Chapitre

VIII

VIII. Evaluation des investissements

De nombreux facteurs participent à la décision d'investissements forestiers ; ils ne sont pas tous financiers. Mais, même lorsqu'un propriétaire décide d'investir pour des raisons affectives ou patrimoniales, il ne lui est pas interdit de vérifier si sa décision s'attache ou non à une certaine rentabilité. Cependant, la qualification de cette rentabilité n'est pas innée ; certes, un investissement de 3F qui rapportera 2F dans 10 ans n'est pas rentable ; à l'inverse un investissement de 3F qui en rapportera 300 dans 10 ans ne laisse pas planer de doute sur sa forte rentabilité. Mais les investisseurs sont plus souvent confrontés à des cas plus mitigés : un investissement de 3F qui rapportera 4F dans 10 ans est-il rentable ?

Pour mesurer cette rentabilité, les forestiers (Martin Faustmann) puis les économistes ont développé des outils de calcul. Nous les avons déjà introduit comme critères de gestion (1), mais nous présenterons ici leur origine théorique.

Alors que leur utilisation était orientée vers la comparaison de projets globaux de durées distinctes, ces critères de rentabilité trouvent leur emploi dans l'évaluation de la rentabilité d'un investissement ponctuel et unique. Leur illustration au travers de deux exemples, l'un concernant l'élagage, l'autre un investissement routier, permettra une meilleure compréhension de ces critères.

VIII.1. La théorie des investissements

L'exposé qui va suivre suppose acquis le développement présenté précédemment sur la théorie du temps en économie (2). En effet, cette théorie trouve son application naturelle dans l'évaluation des projets d'investissement.

Considérant un individu confronté à un investissement qui court de la période 0 à la période 1. Sur cette période, ses consommations, ses revenus et les revenus nets de son investissement sont donnés respectivement par :

Période	0	1
Consommation	C_0	C_1
Revenus	y_0	y_1
Revenus nets et investissements	a_0	a_1

Tableau VIII-1 : Caractéristiques d'un investissement et d'un investisseur

(1) voir chapitre V

(2) voir chapitre VI

En pratique a_0 est négatif (dépense relative à l'investissement) et a_1 est positif (revenu de l'investissement).

Nous supposerons que le marché financier est parfait, c'est à dire que tout consommateur prête et emprunte au même taux.

Les bilans nets actualisés successifs sont les suivants :

période 0 : $y_0 - C_0 + a_0$ $(a_0 < 0)$

période 1 : $y_1 - C_1 + a_1 + (1+r)(y_0 - C_0 + a_0)$ $(a_1 > 0)$

Le bilan final doit être positif et peut s'écrire :

$$\sum_{i=0}^{1} (1+r)^{1-i} \left(y_i - C_i + a_i \right) \geq 0$$

qui devient la nouvelle contrainte de budget.

En divisant par (1+r), on obtient :

$$\sum_{i=0}^{l} (1+r)^{-i} (y_i - C_i + a_i) \geq 0$$

Or, en l'absence d'investissement, la contrainte de budget est :

$$\sum_{i=0}^{l} (1+r)^{-i} (y_i - C_i) \geq 0$$

L'utilité doit être maximisée dans les deux cas. La figure suivante représente graphiquement le problème où l'investissement conduit à une utilité plus grande du consommateur (ce qui est recherché dans un investissement). On voit que ce fait est la conséquence d'une position de la droite de budget plus élevé et plus vers la droite. Une telle configuration se produit pour : $a_1 + \frac{a_2}{1+r} > 0$

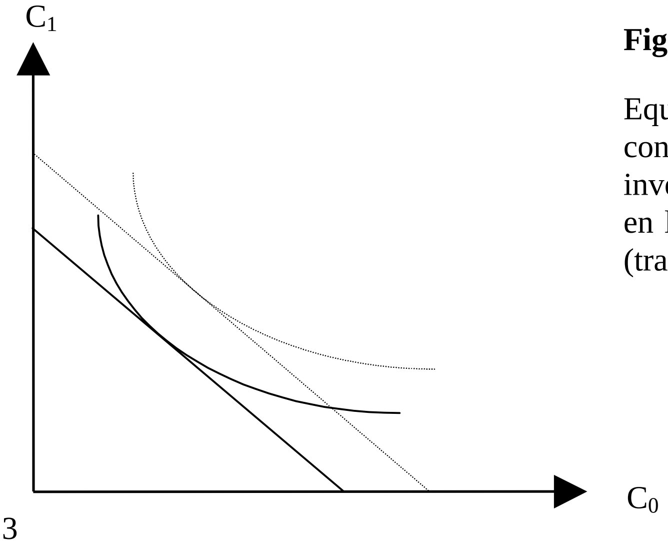

Figure VIII-1 :

Equilibre intertemporel d'un consommateur avec investissement (pointillés) et en l'absence d'investissement (traits pleins)

Ce résultat peut être généralisé au cas de T périodes. Un projet d'investissement peut être envisagé dès lors que :

$$\boxed{A_{(r)} = \sum_{i=0}^{T} (1+r)^{-i} a_i > 0}$$

(équation caractéristique de rentabilité d'un projet)

$A_{(1)}$ est la valeur actuelle du projet au taux r ; cette valeur n'est autre que le bénéfice actualisé déjà présenté au chapitre V :

$$BAS = \sum_{i=0}^{l} \frac{a_i}{(1+r)^i} = \sum_{i=0}^{l} \frac{R_i - D_i}{(1+r)^i}$$

où a_i n'est autre que le revenu net (R_i-D_i).

Ainsi le bénéfice actualisé (BAS) caractérise la rentabilité d'un projet.

VIII.2. L'investissement forestier

L'investissement forestier est caractérisé par des dépenses ($D_{(0)}$, $D_{(1)}$, ..., $D_{(i)}$, ...), des recettes (..., $R_{(i)}$, ..., $R_{(n-1)}$, $R_{(n)}$) et une durée d'investissement. Cette durée peut être choisie de deux façons différentes :

- le propriétaire considère qu'il ignore ce qu'il adviendra de son patrimoine après le retour de son investissement, c'est à dire la coupe finale (de l'arbre ou du peuplement) ; la durée d'investissement sera donc égale à l'âge d'exploitabilité (n),

- le propriétaire estime que sa forêt sera toujours une forêt et considère sa durée d'investissement comme infinie, ou plutôt comme la répétition d'une même période d'investissement (durée correspondant à l'âge d'exploitabilité) à l'infini.

Dans le premier cas le bénéfice actualisé s'écrit (1) :

$$BAS = \sum_{i=0}^{n} \frac{R_i - D_i}{(1+r)^i} > 0$$

ou si le propriétaire considère le fonds comme un investissement à l'année 0 et une recette à l'année n (2) (ce qui paraît légitime) :

(1) voir BAS, chapitre V

(2) voir BASF, chapitre V

$$BASF = \sum_{i=0}^{n} \frac{R_i - D_i}{(1+r)^i} - F\,\frac{(1+r)^n - 1}{(1+r)^n} > 0$$

ou encore :

$$\sum_{i=0}^{n} \frac{R_i - D_i}{(1+r)^i} = BAS > F\,\frac{(1+r)^n - 1}{(1+r)^n}$$

C'est à dire tel que le bénéfice actualisé soit supérieur à l'immobilisation du fonds [(3)].

Dans le second cas, le bénéfice actualisé s'écrit [(4)] :

$$BASI = \sum_{i=0}^{n} \frac{(R_i - D_i)(1+r)^{n-i}}{(1+r)^n - 1} > 0$$

ou encore

$$BASI = \frac{(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \sum_{i=0}^{n} \frac{(R_i - D_i)}{(1+r)^i} > 0$$

Le terme $\frac{(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$ étant forcément positif, le signe du BASI est le même que celui du BA.

Cependant, n'oublions pas que le BASI présente la même formulation que la valeur du fonds (d'après Faustmann) que l'on espère positif et même d'une valeur minimale égale à $F_{estimé}$, valeur du fonds que l'on estime [(1)]. Aussi, l'inégalité du BASI se présente ainsi :

$$BASI = \frac{(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \sum_{i=0}^{n} \frac{(R_i - D_i)}{(1+r)^i} > F_{estimé}$$

ou encore

$$BASI = \sum_{i=0}^{n} \frac{(R_i - D_i)}{(1+r)^i} > \frac{(1+r)^n - 1}{(1+r)^n} \times F_{estimé}$$

où on retrouve l'inégalité proposée par l'emploi du BASF.

---

(3) le coefficient multiplicateur du fonds est légèrement inférieur à 1 ; à titre indicatif, il vaut 0,86 pour n = 100 et r = 2% et 0,90 pour n = 60 et r = 4%

(4) voir BASI, chapitre V

(1) voir Le fonds, chapitre VI

Ainsi, en raisonnant à la manière d'un investisseur, l'investissement sur un projet forestier sera considéré comme rentable si, pour un taux fixé (2) (par l'investisseur), le bénéfice actualisé simple (BAS) est supérieur à l'immobilisation du fonds (dont la valeur est estimée).

Un tel raisonnement n'est valable que dans le cas d'un projet global comprenant l'achat du fonds et, toutes les dépenses et recettes affairantes à la parcelle considérée. Cependant, le propriétaire peut s'interroger sur la rentabilité d'un investissement plus ponctuel et ayant un effet sur le projet en cours ; on peut notamment citer le cas de l'élagage intervenant sur l'arbre ou le peuplement considéré, ou encore un investissement routier qui sera à prendre en compte sur l'ensemble des parcelles desservies.

La question que se posera alors le propriétaire sera *: "Si je dépense **x F** aujourd'hui en améliorant la qualité des arbres ou leur accès pour recevoir dans un avenir défini **y F** en plus que prévu, mon opération est-elle rentable ?"*

Cet "*avenir défini*" est différent selon le type d'opération :

- s'il s'agit d'une opération ayant un effet **ponctuel** dans le temps (cas d'un élagage où l'augmentation attendue des prix des bois ne concerne que les arbres élagués), il convient de prendre comme durée d'investissement celle qui sépare la première dépense (coût de l'élagage) de la dernière recette affectée par cet investissement (récolte des bois élagués) ; le **BAS** s'avère adapté à cette situation de rentabilité puisqu'il fonctionne sur une période définie et que le fonds n'est pas à prendre en considération dans un tel cas ; ce bénéfice actualisé s'écrit donc (3) :

$$BAS^I = \sum_{i=a}^{n} \frac{\left(R_i^I - D_i^I\right)}{(1+r)^{i-a}} > 0$$

- dans le cas d'une opération dont l'effet est supposé être **infini** (cas d'un investissement routier pour lequel des entretiens périodiques, voire des réfections partielles pérennisant l'ouvrage), il convient de raisonner à l'infini donc d'utiliser le critère du **BASI** ; le fonds étant occupé par le projet global, on peut écrire que l'investissement sera rentable si :

$$BASI^I = \sum_{i=a}^{n} \frac{\left(R_i^I - D_i^I\right)}{(1+r)^{i-a}} + \sum_{i=a}^{n} \frac{\left(R_i^I - D_i^I\right)(1+r)^{n-a-i}}{(1+r)^n - 1} > 0$$

(2) voir chapitre VI

(3) l'exposant I les recettes $R^I_{(i)}$ et dépenses $D^I_{(i)}$ concernant l'investissement uniquement ; a est l'année d'investissement initial.

Le premier terme représentant le bénéfice actualisé sur la révolution en cours, le second le bénéfice actualisé sur l'ensemble des révolutions suivantes l'étendant à l'infini.

VIII.3. La rentabilité d'un élagage

L'objet de l'élagage est d'augmenter la qualité des bois pour en tirer un prix unitaire supérieur. Un tel investissement est donc caractérisé par :

- une dépense d'élagage (en F/arbre ou F/ha) aujourd'hui (âge a),
- une recette supplémentaire à l'âge m (en F/arbre ou F/ha) sur les arbres élagués, que nous appellerons surplus.

Il s'agit donc de calculer le bénéfice actualisé d'un tel investissement ; ce bénéfice s'écrit :

$$BAS^{I} = -dépense + \frac{surplus}{(1+r)^{m-a}}$$

m-a étant le nombre d'années séparant l'élagage de la récolte des arbres élagués.
Nous examinerons la rentabilité de l'élagage des arbres appelés à constituer le peuplement final (m=n) puis nous étendrons ce même principe à des arbres dont la récolte pourra avoir lieu à l'occasion d'éclaircie (a<m≠n) afin de déterminer une densité optimale d'élagage.

VIII.3.1. Rentabilité de l'élagage des arbres qui constitueront le peuplement final

Pour étudier ce problème, examinons le cas de la parcelle 1. M. Dubois, à la lecture de cet ouvrage, entrevoit l'opportunité d'élaguer les 100 tiges qu'il suppose être en mesure de constituer le peuplement final coupé à 120 ans. Il estime, au regard d'autres placements possibles, que cet investissement doit être actualisé au taux de 2% par an. Un tel élagage coûterait 20F/arbre, soit 2 000F/ha. L'augmentation de la qualité induite par cet élagage modifierait la mercuriale des prix unitaires à partir du diamètre 40 cm :

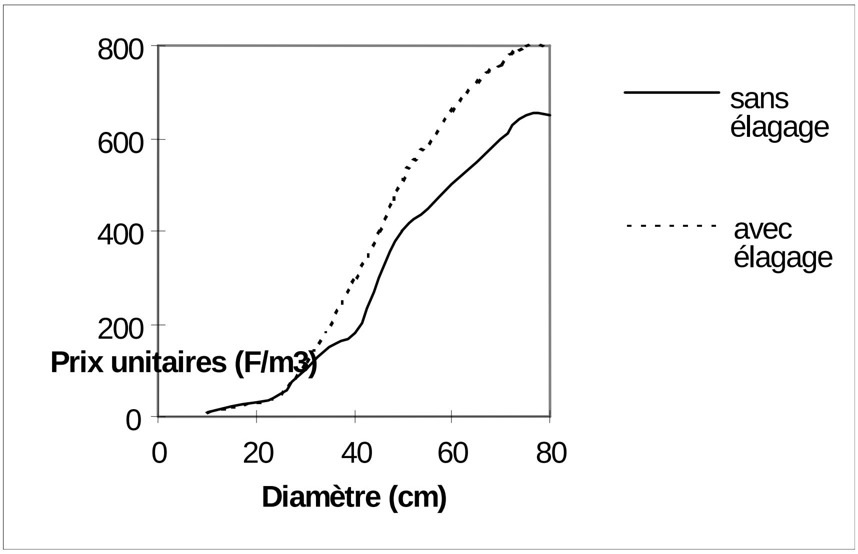

Figure VIII-2

Mercuriales de prix unitaires de bois

Ainsi la coupe finale à 120 ans rapporterait, tout frais relatifs à la commercialisation déduits, 165 933f/ha au lieu de 126 919F/ha soit un surplus de 39 014F/ha (soit 390,14F/arbre).

Le bénéfice actualisé d'un tel investissement s'écrit donc :

$$BAS^{I} = -2000 + \frac{39\ 014}{(1+0.02)^{120-50}} = 7\ 755F/ha$$

ou encore, si on raisonne par arbre :

$$BAS^{I} = -20 + \frac{390{,}14}{(1+0.02)^{120-50}} = 77{,}55F/arbre$$

Ce bénéfice étant positif, M. Dubois est disposé à lancer cette opération. Un même raisonnement pourrait être tenu en futaie irrégulière en raisonnant à l'arbre, et non à l'hectare, en connaissant le surplus de prix apporté par l'élagage.

VIII.3.2. Densité optimale d'élagage

Continuons à raisonner sur notre exemple. Si un tel élagage est rentable pour le peuplement final, qu'en est-il d'un même élagage sur les arbres susceptibles d'être coupés en éclaircies ?

Le coût d'élagage proposé précédemment était en fait décomposé en :

- 500F/ha forfaitaires de mise en chantier
- 15F/arbre élagué

D'autre part, des surplus sont prévisibles dans les recettes d'éclaircie.

Pour chaque arbre partant en éclaircie, le bénéfice actualisé de l'élagage s'écrit :

$$BAS^{I} = -\frac{d\acute{e}pense\ unitaire\ d'\acute{e}lagage}{nb\ arbres\ \acute{e}lagu\acute{e}s} + \frac{surplus\ de\ l'arbre\ coup\acute{e}}{(1+r)^{\hat{a}ge\ de\ la\ coupe-a}}$$

Prenons le cas d'un arbre coupé à 102 ans. A cette époque, la densité sera supposée de 169 tiges et le surplus à 14 522 - 9 911 = 4 611F/ha pour 36 arbres coupés, soit 62,75F/arbre. La dépense d'élagage par arbre prévue est de $\frac{15\times169+500}{169} = 18{,}00F/arbre$.

Le BAS^{I} s'écrit donc :

$$BAS^{I} = -18{,}00 + \frac{62{,}75}{(1+0.02)^{120-a}} = 4{,}41\text{F/arbre coupé}$$

L'élagage de ces arbres est donc envisageable. En étendant ce même principe à toutes les éclaircies, on obtient la densité d'arbres à élaguer en représentant le BAS[I] en fonction de la densité.

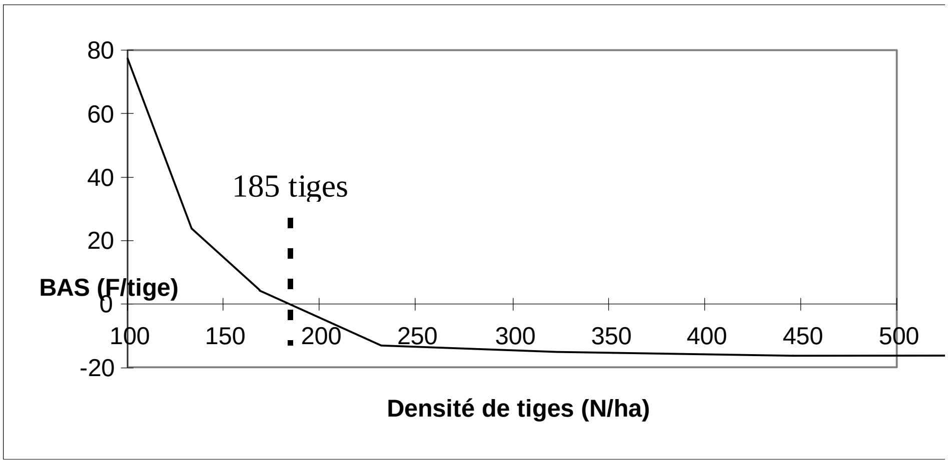

Figure VIII-3 : Valeur du BAS par tige en fonction du nombre de tiges élaguées

Le BA s'annule pour N= 185 tiges/ha.

Le BA de l'investissement d'élagage étant négatif pour une tige n'étant pas dans les 185 dernières à être coupées, son élagage n'est pas rentable. A contrario, toutes les tiges figurant dans les 185 dernières tiges restant voient le BA de leur élagage être positif ; elles méritent donc d'être élaguées.

On peut donc en déduire que la densité optimale d'élagage est de 185 tiges/ha.

Cependant, on remarque que le nombre optimal de tiges à élaguer (185) ne correspond pas à une densité à un moment donné.

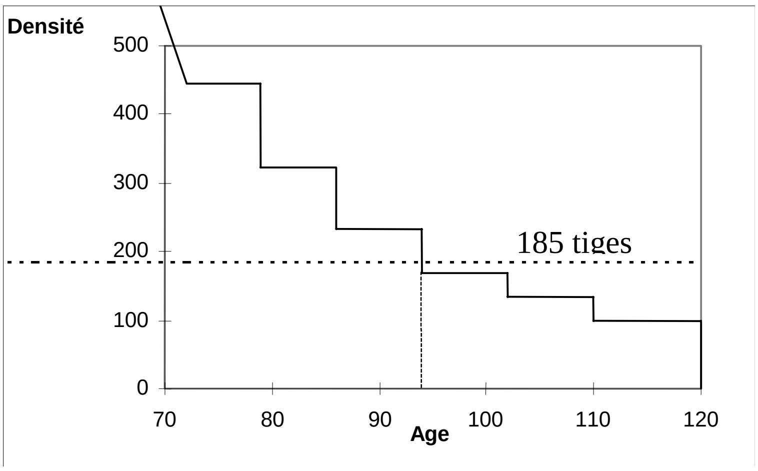

Figure VIII-4

Nombre de tiges dont l'élagage est rentable comparé à l'évolution du nombre de tiges dans le temps

On constate sur cette figure que la coupe à 94 ans produira des arbres élagués (16 en théorie) et des arbres non élagués (46 en théorie) ; on peut donc supposer que ces 16 arbres seront les plus beaux des 62 arbres coupés à 94 ans.

Un tel calcul renforcera le principe qu'il ne faut investir dans l'élagage d'un arbre que si celui-ci est susceptible de voir sa qualité (donc son prix unitaire) augmenter par cet élagage et qu'il figurera dans les derniers arbres (ou presque) présents dans le peuplement.

VIII.4. L'investissement routier

Contrairement à l'élagage, l'investissement routier est supposé avoir un effet s'étendant à l'infini. Cela suppose bien évidemment que cet ouvrage soit correctement entretenu par le propriétaire au moyen d'entretiens ponctuels (bouchage des nids de poules) et de réfections partielles (remise en forme de la chaussée, arasement des accotements). Aussi un tel investissement suppose-t-il une dépense importante à la création suivie de dépenses moindres plus ou moins périodiques.

L'effet attendu est un accès plus facile et moins coûteux des exploitants forestiers (distance et débardage moindre notamment), donc un prix de vente des bois plus élevé, des dépenses plus faibles de travaux (accès plus rapide au chantier) et des dépenses moindres de gestion par un gain de temps.

Le bénéfice actualisé d'un tel investissement s'écrit donc ainsi :

BAS^I = - dépenses actualisées s'étendant à l'infini + surplus actualisé s'étendant à l'infini

$$BAS^I = -\sum_{i=0}^{\infty} \frac{D_i^I}{(1+r)^i} + \sum_{i=0}^{\infty} \frac{R_i^I}{(1+r)^i}$$

où D_i^I représente la dépense concernant l'investissement à l'année i de l'investissement

et R_i^I le surplus apporté par l'investissement à l'année i de l'investissement.

Un projet routier est censé desservir plusieurs parcelles, aussi ses caractéristiques financières peuvent être ramenées à l'hectare pour chaque parcelle concernée. On peut alors recaler dans le temps l'investissement par rapport à l'âge du peuplement en question :

$$BAS^I = -\sum_{i=a}^{\infty} \frac{D_i^I}{(1+r)^{i-a}} + \sum_{i=a}^{\infty} \frac{R_i^I}{(1+r)^{i-a}}$$

où a est l'âge du peuplement à la date de la première dépense de l'investissement routier.

Si on suppose que les dépenses relatives à l'investissement se décompose en :

- un investissement initial : D_a^{II}

- des entretiens ponctuels constants, périodiques toutes les b années $D_{a+1}^{IP}, D_{a+p+1}^{IP}, \cdots$

- des réfections partielles constantes, périodiques toutes les c années $D_{a+c}^{IR}, D_{a+2c}^{IR}, \cdots$

Le terme du BA correspondant aux dépenses s'écrit ainsi :

$$BAS^{I} = \sum_{i=a}^{\infty} \frac{D_i^I}{(1+r)^{i-a}} + D_a^{II} + \frac{(1+r)^{b-1}}{(1+r)^b - 1} \times D_i^{IP} + \frac{1}{(1+r)^c - 1} \times D_i^{IR}$$

D'autre part, si on suppose que les surplus reviendront par période n (âge d'exploitabilité du peuplement) les surplus occasionnés par cet investissement s'écrivent :

$$\sum_{i=a}^{\infty} \frac{R_i^I}{(1+r)^i} + \sum_{i=a}^{n} \frac{R_i^I}{(1+r)^{n-a}} + \sum_{i=0}^{n} \frac{R_i^I \times (1+r)^i}{(1+r)^n - 1}$$

Le bénéfice actualisé obéit ainsi à différentes séquences des périodes b, c et n.