Actualisation et gestion forestière

J. FRAYSSÉ
M. MOREAUX
J.-P. TERREAUX

Cahiers d'économie et sociologie rurales, n° 15-16, 1990

C'est à deux des plus éminents forestiers du XIXe siècle, Faustmann et Pressler (1), que l'on doit d'avoir, pour la première fois, correctement formulé et résolu les problèmes de chaînes d'investissement (2). Pourtant la prise en compte de l'intérêt dans la gestion des forêts semble avoir toujours embarrassé certains forestiers. Certes la multiplicité des fonctions et des usages de la forêt, son rôle dans l'équilibre écologique au sens large, font qu'il serait certainement abusif et singulièrement réducteur d'aborder sa gestion sous un angle purement commercial ou trop étroitement financier, ce qu'on pourrait appeler de l'économie mal comprise (3). L'existence de ces externalités ne dispense cependant ni le simple particulier, ni les diverses collectivités, de procéder à des arbitrages intertemporels et donc finalement dans la plupart des cas d'actualiser, sous une forme généralement plus complexe que celle du cas simple que nous examinons ci-dessous. Même lorsque ces facteurs n'ont pas à être pris en considération, les conséquences de l'actualisation sont souvent contestées. Récemment encore, certains auteurs (4) croient devoir souligner que "les valeurs actualisées croissent exponentiellement avec le temps. C'est pourquoi leur utilisation pour des périodes très longues pose problème". Il s'agit à vrai dire d'un curieux renversement de point de vue, puisque c'est justement parce que l'immobilisation des capitaux est très longue qu'il est primordial pour l'investisseur, privé ou public, de pouvoir comparer des débours et des recettes à des dates très éloignées les unes des autres, donc, d'une façon ou d'une autre, d'actualiser.

Dans le même sens, on relève dans un précis d'estimation forestière qui fit longtemps autorité (5) : "Les théories de Pressler eurent un grand retentissement. Dans plusieurs pays, on les mit en application. Or, au maximum du "rendement net" (6) correspondent des âges d'exploitation généralement bas. Les calculs montrèrent que le terme de l'exploitabilité commerciale était souvent compris entre 65 et 75 ans. Comme les âges d'exploitation en vigueur jusqu'alors étaient voisins de 100 ans, c'est d'une trentaine d'années que les révolutions se trouvèrent abaissées . Mais bientôt il fallut déchanter. On s'aperçut que les peuplements, si uniformes, si bien rangés, ne justifiaient pas les espoirs qu'on avait fondés sur eux. La production baissa rapidement, les plantations se révélèrent sensibles aux parasites de toutes sortes et furent en butte aux accidents météorologiques. Le sol se dégrada. Il fallut convenir qu'on avait fait fausse route. On avait méconnu les principes culturaux et accordé trop d'importance à des principes purement financiers".

Ce texte fonctionne à deux niveaux. Il est d'abord assez typique, quant au réflexe qu'il suggère au lecteur, de toute une littérature assez vieillie

(1) Cf. Faustmann (1848) et Pressler (1860). Leur contribution va bien au-delà des seuls problèmes de gestion des forêts et concerne de façon générale les problèmes de déclassement, renouvellement, etc ...

(2) Pour un historique très documenté, voir Crabbé (1988).

(3) Il est souvent possible d'intégrer ces aspects dans l'analyse et d'esquisser des quantifications, ce qu'il faudrait faire pour discipliner des débats souvent abscons.

(4) De Montgolfier et Nattali (1987), p. 142.

(5) Schaeffer, 1960, p. 131 et 132.

(6) Comprendre la valeur présente actualisée.

aujourd'hui qui oppose, dans le cas présent, une "bonne" sylviculture à une "douteuse" finance, mais qui apparaît aussi dans d'autres domaines : "bonne" agriculture contre "mauvaise" finance ou "bonne" industrie contre "mauvaise" banque. Au plan logique, l'erreur est assez étonnante qui consiste à attribuer à l'actualisation les conséquences d'une mauvaise description de l'ensemble des modèles de croissance entre lesquels on a à choisir. C'est exactement comme si, ayant calculé pour un certain taux d'intérêt des rotations optimales à partir des courbes de croissance fausses, et constatant que les volumes de bois produits ne sont pas ceux prédits par le calcul, on imputait à l'actualisation l'erreur de prévision.

On pourrait multiplier les exemples de cette réticence, tant en France qu'à l'étranger. Il y a maintenant environ quinze ans, deux des plus grands spécialistes mondiaux de la théorie du capital et de l'investissement [7] essayaient de convaincre certains forestiers américains de ne pas maximiser le revenu annuel moyen [8], mais la valeur actualisée. Il n'est pas évident qu'ils y soient parvenus. Ce rejet peut avoir plusieurs causes. L'une d'elles, semble-t-il, est que les fondements de l'actualisation, les conditions précises dans lesquelles le gestionnaire est amené à maximiser la valeur présente actualisée et donc, dans le cas de la forêt, à utiliser la formule de Faustmann, furent rarement clairement exposés [9] ; d'où souvent, en premier lieu, une critique de l'actualisation ou de ses conséquences qui n'est pas pertinente, en second lieu la recommandation de critères incorrects (comme par exemple la maximisation du taux interne de rentabilité), et enfin une certaine difficulté à poser correctement les problèmes dans des environnements plus réalistes, donc plus complexes, que ceux que nous envisagerons ici. L'objet de cette note est de rappeler ces fondements dont l'oubli, et celui d'autres principes économiques élémentaires, obscurcit inutilement un débat important. Nous ne prétendons pas qu'il faille toujours gérer toutes les forêts selon le critère de Faustmann. Ce que nous soutenons, c'est que, s'il faut utiliser d'autres critères, ce n'est généralement pas pour les raisons invoquées par ceux qui le contestent.

FONDEMENTS DU CRITÈRE DE LA VALEUR ACTUALISÉE

1. On se propose ici d'examiner en détail ce qui justifie l'emploi du critère de la valeur actualisée dans les problèmes de choix d'investissement, et plus généralement de choix entre chroniques de recettes nettes en

[7] Cf. Hirshleifer (1977) et Samuelson (1977).

[8] Sous certaines conditions, en particulier de stationnarité des prix par rapport au temps et au volume, cela revient à maximiser le volume moyen de bois produit par an.

[9] C'est cependant de moins en moins vrai.

univers certain [10]. Ce point est si simple qu'il est rarement explicité [11]. Dans de nombreux ouvrages, l'actualisation est présentée comme une simple technique de comparaison de différentes suites de recettes nettes, qui n'est pas déduite de principes plus fondamentaux.

L'expérience montre que, bien que correcte, cette explication ne convainc pas toujours, qu'elle laisse des doutes sur son domaine de validité, et qu'elle crée quelques confusions.

2. Considérons un agent économique qui, à une date 0, établit le plan de ses opérations d'investissement, pour les T périodes (nous dirons "années") à venir.

L'expression "projet d'investissement" doit être entendue dans un sens très large : toute suite d'acquisitions, cessions et transformations de biens et services générant une chronique de recettes nettes. Par exemple, sont des problèmes de choix de projets d'investissements : le choix entre plusieurs types d'équipement, le choix entre plusieurs sylvicultures sur une parcelle ou un ensemble de parcelles données, le choix de la date de démarrage d'un projet déterminé. Décrivons l'ensemble des possibilités qui s'offrent à cet agent. Il doit choisir entre plusieurs projets d'investissement incompatibles, en ce sens que la réalisation de l'un exclut physiquement la réalisation de tous les autres (il peut se faire qu'un problème ne se présente pas naturellement sous la forme de choix entre projets incompatibles, mais il est toujours possible, en redéfinissant convenablement les projets, de se ramener à ce cas).

Un projet d'investissement est caractérisé par une suite de recettes nettes,

$$x = (x_0, x_1, ..., x_t, ..., x_T),$$

x_t désignant la différence entre les recettes effectivement perçues à la date t et les dépenses effectivement réglées à cette date, à l'exclusion des rentrées et sorties liées à des opérations financières (prêts et emprunts). On notera X l'ensemble des projets d'investissement incompatibles entre lesquels l'agent a à choisir.

Notons

$$z = (z_0, ..., z_t, ..., z_T)$$

la suite de recettes nettes que l'agent perçoit, qui résultent de décisions passées et irréversibles ou de décisions indépendantes du problème étudié (par exemple : remboursement — compté négativement — de dettes contractées dans le passé, recettes ou dépenses liées à des activités que l'on ne remet pas en cause ...). Ces recettes nettes pouvant, si elles sont posi-

[10] Toutes les valeurs futures des recettes et dépenses que l'on considère sont évidemment en pratique incertaines, de sorte que, pour un problème concret, l'analyse qui suit n'est au mieux qu'une approximation. Il est cependant utile dans un premier temps de distinguer l'aspect temporel de l'aspect incertitude.

[11] Cf. Milleron (1970) et Hirshleifer (1970) pour des développements plus complets.

tives par exemple, constituer des sources de financement des projets (autofinancement), ne doivent pas être *a priori* exclues de la description du problème.

Introduisons enfin les possibilités de financement externe auxquelles l'agent a accès. Il peut, à partir de la date 0, effectuer des opérations de prêt ou d'emprunt. On notera

$$f = (f_0, \ldots, f_t, \ldots, f_T)$$

un plan de financement externe, où f_t est le solde net de ces opérations à la date t : (montant des sommes empruntées à la date t) + (recouvrements à la date t liés aux prêts accordés depuis la date 0) – (montant des prêts accordés par l'agent à la date t) – (remboursements à la date t liés aux emprunts effectués depuis la date 0). On notera F l'ensemble des plans de financement possibles pour l'agent.

3. Lorsque l'agent a choisi un projet x dans X et un plan de financement f dans F, la suite de ses revenus nets est

$$y = x + f + z.$$

Quel est pour l'agent le "meilleur" projet, celui qui génère la "meilleure" suite y ? Evidemment, si deux projets x *et* x' sont tels que à chaque date x_t est au moins égal à x_t' et parfois supérieur, alors x est indiscutablement préférable à x'. Mais dans un problème non trivial, on aura à comparer des chroniques où les inégalités ne sont pas les mêmes à chaque date. Cependant, ce qui intéresse l'agent étant non le projet lui-même, mais la suite de revenus nets y qui peut lui être associée, on pourra dire également que x est préférable à x' si, pour tout plan de financement possible f', il existe un plan de financement possible f tel que, à toute date t

$$y_t = x_t + f_t + z_t \geqslant y_t' = x_t' + f_t' + z_t \text{ (avec une inégalité stricte au moins).}$$

La possibilité d'élire un projet préférable à tous les autres sur la seule base qui vient d'être indiquée dépend clairement de l'ensemble des plans de financement disponibles pour l'agent.

4. Limitons-nous d'abord au cas élémentaire où l'agent n'a à considérer que deux dates, 0 et 1. Il doit choisir l'un des projets

$$x = (x_0, x_1),\ x' = (x_0', x_1'), \text{ etc.}$$

Sur cet horizon minimal, les seules opérations financières envisageables consistent en emprunts (prêts) passés à la date 0 et remboursés (recouvrés) à la date 1. Supposons que l'agent puisse effectuer n'importe laquelle de ces opérations à un taux d'intérêt i. On dira alors que l'agent fait face à un marché financier parfait. Les plans de financement réalisables par l'agent sont alors toutes les suites de la forme $(\alpha, -(1+i)\alpha)$, où α est positif s'il y a emprunt net, négatif s'il y a prêt net. F est donc la droite $f_1 = -(1+i)f_0$ représentée sur la figure 1a.

Toutes les suites de revenus nets que le projet x peut engendrer sont les éléments de la droite $Y = x + z + F$. Dans le cas de la figure 1b, il est clair que toute suite de Y', générée par x', est dominée par une suite de Y : si l'on considère la suite y' par exemple, il existe un plan de financement qui,

Figure 1a

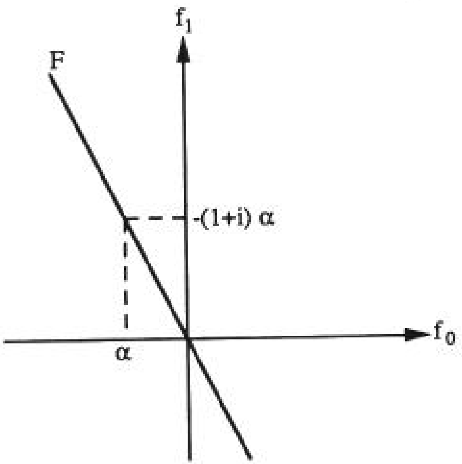
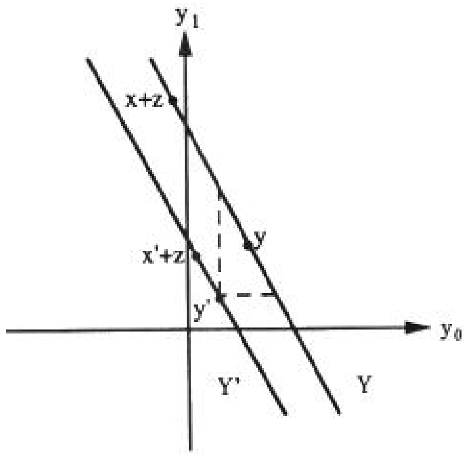


Figure 1b



associé au projet x, engendre une suite y qui donne un revenu supérieur à toute date à celui de y'. Pour exprimer que le projet x est ici supérieur au projet x', il suffit de dire que l'abscisse de l'intersection de Y et de l'axe des y_0 est supérieure à celle de Y':

$$(x_1 - z_1)(1+i)^{-1} + x_0 + z_0 > (x'_1 - z_1)(1+i)^{-1} + x'_0 + z_0,$$

soit encore

$$x_0 + (1+i)^{-1} x_1 > x'_0 + (1+i)^{-1} x'_1.$$

5. La généralisation à un nombre quelconque de dates est immédiate. Pour simplifier l'exposition, nous n'introduisons pas la possibilité de taux d'intérêt variables dans le temps [12]. Nous dirons que le marché financier est parfait si l'agent peut, au cours des périodes considérées, réaliser toute opération de prêt ou d'emprunt au taux d'intérêt i, indépendant du montant de l'opération.

Soit $s = (s_0, \ldots, s_t, \ldots, s_T)$ une suite de montants monétaires de signes quelconques. La valeur actualisée à la date θ, au taux d'intérêt annuel i, de cette suite, que l'on notera $V_\theta(s\,;i)$ est définie par :

$$V_\theta(s\,;i) = (1+i)^\theta s_0 + \ldots + (1+i)\, s_{\theta-1} + s_\theta + (1+i)^{-1} s_{\theta+1} + \ldots$$
$$+ (1+i)^{-(T-\theta)} s_T\,.$$

Un emprunt d'un montant e, au taux d'intérêt annuel i, est remboursé en n années si les annuités de remboursement $a_1, \ldots, a_n$ vérifient :

$$e = (1+i)^{-1} a_1 + \ldots + (1+i)^{-n} a_n.$$

Cette opération a une valeur actualisée nulle, quelle que soit la date de calcul. Un plan de financement est un ensemble d'opérations de prêts ou

[12] Il n'y a pas de difficulté particulière à envisager des suites non constantes de taux d'intérêt.

d'emprunts, chacun de valeur actualisée nulle, et donc si $f = (f_0, ..., f_T)$ est un plan de financement réalisable, on aura

$$V_0(f; i) = 0.$$

On vérifie aisément qu'à l'inverse, si

$$V_0(f; i) = 0,$$

f peut être décomposé en une suite de prêts ou d'emprunts réalisables.

Considérons alors deux projets incompatibles x *et* x', et supposons

$$V_0(x'; i) < V_0(x; i).$$

Montrons que l'on n'a pas intérêt à choisir le projet x'. Supposons que l'on ait choisi le projet x' et un plan de financement réalisable f':

$$V_0(f'; i) = 0.$$

On obtient alors la suite de revenus nets

$$y' = x' + z + f'.$$

Considérons le plan de financement f défini par

$$f_0 = f_0' + x_0' - x_0 + V_0(x; i) - V_0(x'; i), f_1 = f_1' + x_1' - x_1, ..., f_T = f_T' + x_T' - x_T.$$

On vérifie bien que

$$V_0(f; i) = 0,$$

de sorte que f est un plan de financement réalisable. La suite de revenus nets y engendrée par le projet x et le plan de financement f est

$$y_0 = y_0' + V_0(x; i) - V_0(x'; i), \quad y_1 = y_1', ..., y_T = y_T' ;$$

elle domine y' puisque le revenu net en 0 est supérieur à celui de y', et lui est égal en toute autre date. (On pourrait raffiner en construisant un plan de financement apportant des revenus nets supérieurs à chaque date).

6. On a donc montré qu'en situation de marché financier parfait, étant donné un ensemble de projets incompatibles, celui dont la valeur actualisée à la date 0 (ou à toute autre date commune à l'ensemble des projets) est la plus grande, est le "meilleur" dans le sens précis suivant : l'adoption de tout autre projet engendre une suite de revenus nets qui est dominée, en choisissant un plan de financement convenable, par une suite engendrée par le projet de valeur actualisée maximale. En d'autres termes, le projet de valeur actualisée maximale est préférable, au sens défini au paragraphe 4, à tout autre projet. Soulignons les deux points suivants :

i) Le choix du meilleur projet est "objectif" en ce sens qu'il ne dépend pas des préférences intertemporelles de l'agent. Il est le même, que l'agent manifeste une "préférence pour le présent" ou une "préférence pour le futur", pour autant que l'on puisse définir ces expressions. Le taux i servant à l'actualisation est le taux d'intérêt du marché, non un paramètre de la fonction d'utilité intertemporelle de l'agent. C'est le choix du plan de financement qui supporte tout le poids des éléments subjectifs du problème.

ii) Le résultat fait apparaître une propriété d'une grande importance pratique : le choix du meilleur projet ne dépend pas de la suite z des recettes nettes exogènes. Cela permet une décentralisation des décisions. En particulier, si l'on a plusieurs problèmes de choix indépendants, il est loisible de les résoudre séparément.

7. *Remarque* : Nous avons jusqu'ici raisonné implicitement en valeurs nominales. Il est équivalent, et c'est souvent plus intuitif dans un problème concret, de raisonner en valeurs réelles. Notons P_t la valeur à la date t de l'indice de prix jugé pertinent pour le problème, et supposons pour simplifier — mais c'est sans importance sur le fond — que P_t croît au taux constant p

$$P_t = (1+p)^t P_0.$$

Si i est le taux d'intérêt nominal pour la période $(t, t+1)$, un montant nominal m placé en t rapporte un montant nominal $(1+i)m$ en $t+1$, donc un montant réel m / P_t rapporte un montant réel $(1+i)m / P_{t+1}$. Le taux d'intérêt réel $\bar{i}$ est donc tel que

$$(1+\bar{i})\, m / P_t = (1+i)\, m / P_{t+1}.$$

Ainsi on a $(1+\bar{i}) = (1+i)/(1+p)$ (d'où la formule approchée, pour i et p petits, $\bar{i} \simeq i - p$). En notant $x = (x_0, x_1, ..., x_T)$ un projet en valeurs nominales et $\bar{x}$ ce même projet en valeurs réelles , on a

$$\bar{x} = (x_0 / P_0,\ x_1 / (1+p) P_0,\ ...,\ x_T / (1+p)^T P_0),$$

donc

$$V_0(\bar{x};\bar{i}) = x_0 / P_0 + [(1+i)/(1+p)]^{-1} x_1 / (1+p) P_0 + ...$$
$$+ [(1+i)/(1+p)]^{-T} x_T / (1+p)^T P_0 = V_0(x;i) / P_0.$$

Le projet ayant la plus grande valeur actualisée nominale est donc aussi celui ayant la plus grande valeur actualisée réelle.

MARCHÉS FINANCIERS IMPARFAITS

1. Assurément, aucun agent ne fait face, à strictement parler, à un marché financier parfait. Les risques inhérents à tout projet, et les différences entre les informations dont disposent l'agent et ses partenaires financiers, font que l'agent peut se voir imposer des plafonds d'endettement, des taux d'intérêt variant avec le montant des emprunts et qu'il doit apporter des garanties ; alors F n'est plus défini simplement comme

$$f / V_0(f;i) = 0.$$

Les règles fiscales traitent différemment l'autofinancement et le financement par emprunt, de sorte qu'il n'est pas exactement possible de définir indépendamment X et F ; c'est aussi ce qui se passe lorsque l'agent peut bénéficier de subventions ou de prêts bonifiés pour tels projets et non pour tels autres.

Dans certains cas simples, il est possible d'utiliser le critère précédent de la valeur actualisée maximale en le réinterprétant. Par exemple, si l'agent fait face à un marché financier parfait au taux i sauf sur ce point que, s'il choisit le projet x, il peut bénéficier d'un prêt remboursable à un taux $i' < i$, c'est la valeur actualisée au taux i de

$x +$ *(la suite des montants impliqués par le prêt bonifié)*

qu'il devra comparer à la valeur actualisée au taux i des autres projets.

En général, cependant, il ne sera pas possible en toute rigueur d'utiliser le critère de la valeur actualisée maximale. Mais si l'imperfection est jugée légère, des calculs de valeurs actualisées à un taux de l'ordre de grandeur de ceux du marché procureront une information intéressante. Si au contraire, l'imperfection est jugée très importante il faut la modéliser explicitement.

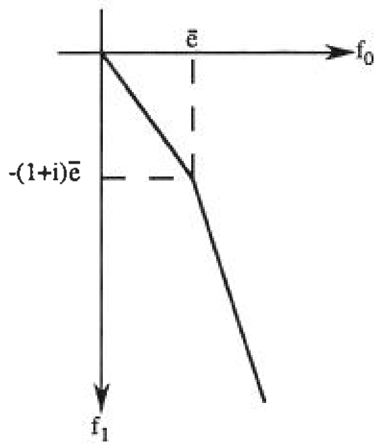
2. Pour illustrer les points que nous voulons souligner, un cas très simple sera suffisant. On considère deux dates seulement, 0 et 1. L'agent doit choisir entre des projets incompatibles $x^1, ..., x^K, ...$ Aucun d'entre eux ne peut être financé par les seules ressources exogènes de l'agent :

$x_0^K + z_0 < 0.$

L'imperfection du marché financier consiste en un plafond d'endettement sur le prêt qu'on peut obtenir au taux le plus intéressant : l'agent peut emprunter jusqu'au montant $\bar{e}$ au taux d'intérêt i_1 ; s'il veut emprunter $e > \bar{e}$, le montant $e - \bar{e}$ lui est prêté au taux d'intérêt $i_2 > i_1$. L'ensemble des possibilités d'emprunt (dans les conditions de l'exemple, l'agent ne peut pas prêter) est représenté sur la figure 2a. (Pour ne pas avoir à distinguer trop de cas, nous supposerons que pour tous les projets :

$x_0^K + z_0 + \bar{e} > 0, x_1^K + z_1 - (1 + i_1)\bar{e} > 0).$

Figure 2a



Sur la figure 2b, on a représenté, pour des projets x et x' donnés, l'ensemble des suites de revenus nets qu'ils peuvent engendrer :

$Y = x + z + F, \; Y' = x' + z + F.$

On voit que dans le cas de figure envisagé (2b) :

i) Aucun des deux projets n'est meilleur que l'autre dans le sens objectif précédemment précisé. Certaines suites de revenu engendrées par x ne sont pas dominées par des suites engendrées par x', et inversement. Un agent ayant une forte "préférence pour le présent" choisira x, qui donne plus à la première période, un agent plus "patient" préférera x'.

ii) Le choix entre x et x' peut n'être pas indépendant de z. Un agent préférant x à x' dans le cas de figure représenté pourrait, sans incohérence, préférer x' à x pour une suite z' différente.

Ainsi, en situation de marché financier imparfait, perd-on en général les possibilités *a)* de sélectionner un projet sur des bases "objectives", *b)* d'isoler le problème du choix entre projets des autres sources de revenu de l'agent. Par exemple, indépendamment même des considérations d'ordre sylvicole, la gestion d'une forêt en situation de marché financier imparfait n'est pas réductible à la gestion indépendante de chacune de ses parcelles. Pour un agent préférant des suites de revenus à peu près constantes, il est vraisemblable que les durées de révolution optimales seront telles que l'on se rapprochera d'une forêt équilibrée, ce que les seules considérations économiques n'impliquent pas en marché financier parfait.

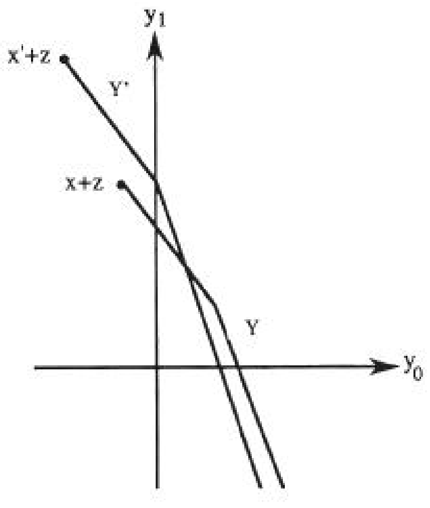


Figure 2b

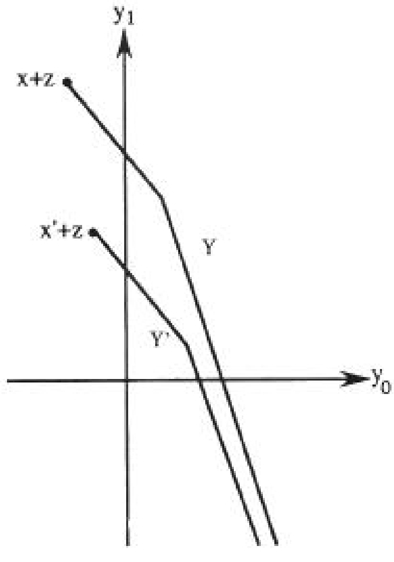


Figure 2c

Bien que nous ayons résolu de ne pas aborder les problèmes liés au risque, on peut remarquer que ce sont ces deux mêmes difficultés que l'on y rencontre. Le choix ne peut pas en général ne pas faire intervenir la notion "psychologique" d'aversion pour le risque —voir les travaux de Malinvaud et Henry sur les possibilités et les limites de l'utilisation d'équivalents certains. Le risque propre à chaque projet ne suffit pas en général à décrire correctement la situation : la covariance (pour simplifier) avec les sources de revenu exogènes au problème de choix considéré est tout aussi importante.

3. S'ensuit-il qu'en situation de marché financier imparfait, on ne puisse rien dire d'objectif sur le choix de projets ? Pas tout à fait. Si l'on peut être dans le cas de la figure 2b, on peut aussi être dans le cas de la figure 2c, où le projet x domine le projet x'. Pour distinguer entre ces deux situations, il suffit d'exprimer que dans le cas de figure 2c, l'abscisse (et respectivement l'ordonnée) de l'intersection de Y avec l'axe de y_0 (et respectivement des y_1) est plus grande que celle de Y', condition qu'un calcul élémentaire permet d'exprimer par :

$$V_0(x\,;i_1) > V_0(x'\,;i_1) \text{ et } V_0(x\,;i_2) > V_0(x'\,;i_2).$$

Ainsi, si l'on a, dans cette situation, à choisir entre les projets x^1, ..., x^K, etc, peut-on éliminer les projets dominés objectivement (ceux dont les valeurs actualisées au taux i_1 et au taux i_2 sont inférieures à celles d'un autre — cette caractérisation vaut pour deux dates ; pour un horizon plus long, des expressions plus complexes interviennent) et réserver le choix subjectif au groupe, que l'on espère restreint, des projets qui ne sont dominés par aucun autre.

Naturellement, les types d'imperfections d'un marché financier sont si nombreux qu'un modèle simple ne peut les capturer tous. Aussi, peu de résultats généraux sont à attendre. Mais le but et la méthode doivent être clairs : il ne s'agit pas de déterminer le meilleur projet (c'est en général impossible sur des bases objectives), mais le groupe des projets non dominés ; pour cela, il faut décrire l'ensemble des plans de financement efficaces (non dominés) et étudier leur translation par $x + z$ (voir Hirshleifer, 1970 ; Milleron, 1970 ; Terreaux, 1989).

D'AUTRES CRITÈRES ?

1. On trouve parfois suggérés d'autres critères de choix que celui de la valeur actualisée maximale : choisir le projet qui maximise le taux de rendement interne, ou qui minimise le délai de récupération, ou qui maximise la valeur actualisée par franc investi... Dans le domaine de la littérature forestière, on propose parfois la maximisation de la production moyenne de bois en volume, ou la maximisation des recettes moyennes, ou les critères dits de rente foncière ou rente forestière...

2. Considérons par exemple le taux de rendement interne (TRI). Il est défini comme le taux d'actualisation qui rend nulle la valeur actualisée d'un projet. Dans les notations employées ici, r est un taux de rendement du projet x si $V_0(x\,;r) = 0$.

Il est bien connu que le classement de projets suivant leur taux de rendement interne peut être différent de leur classement suivant leur valeur actualisée. Si l'on considère par exemple les projets

$$x = (-1, 2, 1) \quad \text{et} \quad x' = (-1, 0, 4),$$

le TRI du premier est $r = 2^{1/2}$, celui du second est $r' = 1$. Cependant, le second projet, à "faible" TRI, est celui qui a la plus grande valeur actualisée pour des niveaux de taux d'intérêt peu élevés, et donnera donc, dans ce cas, des suites de revenu nets dominant celles du premier.

Il est peut-être moins connu que le critère de la maximisation du TRI peut conduire non seulement à des erreurs, comme on vient de le montrer ci-dessus, mais également à des absurdités. Considérons l'exemple suivant : un équipement peut générer, dans les années postérieures à son achat, une suite de recettes nettes *a, a,...* On pense que le prix d'achat de cet équipement baissera au cours du temps ; notons p_t le prix à la date t. On se demande à quelle date il est opportun d'acheter l'équipement. On a à comparer les projets :

$$x^0 = (-p_0, a, a, \ldots),\ x^1 = (0, -p_1, a, a, \ldots),\ x^2 = (0, 0, -p_2, a, a, \ldots), \ldots$$

Le TRI du projet x^t est $r_t = a / p_t$, il est donc croissant avec t. Si l'on veut maximiser le taux de rendement interne, on est donc conduit à repousser indéfiniment l'achat de l'équipement.

Trouvera-t-on ces remarques non pertinentes parce que les marchés financiers étant imparfaits en pratique, le critère de la valeur actualisée n'est pas applicable en toute rigueur alors qu'il est toujours possible de calculer des TRI, ou des durées de révolution maximisant le volume de bois en moyenne, ou... et ce indépendamment de toute hypothèse sur les marchés financiers ? Mais le problème est de savoir ce qui justifierait le choix de ces critères.

3. Il convient de distinguer dans les présentations qui sont faites de ces différents critères deux approches bien distinctes.

Dans certaines présentations, ils apparaissent comme des recettes, et pour emporter l'adhésion, on fait appel à un leurre : qui ne voudrait choisir le projet qui a le plus fort taux de rendement interne, ou qui se rembourse le plus vite, ou qui procure le plus fort volume moyen de bois, etc, etc. On a vu qu'avec des marchés financiers parfaits, le meilleur projet peut être celui qui a le plus petit TRI. Des exemples analogues pourraient être donnés pour les autres critères. On a montré également qu'en situation de marchés imparfaits, il est en général impossible de classer tous les projets indépendamment des préférences intertemporelles de l'agent, alors que ces préférences ne sont pas explicitées dans ces présentations.

En revanche, d'autres études précisent les conditions (fonctions d'utilité intertemporelles et contraintes financières des agents) sous lesquelles tel ou tel critère peut être adopté. Comme le suggèrent les développements de la section 3, obtenir des critères simples suppose en général des conditions extrêmement restrictives ou d'interprétation malaisée. On trouvera dans Weingartner (1977) un excellent exposé des difficultés d'interprétation des modèles habituels de choix de projet en situation de rationnement de capital. Dans le domaine plus spécifiquement forestier, Mitra et Wan Jr. (1986) obtiennent un résultat asymptotique de maximisation du "rendement soutenu" (volume moyen maximal de bois) dans les conditions spéciales où la fonction d'utilité du décideur est la moyenne des utilités de chaque période, elles-mêmes fonctions strictement concaves du volume de bois de la période et où ce décideur n'a aucune possibilité de prêt et d'emprunt ni aucune autre source de revenu.

4. Les réticences à l'emploi de valeurs actualisées traduisent aussi parfois, nous semble-t-il, un refus plus fondamental : celui de l'usage d'un système de marchés, parfaits ou imparfaits, pour allouer les ressources. Il résulte en effet du fonctionnement des marchés une certaine répartition des revenus, notamment une répartition entre générations, répartition qu'on peut, pour diverses raisons, juger non souhaitable parce que privilégiant trop les générations présentes [(13)]. Supposons par exemple un taux d'intérêt réel du marché de 5 à 6 %. A ce taux d'intérêt réel, il est connu qu'il n'est pas rentable de faire du chêne de 220 ans. Si donc on ne subventionne pas le secteur forestier privé et si on impose au secteur forestier public une contrainte de rentabilité semblable à celle du privé, de tels chênes disparaîtront. Cela signifie que si le secteur forestier avait été soumis à ces contraintes, nous-mêmes ne pourrions bénéficier aujourd'hui de telles forêts. Mais cela signifie aussi que nous valorisons très peu l'effort d'investissement de nos ancêtres qui, pour les plus éloignés, ont planté ces arbres et, pour les plus proches, se sont abstenus de les couper pour nous les transmettre. Nous valorisons si peu cet effort que la rentabilité de l'investissement qu'ils ont consenti est inférieure à 5 %. Peut-être eut-il été plus judicieux que nos parents aient consenti un effort moindre ou qu'ils aient investi dans d'autres secteurs que nous valorisons plus. Il n'est pas impossible que les calculs en matière forestière doivent être faits à un taux d'intérêt plus faible que le taux du marché (éventuellement nul), mais il serait souhaitable que soient explicités les choix alternatifs et le coût, pour la collectivité, d'une telle gestion.

ORDRES DE GRANDEUR

On se propose maintenant d'examiner dans un cas particulier l'impact sur les durées de révolution et les revenus, de l'utilisation de différents critères de choix. La situation de référence est celle d'un marché financier parfait de taux d'intérêt réel de 3 %.

Les estimations de la chronique des recettes et des dépenses concernent la gestion d'une parcelle de pin maritime dans les Landes. Elles n'ont d'autre objectif que de permettre une illustration des conséquences des critères de gestion et n'ont donc aucune ambition de généralité [(14)].

Les principaux éléments de calcul sont les suivants :

— Modèle de croissance du pin maritime non gemmé (voir Lemoine, 1982, cité par Lanier, 1986, pp. 308-309, classe I, ou Vannière, 1984).
— Frais de plantation et de dépressage : 6 500 F/ha.

---

(13) Le problème de savoir qui est en charge des intérêts des générations futures n'est cependant pas un problème négligeable. Par ailleurs le marché traduit aussi la volonté des particuliers de laisser un patrimoine à leurs descendants.

(14) Pour plus de détails, cf. Terreaux (1989).

— Eclaircies à 8, 16, 20, 24 et 28 ans. Coût unitaire : 500 F, les recettes venant en déduction.
— Prix du bois, en fonction des diamètres, obtenus auprès d'un centre de gestion des forêts privées en 1987, les bois d'éclaircie subissant une décote de 10 % par rapport à celui des coupes définitives.
— Frais fixes : 200 F/ha/an (imposition, gestion, entretien courant...).
— Elagage à 20 ans : 1 000 F/ha.

Comme on le voit sur le tableau, les valeurs extrêmes concernant l'âge de coupe des arbres ont été obtenues pour la maximisation du taux de rendement interne et pour le critère dit de maximisation de la rente foncière (la maximisation du produit des ventes donne des durées de révolution si longues qu'elles sortent du modèle de croissance ; on trouvera les résultats d'autres critères dans Terreaux, 1989).

Critère	Age de récolte	Pertes en F/ha (1)	Pertes en % (1)
Maximisation de la valeur actualisée (critère de Faustmann)	40 ans	—	—
Maximisation du TRI (2)	35 ans	685	5,3
Maximisation de la rente foncière (3)	46 ans	2 025	15,8

(1) Pertes en capital par rapport à la situation de référence.
(2) Le TRI obtenu est de 5,0 %.
(3) Ce critère consiste en la maximisation de la moyenne annuelle de la somme des recettes nettes sur une révolution.

L'exemple ci-dessus n'a pas pour objet de prouver que la maximisation de la valeur actualisée est "le bon critère" de choix. Puisqu'il est construit sous l'hypothèse d'un marché financier parfait, tout autre critère de choix ne peut conduire qu'à des résultats inférieurs. Mais il montre bien que le débat sur les règles de gestion n'est pas purement académique : les conséquences physiques (âge de la récolte) et financières diffèrent significativement selon les règles adoptées. Il ne paraît donc pas inutile de réfléchir plus profondément qu'on ne l'a fait jusqu'à présent sur le point de savoir si les conditions qui justifient l'adoption du critère de la valeur actualisée sont empiriquement acceptables. Dans le cas d'une réponse négative, l'enjeu est suffisamment important pour que l'on se refuse à l'emploi de critères sans fondement et que l'on modélise effectivement les "imperfections" jugées les plus importantes. (15).

(15) Les auteurs remercient les trois rapporteurs, anonymes, dont les commentaires leur ont permis d'améliorer la présentation de cet article.

BIBLIOGRAPHIE

CRABBÉ (P.), 1988 — *The Literacy of the Natural Resource Economist*, Université d'Ottawa, Département de Sciences Economiques, Cahier de recherche 8802.

FAUSTMANN (M.), 1849 — Berechnung des Wertes, welchen Waldboden sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirschaft besitzen, *Allegemeine Forst und Jagd Zeitung*, 25, pp. 441-455.

HIRSHLEIFER (J.), 1970 — *Investment, Interest and Capital*, Englewood Cliffs (NJ), Prentice-Hall.

HIRSHLEIFER (J.), 1977 — Sustained Yield versus Capital Theory, in B. Dowdle *(ed)*, *The Economics of Sustained Yield*, Seattle, University of Washington, College of Forest Resource.

LANIER (L.), 1986 — *Précis de sylviculture*, Nancy, ENGREF.

MILLERON (J.-C.), 1970 — Rôle des facteurs financiers dans la décision d'investissement, *Annales de l'INSEE*, 5, pp. 41-79.

MITRA (T.), WAN Jr. (H.), 1986 — On the Faustmann Solution to the Forest Management Problem, *Journal of Economic Theory*, 40, pp. 229-249.

MONTGOLFIER (J.) de, NATTALI (J.-M.), 1987 — *Le patrimoine du futur*, Paris, Economica.

PRESSLER (M.-R.), 1860 — Aus des Holzzuwachslehre, *Allgemeine Forst und Jagd Zeitung*, 36, pp. 173-191.

SAMUELSON (P. A.), 1976 — Economics of Forestry in an Evolving Society, *Economic Inquiry*, 14, pp. 166-192.

SCHAEFFER (L.), 1960 — *Principes d'estimation forestière*, 2e édition, Nancy, Ecole Nationale des Eaux et Forêts.

TERREAUX (J.-P.), 1989 — *Critères d'investissement en forêt*, Rapport technique du GREMAQ 8906, miméo, Université de Toulouse I.

VANNIÈRE (B.), 1984 — *Tables de production pour les forêts françaises*, Nancy, ENGREF, 2e éd.

WEINGARTNER (M.), 1977 — Capital Rationing : n Authors in Search of a Plot, *Journal of Finance*, 32, pp. 1403-1431.