prix moyen, en fonction de la circonférence des arbres, source des prix : *la Forêt privée*, janvier-février 2003 ; sauf pour les éclaircies, voir ci-après).

Volume enlevé lors des éclaircies : 21, 48 et 125 m^3 pour les éclaircies à 25, 30 et 40 ans respectivement, et pour un prix de vente unitaire de 0, 10 et 10 €/m^3 respectivement.

TAUX D'ACTUALISATION DÉCROISSANTS ET COHÉRENCE TEMPORELLE DES DÉCISIONS DE SYLVICULTURE (Résumé)

De nombreux travaux ont conclu au fait que les agents économiques, dont les propriétaires et gestionnaires forestiers, utilisent en pratique implicitement des taux d'actualisation décroissants pour évaluer des recettes ou des dépenses futures. Dans un contexte déterministe, cela conduit à une certaine incohérence des décisions, comme dans l'exemple schématique que nous développons, pour lequel les sylviculteurs sont conduits à prendre une suite de mauvaises décisions (choix erronés de l'essence de reboisement). Cependant, des travaux récents en économie théorique ont montré que, dans un contexte d'aléas, le choix de taux décroissants pouvait être rationnel. Nous montrons dans ce cadre comment l'incohérence temporelle peut être surmontée et comment la méthode classique de Faustmann peut être étendue. Nous illustrons sur un exemple concret l'impact sur les décisions de sylviculture de l'emploi de ces taux non constants.

DECREASING DISCOUNT RATES AND TIME CONSISTENT FOREST MANAGEMENT DECISIONS (Abstract)

Many studies in economics have concluded that economic agents implicitly tend to use decreasing discount rates when assessing future expenses or revenues. In a deterministic context this may lead to time inconsistent decisions, as shown in the schematic example that we develop, in which foresters are induced to take a series of wrong decisions. However, recent advances in theoretical economics have shown that in a non-deterministic context, the choice of decreasing discount rates may be rational. We show how the time inconsistency problem may then be overcome and how the classical Faustmann method may be extended. We apply these results on the traditional optimal tree harvest age question.