



HAL
open science

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.

Jean-Luc Peyron, Jacques Maheut

► To cite this version:

Jean-Luc Peyron, Jacques Maheut. 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*, 1999, 51 (6), pp.679-698. 10.4267/2042/5479 . hal-03443411

HAL Id: hal-03443411

<https://hal.science/hal-03443411v1>

Submitted on 23 Nov 2021

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.

économie et forêt

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

J.-L. PEYRON - J. MAHEUT

En décembre 1849, la revue allemande *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* ⁽¹⁾, toujours existante et vigoureuse en 1999, publiait un texte signé M. Faustmann et intitulé : “*Calcul de la valeur que possèdent, du point de vue de l'économie forestière, les sols forestiers ainsi que les peuplements non encore exploitables*” ⁽²⁾. L'auteur y développait son sujet de façon tellement claire et complète que la lecture de cet article peut encore être conseillée aujourd'hui et que de nombreux écrits scientifiques continuent à citer cette référence. C'est en particulier pourquoi la première traduction française que vient d'en faire J. Maheut mérite une analyse attentive par tous ceux qui sont amenés soit à estimer la valeur des forêts, soit à s'interroger sur la meilleure gestion sylvicole au plan économique ⁽³⁾.

Quant à l'acuité de la pensée de Faustmann, qu'on en juge par le passage suivant, extrait de l'introduction : « *[Nous ne devons] pas calculer la valeur de [peuplements non encore exploitables] à partir de la valeur marchande du volume de bois qu'ils portent actuellement, mais avec celle qui correspond aux usages probables de ces bois une fois arrivés à l'âge d'exploitabilité... Il est aisé de se rendre compte de l'intérêt pratique d'un tel calcul. Grâce à lui, nous disposons des bases néces-*

(1) Journal général de la Forêt et de la Chasse.

(2) “*Berechnung des Werthes, welchen Waldboden, sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen*”.

(3) Cette traduction est disponible à l'ENGREF, sous la forme d'un document simple vendu par le service des Publications.

Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung.

Monat December 1849.

Berechnung des Werthes, welchen Waldboden, sowie noch nicht haubare Holz- bestände für die Waldwirthschaft besitzen.

Herr Oberförster v. Gehren hat in dem October-
Hefte dieser Zeitung (Seite 361) seine Ansichten „über
Geldwerthbestimmung des holzleeren Wald-
bodens“ entwickelt, und hierauf sein Rechnungsverfahren

gegründet; gleichzeitig
Besprechung dieses wichti-
gen nun mit den Ansichten
Herrn v. Gehren theil-
weise auch einer anderen
wissenschaftliches Interesse
zu dürfen glaubten: so
das obige Thema nach
nahme auf diejenigen be-
deuten. Wir bemerken
daß wir bei unserer Re-
chnung des Waldwirthschafts-
Werth berechnen, welchen
lichem Gesichtspunkt an-
gabe vollständiger zu lösen
Gesichtspunkt aus, unser
bare Holzbestände ausdeh-
derselben berechnen, wel-
jeweiligen Holzgehalt
welcher durch ihre Nutz-
ist, — welcher ihnen näch-
schaft oder durch ihre Er-
mag aussehend oder nach-
tliche Bedeutung der Holz-
messen. Wir erlangen
über den Waldwerth bei
Verkäufen (Erspropriation)
Feuer, Insekten, Mensch-
theilhaftesten Betriebsart

ist das Verfahren selbst einfach, und seine Richtigkeit läßt
sich durch verschiedene Proben erweisen. — Wir fügen
uns auf das Zahlenbeispiel des Herrn v. Gehren, —
rechnen aber mit Zinsszinsen, weil wir dieß für das
Richtigere halten.

Wir unterscheiden zum Zweck unserer Rechnung den
aussehenden und nachhaltigen Betrieb; bei jedem
sobann, ob die Fläche holzleer oder bestanden ist,
und hierbei endlich, ob sie als eine für sich best-

am
höherer
hier gar
at zu betrach-
ere Fläche, welche
ist, und dieser Fall
für sich selbstständigen

adern die Art angegeben, wie
den Werth des Bodens und der
uß, haben dabei manche neue Sätze
n Grund zu manchen anderen gelegt.
gewendete Verfahren und die gefundenen
egen wir der Beurtheilung sachverständiger
vor, und ersuchen vorweg Herrn v. Gehren,
t eine gründliche mathematische Bildung besitzt, das
widerlegen, was seine Zustimmung nicht gefunden hat.
Den von uns gefundenen Satz heben wir besonders her-
vor: daß der forstwirtschaftliche Werth des
Bodens unverändert bleibt, ob man den aus-
sehenden oder nachhaltigen, normalen oder
abnormen Holzvorrath, die Fläche für sich
bestehend oder als Theil einer anderen der
Rechnung unterstellt.

Darmstadt, im October 1849.

M. Faustmann.

Texte fondateur de M. Faustmann (la première et la dernière page)
dans "Le Journal général de la Forêt et de la Chasse". On notera que l'article est publié
en tête du numéro de décembre 1849, ce qui confirme l'importance que Faustmann,
collaborant à la Revue, lui attachait !

saires pour estimer la valeur d'une forêt en cas de vente volontaire ou forcée (expropriation), en cas de dommages par le feu, les insectes, les hommes, etc., pour juger enfin du système de gestion et de la durée de révolution les plus avantageux ».

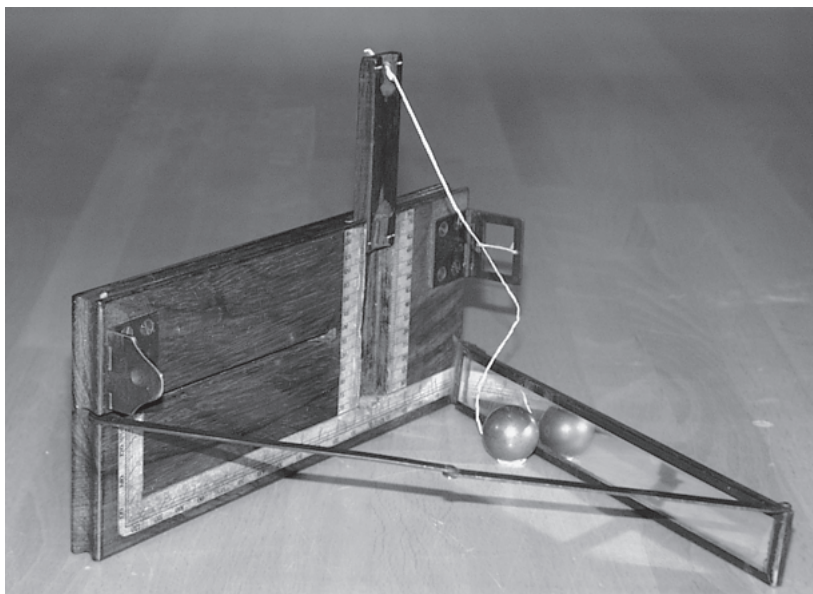
Martin Faustmann est né en 1822 à Giessen (Hesse, Allemagne). Entre 1841 et 1845, il suit la formation forestière dispensée par l'université de cette ville et dirigée par Carl Gustav Heyer, disciple d'Heinrich Cotta et successeur de Johann Christian Hundeshagen. Il obtient son diplôme de foresterie en 1845, puis présente, en 1846 et 1848, les examens nécessaires à son entrée dans le service forestier du Grand Duché de Hesse Darmstadt. Comme cela est courant à cette époque, il doit ensuite attendre que se libère un poste, ce qui sera le cas en 1857 avec son affectation à l'"Oberförsterei" de Dudenhofen dont le siège se trouve au château de Babenhausen. Il occupera ce poste jusqu'à sa mort le 1^{er} février 1876. Pendant la dizaine d'années qui s'écoule entre la fin de sa formation et son entrée dans le service forestier actif, Faustmann effectue divers travaux. Il assiste en particulier G.W. von Wedekind dans son rôle de rédacteur en chef de la revue forestière éditée à Darmstadt, *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*. Parallèlement, il s'intéresse à l'estimation de la valeur des forêts jusqu'à maîtriser totalement ce sujet. Il est alors naturel pour lui de publier le résultat abouti de ses réflexions dans la revue à laquelle il collabore (Mantel et Pacher, 1976).



Château de Babenhausen où était installé M. Faustmann entre 1857 et 1876 lorsqu'il fut à la tête de l'"Oberförsterei" de Dudenhofen

Faustmann publiera ultérieurement quelques autres articles sur ce même sujet. Il se fera aussi connaître pour l'invention d'un dendromètre ⁽⁴⁾. Mais il reste essentiellement le fondateur de l'économie forestière moderne par le biais de son article de décembre 1849.

Collection ENGREF - Nancy



Dendromètre de Faustmann

Dans les lignes qui suivent, sont successivement présentés et commentés le contenu et l'intérêt de cet article, les connaissances antérieures dans la lignée desquelles il s'inscrit, enfin les principales discussions et évolutions auxquelles il a donné lieu jusqu'à nos jours.

UN TEXTE FONDATEUR

Contenu de l'article

Dans son célèbre article, Faustmann présente une théorie générale de la valeur des forêts, fondée sur les mathématiques financières et présentée en quatre points.

Faustmann estime tout d'abord la **valeur d'un sol forestier nu** (le fonds) destiné à porter un peuplement équienne au cours de cycles successifs et identiques ; pour mieux asseoir, s'il en était besoin, sa théorie, et renforcer ainsi son pouvoir de conviction, il envisage cette évaluation de deux manières différentes mais convergentes. Sa première méthode consiste à réaliser l'analyse financière de la sylviculture d'un peuplement depuis sa constitution initiale jusqu'à sa récolte finale, puis à calculer la rente annuelle perpétuelle qui donnerait, sur la durée de révolution, le même résultat. La seconde effectue directement la somme algébrique infinie de toutes les recettes et dépenses futures actualisées ⁽⁵⁾.

(4) L'instrument de mesure en hauteur des arbres conçu par Faustmann est de la famille des dendromètres à perpendiculaire et à miroir ; il est décrit par Huffel dans son "*Économie forestière*" (Huffel, 1905).

(5) On rappelle que l'actualisation est une théorie reconnaissant qu'une somme disponible dans un an a une valeur inférieure à la même somme disponible aujourd'hui, indépendamment de toute inflation, et que le rapport correspondant peut être écrit $1 / (1 + p)$ où p représente le taux d'actualisation.

Il trouve dans les deux cas la formule suivante, reproduite ici fidèlement :

$$B = \frac{E + rD - C(1,0p)^u}{(1,0p)^u - 1} - \frac{A}{0,0p} \quad (1)$$

où : B : valeur du fonds ("Bodenwerth" ⁽⁶⁾)

E : recette ("Ertrag") de la coupe finale

D : valeur cumulée des éclaircies ("Durchforstungserträge")

r : facteur permettant de passer de la valeur cumulée des éclaircies à leur valeur capitalisée en fin de révolution ; l'écriture rD permet à Faustmann de ne pas trop compliquer la formule ;

en réalité, r est tel que $r \sum_{i=1}^{u-1} D_i = \sum_{i=1}^{u-1} (1,0p)^{u-i} .D_i$

C : coûts de constitution du peuplement ("Culturkosten")

p : taux d'actualisation ("Procent") ; la notation qu'utilise Faustmann est classique à l'époque ; il note en effet $1,0p$ ce que nous écrivons plus volontiers aujourd'hui $1 + p$; il note de même p sous la forme $0,0p$, comme il écrirait $0,04$ pour $p = 4 \%$.

u : durée de la révolution ("Umtriebszeit")

A : frais annuels d'administration ("Ausgabe für Verwaltung, Schutz, etc..").

À deux points près de pure forme (notation du taux et représentation de la valeur capitalisée des éclaircies), cette formule est très exactement celle qui est encore utilisée aujourd'hui.

Faustmann développe ensuite le calcul de la **valeur du peuplement** (la superficie en langage technique) qu'il réalise encore une fois de plusieurs manières, trois en l'occurrence. Il va même jusqu'à indiquer qu'une quatrième méthode pourrait être présentée ! Pour la première, il calcule directement la valeur du peuplement en capitalisant, sur l'âge de ce dernier, la rente foncière, les frais annuels d'administration et les frais de constitution du peuplement, puis en déduisant, s'il y a lieu, la valeur capitalisée des éclaircies déjà pratiquées. Le raisonnement de la seconde méthode est fondé sur les annuités qui sont représentées dans le peuplement mais ne seront effectivement perçues qu'à la fin de la révolution. Quant à la troisième méthode, elle consiste à noter que la valeur en bloc du fonds et du peuplement, à un âge quelconque de ce dernier, est égale à la somme infinie des revenus nets futurs actualisés. Il suffit alors de déduire du résultat la valeur du fonds, trouvée précédemment, pour obtenir celle du peuplement. La seconde formule de Faustmann est ainsi la suivante :

$$H = (E + rD) \cdot \left[\frac{(1,0p)^n - 1}{(1,0p)^u - 1} \right] + C \cdot \frac{(1,0p)^u - (1,0p)^n}{(1,0p)^u - 1} - \frac{rD - r'D'}{(1,0p)^{u-n}} \quad (2)$$

où : H : valeur du peuplement ("Bestandswerth")

n : âge du peuplement

$r'D'$: valeur capitalisée en fin de révolution des éclaircies à réaliser au-delà de l'âge n .

(6) Le mot "valeur" s'écrit "Wert" en allemand moderne et non plus "Werth".

Soucieux de montrer la justesse et la cohérence de sa théorie, Faustmann vérifie que la valeur du peuplement à l'âge u d'exploitabilité est bien égale à la valeur E de la récolte et, de même, que la valeur du peuplement qui vient d'être constitué est égale aux frais initiaux C .

À partir de la valeur du peuplement, la comparaison peut être faite entre valeur "économique" et valeur de consommation qui résulterait d'une exploitation. Si la valeur de consommation s'avère supérieure à la valeur économique, alors l'âge d'exploitabilité a vraisemblablement été dépassé et il n'existe plus aucun intérêt, du point de vue de la production de bois, à laisser le peuplement sur pied puisque sa plus grande valeur est celle que consacre la récolte. On voit bien ainsi tout le parti qui peut être tiré de la formule, non seulement pour connaître la valeur d'un peuplement mais encore pour en optimiser la gestion.

Alors qu'il présente ses calculs en supposant la répétition à l'infini de révolutions identiques, Faustmann prend aussi la peine de généraliser sa théorie aux cas de révolutions non identiques, pour lesquels la méthode de la somme infinie des revenus nets futurs actualisés continue évidemment à fonctionner.

Faustmann s'intéresse ensuite à une **forêt normale**, dont le revenu est soutenu. Il en conclut d'abord que la valeur du sol dans ce cas est évidemment la même que celle qui résulte de chacun des peuplements pris isolément. En effet, « *le tout est égal à la somme de ses parties* ». Pour le peuplement, il applique deux méthodes dont l'une consiste à sommer la valeur de chaque peuplement et l'autre à calculer directement la valeur de l'ensemble, par la somme infinie des revenus nets futurs actualisés, avant d'en retrancher la valeur du fonds.

Finalement, Faustmann traite le problème de la **transformation d'un sol nu en forêt équilibrée**. La méthode qui consiste à diviser le terrain en autant de parcelles que d'années de révolution, puis à reboiser chaque année une parcelle, n'est pas, pour lui et à juste raison, la plus efficace. Il propose de reboiser l'ensemble des parcelles, puis détermine l'âge à partir duquel il est optimal de commencer à récolter les peuplements. Sa proposition consiste à attendre que la valeur du peuplement équiennne soit égale à la valeur moyenne à l'unité de surface d'une forêt équilibrée. Le résultat s'avère différent de la demi-révolution qui était traditionnellement préconisée et qui sous-estime la réalité. Il s'agit là de la seule partie de l'exposé de Faustmann qui ne soit pas complètement rigoureuse et clairement justifiée. En effet, la règle que Faustmann propose, à savoir commencer la récolte lorsque le niveau du capital normal a été atteint, n'est qu'empirique et son efficacité économique reste à prouver. Faustmann omet par ailleurs de prendre en compte la perte qui est réalisée du fait d'une anticipation des coupes de certains peuplements. Enfin, il n'est pas certain, dans tous les cas, que la récolte des premiers peuplements soit véritablement bénéficiaire. Cependant, Faustmann indique clairement quand est atteinte la valeur moyenne d'un peuplement équiennne : ce moment est en général supérieur à la moitié de la révolution et dépend du taux d'actualisation et de la durée de révolution.

Principaux enseignements de ce texte

Par cet article, Faustmann fait donc globalement preuve d'une grande lucidité sur l'économie forestière. Il a bien compris l'origine de la valeur d'un bien et la relation qu'il convient d'établir entre celle-ci et les bénéfices (ou revenus nets) susceptibles d'être engendrés par le bien en question. Il indique que « *la différence entre les valeurs en capital de toutes les recettes et de toutes les dépenses qui interviennent indéfiniment dans une forêt correspond à la valeur de la forêt* » et encore que « *le sol forestier nu a une valeur fondée être calculée à partir des revenus nets ramenés au moment présent* ». Ainsi se trouve fondée la théorie de l'actualisation. D'ailleurs, sa seconde méthode de calcul de la valeur du fonds et sa troisième méthode de calcul de la valeur d'un peuplement constituent clairement une application fondamentale de ce principe. La valeur d'un bien y apparaît simplement comme la somme des bénéfices futurs actualisés que ce bien s'avère suscep-

tible d'engendrer. Non seulement cette méthode confirme la liaison que l'on soupçonne entre la valeur d'un bien et ses revenus futurs, mais encore en donne-t-elle une mesure particulièrement simple et dépouillée : il suffit d'additionner les bénéfices futurs attendus, après avoir seulement pris la précaution de les rendre comparables en les ramenant à la même échéance temporelle, la période présente, par le jeu de l'actualisation. Il est clair que se trouve ainsi marquée une certaine préférence pour le présent mais, pourvu que le taux utilisé reste raisonnable, celle-ci n'est pas démesurée ; contrairement à ce qui est parfois affirmé, la théorie de Faustmann ne lèse pas les générations futures par rapport aux générations présentes puisqu'elle est complètement sous-tendue par l'idée que le sol sera perpétuellement affecté à la forêt et restera en mesure d'engendrer des bénéfices périodiques et identiques d'une période à l'autre. Faustmann affirme ainsi « ... *notre calcul relève uniquement du domaine de l'économie forestière ; nous calculons donc la valeur que possède un sol forestier nu du point de vue forestier* ».

Il a bien vu ensuite que, dépendant des bénéfices futurs, cette valeur pouvait être augmentée en choisissant une gestion adéquate, symbolisée par exemple par l'âge de récolte : « *si... la durée de révolution choisie est la plus avantageuse pécuniairement, alors l'exploitation d'un peuplement avant l'âge d'exploitabilité doit engendrer une perte d'argent pour le propriétaire forestier ; le contraire montrerait qu'il y aurait avantage à exploiter plus tôt, autrement dit que la révolution est trop longue, donc non optimale* ».

Portée générale de la théorie de Faustmann

La conception développée par Faustmann en 1849 n'est évidemment pas propre au monde forestier et s'avère susceptible de concerner tout investissement. Or la théorie économique générale des investissements et du capital n'en était, à cette époque, qu'à ses balbutiements. Dans son approche de la valeur, l'Anglais David Ricardo (1817 : Les principes de l'économie politique et de la fiscalité) avait mis en évidence la dimension temporelle du capital et l'origine de la rente : « *Le blé ne renchérit pas parce qu'on paie une rente, mais c'est au contraire parce que le blé est cher qu'on paie une rente* ». En 1826, Johann Heinrich von Thünen, économiste et propriétaire foncier allemand, s'était intéressé à l'économie de ses terres et forêts mais, pour ces dernières, avait raisonné sur une seule révolution. En 1834, d'autres économistes avaient œuvré dans le bon sens sans toutefois développer une théorie aussi claire et juste que celle de Faustmann : l'Écossais John Rae et l'Anglais Mountiford Longfield (Dehem, 1985 ; Gane, 1968).

Après Faustmann, cette théorie générale du capital et de l'investissement mettra encore bien des années avant de s'élaborer. L'Autrichien Carl Menger (1871 : Principes d'économie politique), l'Anglais William Stanley Jevons (1871 : Théorie de l'économie politique), le Suédois Knut Wicksell (1893 : De la valeur du capital et de la rente) s'intéresseront à elle. Mais ce n'est pas avant la première moitié du XX^e siècle que la théorie sera clairement et complètement établie en dehors du monde forestier, notamment par Eugen von Böhm-Bawerk (1921 : Théorie positive du capital), qui a poursuivi en ce domaine l'œuvre de son compatriote Menger, et par l'Américain Irving Fisher, qui a avoué s'être inspiré de Rae (1906 : La nature du capital et du revenu ; 1907 : Le taux d'intérêt ; 1930 : La théorie de l'intérêt). Encore, même dans sa synthèse de 1930, Fisher ne traite-t-il pas correctement le cas forestier, ne raisonnant que sur une seule révolution et non sur une période infinie. À la même époque, cependant, l'économiste suédois Bertil Ohlin (1921) résout correctement le problème.

Ainsi, il peut apparaître regrettable que les réflexions du forestier Faustmann n'aient pas inspiré les économistes généraux à qui elles auraient fait gagner de précieuses décennies. Le manque de communication entre disciplines n'est cependant pas la seule raison expliquant que les économistes n'aient pas pris connaissance des écrits forestiers. La théorie de Faustmann a en effet été largement discutée à l'intérieur même du monde forestier, comme cela sera développé plus loin, ce qui a indéniablement limité ses applications à la sylviculture, donc restreint aussi sa diffusion vers l'économie.

LES PRÉMICES DE L'ÉCONOMIE FORESTIÈRE

Quel était l'état des connaissances avant Faustmann et quel a été, finalement, l'apport de ce dernier ? On peut considérer schématiquement que deux grandes catégories d'analyses avaient été développées avant 1849, dont l'ensemble constitue ce qui a été appelé plus haut la théorie du capital et de l'investissement. La première, historiquement, concerne la liaison entre la valeur d'un bien et les revenus que celui-ci engendre. La seconde, beaucoup plus récente, recherche les règles de choix entre plusieurs biens ou entre différentes gestions possibles d'un même bien, par exemple lorsque ce dernier est un terrain boisé. Le génie de Faustmann est en particulier d'avoir compris que ces deux approches étaient les deux facettes d'une même théorie.

Liaison entre valeur et revenus d'un bien

Il y a 5 000 ans, les Sumériens faisaient déjà payer un intérêt en contrepartie d'un prêt consenti et le code d'Hammourabi (roi de Babylone il y a 3 700 ans) édictait des règles en matière d'intérêt. Cependant, Aristote et plus tard l'Église condamneront de telles pratiques, tout en admettant la perception d'un loyer sur les terrains mis en fermage. Lorsqu'il s'agit de vendre un terrain, sa valeur est alors reliée au montant du loyer perçu par le biais du nombre d'années nécessaires à la rembourser. On a ainsi, en conservant au maximum les notations de Faustmann :

$$B = d.E \quad (3)$$

où : B : valeur du fonds (en unités monétaires)

d : durée de remboursement du fonds par le loyer (ans)

E : revenu du propriétaire sous forme de loyer (en unités monétaires par an)

Nous ferions aujourd'hui plus volontiers appel au taux d'intérêt réel p (hors inflation) et écririons cette relation sous la forme équivalente à la précédente :

$$B = E/p \quad (4)$$

C'est ainsi qu'on utilisait en Occident, depuis le début de notre ère et pour les terrains agricoles, des durées de remboursement allant de 10 à 30 ans, donc des taux d'intérêt de 3 à 10 % environ.

La formule (4) se retrouve aisément à partir de la théorie de l'actualisation et de celle des progressions géométriques. La première nous indique qu'une somme S_1 , disponible dans un an, a pour nous aujourd'hui une valeur moindre S_0 telle que :

$$S_0 = \frac{S_1}{1+p} \quad (5)$$

En généralisant ce raisonnement, il est aisé d'en déduire que la valeur d'un capital B engendrant chaque année un revenu E est égale à :

$$B = \frac{E}{1+p} \left[1 + \frac{1}{1+p} + \frac{1}{(1+p)^2} + \frac{1}{(1+p)^3} + \dots \right] = \frac{E}{1+p} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{1+p}} = \frac{E}{p} \quad (4 \text{ bis})$$

Cependant, pour s'intéresser au simple rapport entre la valeur et le revenu annuel d'un fonds, il n'est nul besoin de posséder la théorie de l'actualisation ni de connaître les progressions géométriques. En

revanche, pour traiter des cas plus complexes que ceux dans lesquels un terrain produit un revenu annuel et constant au cours du temps, ces deux concepts s'avèrent particulièrement utiles.

Dès le premier siècle, le Romain Columelle (*De re rustica* — De l'économie rurale) s'est livré à des calculs sur la vigne qui tiennent de l'actualisation (Martin, 1971). Mais il faut attendre 1584 pour avoir des tables d'intérêt, élaborées par le mathématicien et physicien flamand Simon Stevin, puis 1682 pour que le savant et homme politique allemand Gottfried Wilhelm Leibniz les formalise en séries géométriques avant de les utiliser dans le but de montrer comment, grâce à la logique mathématique, la prohibition de l'usure peut être contournée (Schneider, 1999).

Ces nouvelles techniques de calcul, ainsi mises au point pour les besoins des milieux financiers, sont dès lors disponibles en particulier pour les forestiers ⁽⁷⁾. Les problèmes d'estimation de la valeur des forêts commencent alors à être discutés à partir du XVIII^e siècle. Le premier cas aurait été traité en Angleterre en 1730 par J. Richards pour calculer la valeur d'un fonds portant un taillis exploité à 15 ans (Schneider, 1999). Richards néglige l'ensemble des dépenses et ne prend en compte que le produit de la vente du taillis au bout de 15 ans, mais il suppose la répétition à l'infini des révolutions en procédant finalement de la même manière que Faustmann dans sa première méthode. Son calcul revient alors à appliquer la formule suivante, qui constitue le pendant de la formule (4) dans le cas où les revenus ne sont plus annuels, mais reviennent périodiquement toutes les u années, et sont pour cela notés E_u :

$$B = \frac{E_u}{(1+p)^u - 1} \quad (6)$$

C'est surtout dans les pays germaniques et vers 1800 que de telles évaluations vont se multiplier, s'affiner et aussi être le siège de certains débats. En 1793, Anton Däzel modélise la croissance forestière sous forme exponentielle et en déduit la valeur actuelle d'une forêt en utilisant la théorie du capital, tout en attribuant la paternité de l'évaluation au conseiller forestier prussien C.W. Hennert (dont le livre est divisé en deux tomes publiés respectivement en 1791 et 1795). En 1813, Gottlob König calcule la valeur du fonds d'une forêt sans produire de formule mais en réalisant des calculs tout à fait corrects. Cependant, à cette même époque, l'utilisation des intérêts composés n'est pas unanimement admise et les intérêts simples sont mieux compris. Le célèbre forestier Georg Ludwig Hartig, en 1813, n'utilise encore que les intérêts simples. De son côté, Heinrich Cotta publie en 1818 des tables d'actualisation contenant les cinq formules principales des mathématiques financières, mais les exprimant de trois manières différentes selon que les intérêts sont simples, composés ou considérés en moyenne entre ces deux extrêmes ! Klaus Kröncke en 1813, Johann Christian Hundeshagen en 1826, Friedrich Löhmann en 1829 clarifieront ce débat mais resteront peu écoutés.

C'est dans ce contexte encore flou que vont s'affronter, en 1849 et dans les colonnes de *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, le forestier expérimenté von Gehren et le jeune diplômé Faustmann. Ce dernier présente en effet, dans le numéro d'août 1849, un exemple d'estimation de la valeur du fonds. Cet article est signé "F." mais, lorsqu'on en voit le sujet et que l'on sait que Faustmann collaborait à la revue, il est évident que celui-là en est l'auteur ⁽⁸⁾. La méthode préconisée dans cet article est vraisemblablement illégitime pour von Gehren qui publie, deux mois plus tard et dans la même revue, un exemple par lequel il montre les aberrations auxquelles on peut parvenir. Celles-ci proviennent en fait de trois erreurs : tout d'abord l'utilisation d'intérêts moyens entre intérêts simples et composés ; il faut d'ailleurs noter que von Gehren utilise une moyenne géométrique et non arith-

(7) On pourrait analyser de même d'autres domaines d'application, concernant généralement les ressources naturelles, tels que l'exploitation minière.

(8) Cet article n'a cependant pas été mentionné ultérieurement, par exemple dans la traduction anglaise traduite par Linnard et préfacée par Gane (1968).

métique comme l'avait proposé Cotta ; ensuite le choix d'un cas pour lequel la sylviculture conduite n'est pas rentable ; enfin la confusion faite entre la valeur marchande du peuplement sur pied et sa valeur actuelle d'avenir. Ce sont finalement ces erreurs qui obligent Faustmann à développer l'ensemble de la théorie dans son fameux article écrit dès octobre mais publié en décembre 1849.

Optimisation de la gestion

Le désir d'optimiser la gestion forestière se manifeste en France dès le début du XVIII^e siècle. En effet, avec les défrichements qui se sont succédé depuis le Néolithique et ont abouti à un faible niveau des ressources forestières françaises, avec les guerres et autres troubles qui ont occasionné de forts prélèvements en forêt pour les besoins de l'armée, des populations, voire des finances du Royaume, avec l'évolution démographique qui a fait de la France le pays le plus peuplé d'Europe et a par là même engendré une demande finale grandissante, avec le développement des forges, salines et autres verreries, grandes consommatrices de bois, les forêts françaises n'arrivent plus à satisfaire les besoins. L'idée se développe alors de gérer cette pénurie en augmentant la productivité des forêts et en pratiquant une meilleure gestion sylvicole. À cette époque, l'énergie est le débouché essentiel qui est satisfait par le traitement en taillis, éventuellement sous futaie. Les débouchés du bois d'œuvre se développent également. Une exploitabilité précoce des taillis entraîne à la fois une faible productivité et l'absence de brins issus de graine, susceptibles de fournir de bons baliveaux. L'âge minimal d'exploitabilité des taillis devient réglementaire (l'Ordonnance de 1669 le fixe à 10 ans) et tend à être augmenté, au moins dans certaines situations (forêts royales, bois des ecclésiastiques, communautés, paroisses). Mais la révolution des taillis reste en pratique extrêmement courte.

Comment déterminer l'âge optimal d'exploitation ? René Antoine Ferchault de Réaumur prend le problème à la "racine". Les connaissances de l'époque sont trop maigres pour apprécier et quantifier le rythme de croissance du taillis, et résoudre ainsi le problème posé. Réaumur préconise donc, en 1721 et dans une communication à la Société royale d'Agriculture, d'entreprendre des expérimentations. Ses propositions ne sont pas très ambitieuses : il suggère simplement de comparer, par pesée, la production sur 30 ans de deux parcelles de taillis gérées en trois révolutions de 10 ans pour l'une, deux révolutions de 15 ans pour l'autre. Il se fait d'ailleurs peu d'illusions sur la probabilité qu'une telle suggestion soit suivie d'effets : *« On ne peut guère espérer, dit-il, que l'impatience française permette d'entreprendre des expériences de si longue haleine ; nous voulons tout savoir, avoir tout fait dans le moment. Des expériences de cette nature seraient aussi plus sûrement conduites par ceux qui nous gouvernent. Elles sont un objet assez important pour l'État, pour mériter leur attention, et j'ose dire que ce sont les plus belles et les plus grandes expériences qu'un Prince puisse faire entreprendre »* (d'après Varenne de Fenille, 1791).

Cependant, Georges Louis Leclerc de Buffon et Henri Duhamel du Monceau se livrent à de telles expériences et arrivent à des conclusions divergentes, au moins au plan théorique. En 1764, Duhamel du Monceau considère un taillis aménagé, parfaitement équilibré de 600 arpents et compare les produits annuels d'une telle forêt gérée en 20 coupons annuels de 30 arpents, 25 coupons de 24 arpents ou 30 coupons de 20 arpents. Il trouve 6 180 livres dans le premier cas, 7 968 livres dans le second, et 10 960 livres dans le troisième. Il en déduit alors qu'il convient de retarder l'exploitation des taillis. Il n'indique pas clairement que le choix doit se porter sur le mode de gestion qui procure le plus fort produit moyen annuel à l'unité de surface, mais son résultat peut très bien se formuler ainsi. Ce critère de gestion sera cependant très peu remarqué à l'époque, en particulier parce que les données utilisées par Duhamel seront jugées douteuses. Pourtant, l'essentiel n'était-il pas de considérer la méthode ? L'Allemand G.L. Hartig confirmera en 1796 ce qu'il est convenu d'appeler le critère de Duhamel, en procédant de façon légèrement différente et en comparant la productivité du taillis et celle de la futaie sur un nombre d'années multiple de la révolution de chacun des deux régimes. Ainsi, en 120 ans, quatre révolutions de taillis produisent 266 mètres cubes tandis qu'une révolution de futaie représente 490 mètres cubes de bois.



Page de garde de la traduction allemande du livre de Duhamel du Monceau "De l'exploitation des bois", publié deux ans seulement après l'édition française

Buffon, quant à lui, décrit en 1774 une méthode théorique pour trouver l'optimum en raisonnant sur un seul peuplement considéré dans le temps plutôt que sur un ensemble équilibré comme le faisait Duhamel, ou sur une durée fixe comme l'indique Hartig. Il préconise ainsi de couper lorsque « l'accroissement du bois commence à diminuer » en décrivant clairement le maximum d'accroissement courant plutôt que celui de l'accroissement moyen. Ce fait a déjà été commenté dans cette revue à l'occasion d'une évocation de Philibert Varenne de Fenille dont un des mérites est d'avoir clairement soutenu la théorie de Duhamel du Monceau sans pour autant ternir la réputation de Buffon (Peyron, 1996).

Il faut revenir ici plus longuement sur Varenne de Fenille. Ce propriétaire bressan a en effet aussi fourni une règle simple pour déterminer au mieux “le moment optimal” : pour maximiser la quantité de bois produite en un temps donné, il faut exploiter un peuplement lorsque son accroissement moyen depuis l’origine devient égal à son accroissement courant. Ce résultat est important à deux titres au moins : il facilite tout d’abord la mise en application du critère déjà utilisé par Duhamel ; il consacre ensuite une approche qui sera prônée plusieurs décennies plus tard en économie sous le nom de marginalisme : Varenne de Fenille raisonne “à la marge” en regardant s’il est opportun ou non de conserver, une année supplémentaire, le peuplement sur pied. Si la production de cette année supplémentaire (l’accroissement courant) est inférieure à la production moyenne depuis l’origine (l’accroissement moyen), alors la première fera baisser la seconde et il n’y aura aucun avantage à laisser sur pied le peuplement. Le résultat s’inverse évidemment dans le cas contraire. Il s’agit là d’un raisonnement précurseur que Varenne de Fenille va réitérer dans un cas beaucoup plus compliqué, malheureusement en commettant une petite erreur.

Interdit en France par un capitulaire de Charlemagne datant de 789, le prêt à intérêt a été réhabilité par l’État (mais pas encore par l’Église) 1 000 ans plus tard, le 12 octobre 1789. Il devenait dès lors possible d’y faire officiellement référence.

Ainsi, après avoir indiqué comment maximiser la production en volume d’un peuplement (il en irait de même pour la production en valeur dans la mesure où, pour un taillis, le prix du bois peut être considéré comme peu variable avec l’âge d’exploitation), Varenne de Fenille remarque «... [qu’]il entre une donnée de plus, savoir l’intérêt pécuniaire qu’eût rapporté le prix du taillis vendu, et dont on est privé lorsqu’on diffère la vente». Cette formulation est en tous points valable, mais l’exemple numérique qui lui est associé ne sera pas traité de manière satisfaisante. En effet, Varenne de Fenille recherche à juste titre l’âge auquel le maintien sur pied du peuplement rapporte autant qu’il coûte, à l’aide d’un raisonnement similaire à celui qu’il tenait à propos de la seule production en volume. Dans ce cas plus sophistiqué qu’il appelle le “maximum composé”, par opposition au “maximum simple” de la production moyenne annuelle, le revenu résultant d’une année supplémentaire de croissance est égal au surplus de valeur de la récolte finale, soit $E_{u+1} - E_u$. Quant au coût du maintien sur pied de la récolte, il correspond à l’immobilisation financière pendant un an, d’une part du peuplement, d’autre part du fonds, et s’exprime selon Faustmann par $pE_u + p \frac{E_u}{(1+p)^u - 1}$.

Le coût d’immobilisation du peuplement est correctement pris en compte par Varenne de Fenille mais pas celui du fonds, remplacé par $\frac{E_u}{u}$ que l’on peut aussi écrire $p \frac{E_u}{pu}$.

Trois hypothèses peuvent expliquer la divergence qui apparaît sur le coût d’immobilisation du fonds :

- Varenne de Fenille effectue un calcul approximatif ; on sait en effet que $(1+p)^u$ est peu différent de $1+pu$ pour p et u petits ;
- il utilise les intérêts simples plutôt que composés, ce qui aboutit au même résultat que l’approximation ;
- il détermine la valeur du fonds comme il le ferait pour un terrain agricole, c’est-à-dire en divisant le revenu moyen annuel par le taux, soit $(E_u/u)/p$; or, dans le cas forestier où le revenu est périodique, on n’obtient pas ainsi la valeur du fonds mais la valeur moyenne, au cours d’une révolution, de la forêt en bloc.

Finalement, Varenne de Fenille ajoute à la valeur du fonds, sans doute involontairement, la valeur moyenne du peuplement entre la constitution et la récolte de celui-ci. Ce faisant, il comptabilise partiellement deux fois le coût d’immobilisation du peuplement. Pour éviter cette méprise, il lui a manqué les rudiments de la théorie de la valeur qui ne feront pas défaut à Faustmann. Cette erreur apparaît bien faible au plan théorique et intervient dans une approche marginale sans doute plus

complexe à manier à l'époque que celle qu'utilisera plus tard Faustmann. Au plan pratique cependant, elle conduit à des résultats assez radicalement différents de la solution juste avec une récolte du taillis étudié vers 20 ans au lieu de 30.

Une tentative du même ordre sera réalisée trois années plus tard par l'évêque écossais Richard Watson : « *chaque arbre de chaque espèce devrait être coupé et vendu quand son accroissement annuel en valeur, du fait de la croissance ligneuse, devient plus petit que l'intérêt annuel du montant auquel l'arbre aurait été vendu* » ; cependant, le coût de l'immobilisation du fonds, sur lequel Varenne de Fenille a échoué, est ignoré par Watson.

La force de Faustmann

À l'issue de cette fresque historique, il est aisé de comprendre l'exceptionnelle portée de l'article de Faustmann même si, finalement, ce dernier n'a rien véritablement inventé.

Faustmann semble bien être le premier à avoir vu aussi clairement que les deux problèmes de la valeur d'une forêt et de l'optimisation de sa gestion admettaient une seule et même solution : la valeur d'une forêt dépend des revenus nets que celle-ci est en mesure d'engendrer dans le futur et donc de son aménagement ; optimiser la gestion d'une forêt, c'est tout simplement choisir le mode de traitement qui en maximise la valeur. Cette unification de ce qui apparaissait auparavant comme étant deux démarches différentes confère donc à la théorie de Faustmann une indéniable généralité doublée d'une grande cohérence.

Cependant, cette théorie plus que centenaire est restée étonnamment actuelle pour deux grandes raisons : d'une part, aussi simple soit-elle, elle a été fortement contestée et reste sans doute, aujourd'hui encore, insuffisamment utilisée ; d'autre part, elle est relativement adaptable à des contextes plus compliqués que celui qui a été traité par Faustmann : ses adaptations ont mobilisé et mobilisent encore largement les chercheurs. Ce sont ces controverses et adaptations qui vont maintenant être exposées.

DE FAUSTMANN À SAMUELSON ET À NOS JOURS

L'estimation proprement dite de la valeur des forêts a été largement pratiquée, notamment en France et en particulier sur les références qu'ont constituées les ouvrages de Gustave Huffel, "*Économie forestière*" (1907) puis de Léon Schaeffer, "*Principes d'estimation forestière*", ce dernier ayant écrit il y a maintenant 50 ans. Les problèmes qui ont pu apparaître à ce niveau viennent surtout des difficultés du traitement des peuplements irréguliers ou jardinés, de l'insuffisance des informations nécessaires ou d'un mauvais choix de l'âge d'exploitabilité. Ce dernier cas relève aussi de l'utilisation de la théorie de Faustmann en tant que critère de gestion, qui a suscité les réflexions complémentaires les plus nombreuses et discutées.

Les controverses

Très vite, la théorie de Faustmann sera relayée par Max Robert Pressler⁽⁹⁾ qui va en particulier proposer une application "à la marge", dans l'esprit même de celle qui avait été tentée par Varenne de Fenille. Une polémique ne va pas tarder à se déclencher sur la base, non pas de la méthode, mais des résultats obtenus. En effet, pour des taux identiques à ceux du marché financier, la

(9) Max Robert Pressler (1815-1886) était professeur à la Faculté forestière de Tharandt, et est l'inventeur de la tarière, d'une méthode de cubage et du taux d'accroissement qui portent son nom.

formule de Faustmann conduit à des âges d'exploitabilité jugés trop courts par rapport aux pratiques, et donc irréalistes. La réponse à cette objection est délicate mais réside sans doute dans la nécessité de prendre en compte l'ensemble de l'économie des peuplements forestiers (au-delà de la seule production de bois) et d'attacher une grande attention au choix du taux d'actualisation. L'économiste anglais Locke n'a-t-il pas noté en 1672 que le taux d'intérêt pratiqué pour les terres agricoles était très inférieur à celui des placements financiers ? Il en a conclu que « *le faible taux pour la terre reflète quelque avantage de cette forme d'investissement* ». C'est ainsi qu'en pratique, plutôt que de fixer arbitrairement un taux souvent trop élevé, on le détermine (ou révèle) volontiers à partir de la valeur des sols forestiers telle qu'on peut l'estimer sur le marché foncier. Par ailleurs, des théories se développent dans le cas des ressources naturelles, qui expliquent une relative faiblesse des taux d'actualisation pour les projets à très long terme.

À la suite des critiques précédentes, les forestiers ont souvent proposé de gérer les peuplements de manière à maximiser le bénéfice moyen annuel plutôt que la valeur du fonds, c'est-à-dire finalement d'utiliser le critère de Duhamel du Monceau. Il est vrai que cette façon de procéder a bien pour résultat d'augmenter l'âge d'exploitabilité trouvé puisque "le coût du temps" reflété par le taux est alors nul. Mais le coût d'immobilisation des capitaux (valeur du fonds et du peuplement) est ignoré dans cette approche. En outre, négliger la prise en compte du taux suscite des incohérences et confère une valeur infinie aux fonds et peuplements forestiers. Il suffit, pour s'en convaincre, de faire $p = 0$ dans les formules 1 à 4. Ainsi, un taux faible, en rapport avec la valeur vénale des sols forestiers, à la fois rendrait sa cohérence à l'approche économique de la forêt et déterminerait un âge d'exploitabilité acceptable.

Un troisième débat a agité en profondeur les économistes forestiers. Il porte sur la notion de taux interne de rentabilité (TIR) qui a été introduite en économie par Fisher en 1907 et fréquemment préconisée ensuite en foresterie. Si ce taux interne de rentabilité constitue toujours une information intéressante, il y a un grand danger à le maximiser. En effet, comme cela sera montré sur un exemple ci-après, une telle maximisation ne correspond pas, dans la majorité des cas, à une stratégie adéquate pour le sylviculteur. Par ailleurs, maximiser la valeur du taux, n'est-ce pas aussi porter à son paroxysme l'inconvénient mentionné précédemment d'un âge d'exploitabilité réduit ?

Une autre question s'est souvent posée : faut-il raisonner sur une période infinie, par exemple en supposant, comme on le fait pour des applications courantes, une répétition de révolutions identiques, ou bien sur un seul cycle de production ? Le critère assis sur une seule révolution ne prend pas en considération la répercussion de la durée du premier cycle sur toutes les révolutions ultérieures ou, plus exactement, il ne le fait qu'à la condition expresse d'introduire la valeur du fonds comme recette l'année finale ; en effet, immobilisée au départ, cette valeur est à nouveau rendue disponible à la fin de la révolution ; par ailleurs, son équivalent actuel est d'autant plus petit que la première révolution s'allonge, et le coût sur les révolutions ultérieures d'un tel allongement se trouve alors comptabilisé.

Enfin, la dernière grande controverse a concerné le cas de la forêt normale, qu'elle soit futaie régulière équilibrée ou futaie jardinée. Faustmann déclare nettement que sa théorie est valable aussi bien pour un peuplement considéré isolément que pour une forêt. Cependant, Duerr a publié en 1960 un critère différent pour la forêt normale, arguant du fait que l'équilibre a un coût lié à l'immobilisation permanente d'un capital sur pied. L'intérêt de ce critère a été réaffirmé encore récemment par Oderwald et Duerr (1990). Mais un échange de vues sur la question dans la revue anglo-saxonne *Forest Science* a permis de constater, une fois encore, à quel point Faustmann avait été clairvoyant (Chang, 1990).

En 1976, une contribution majeure est venue mettre un terme à la majorité de ces débats : celle de Paul Samuelson. Cet éminent économiste américain, qui a obtenu le prix Nobel d'économie en 1970, fait autorité et a cautionné en tous points la théorie de Faustmann : celle-ci s'avère tout à fait conforme à la science économique. En particulier, pour l'optimisation de la gestion forestière, elle

doit être préférée à la maximisation des bénéfices moyens annuels comme à celle du taux interne de rentabilité. Un petit exemple simple permettra de mieux comprendre ces affirmations.

Soit le cas d'un propriétaire forestier qui vient de réaliser une coupe sur un hectare. Le revenu correspondant s'élève à 30 000 F ou 30 kF. Le propriétaire doit absolument maintenir l'état boisé de cette parcelle et estime que l'argent qu'il ne place pas en forêt lui rapporte, sur le long terme, 2 % ; tel est donc son taux d'actualisation. Il hésite par ailleurs entre trois stratégies qui sont ici volontairement simplistes pour limiter les calculs à leur plus simple expression ⁽¹⁰⁾ :

- une gestion minimale qui permet, moyennant un investissement réduit à 10 kF, d'obtenir à nouveau 30 kF au bout de 35 ans ;
- une gestion à récolte précoce consistant à investir 30 kF pour récupérer 75 kF après 35 ans ;
- enfin, une gestion à récolte tardive qui se fonde sur le même investissement de départ, 30 kF, mais devrait procurer 150 kF dans 70 ans.

Sous ces hypothèses, il est ainsi possible de comparer les trois stratégies selon les trois critères suivants :

– bénéfice moyen annuel (selon Duhamel du Monceau) : $BM = \frac{E_u - C}{u}$ (7)

– bénéfice actualisé à 2 % à l'infini (selon Faustmann) : $B = \frac{E_u - C(1+p)^u}{(1+p)^u - 1}$ (8)

– taux interne de rentabilité (selon Fisher) : p tel que $B = 0$ soit $p = \sqrt[u]{\frac{E_u}{C}} - 1$ (9)

On notera particulièrement que $1,02^{35} = 2$, ce qui facilite l'exécution de la plupart des calculs. Le tableau I montre clairement que, pour les données de cet exemple, chacun des critères désigne une gestion différente.

Tableau I **Valeur des trois critères du bénéfice moyen annuel (BM, selon Duhamel du Monceau), du bénéfice actualisé à 2% à l'infini (B, selon Faustmann), du taux interne de rentabilité (TIR, selon Fisher) pour les trois gestions minimale, à récolte précoce et à récolte tardive**

On rappelle que $1,02^{35} = 2$ et $1,02^{70} = 4$

Critères de gestion	Stratégies		
	Gestion minimale	Récolte précoce	Récolte tardive
BM (kF/ha/an)	$\frac{30-10}{35}=0,57$	$\frac{75-30}{35} = 1,29$	$\frac{150-30}{70}=1,71$
B (kF)	$\frac{30-10 \cdot 2}{2-1}=10$	$\frac{75-30 \cdot 2}{2-1}=15$	$\frac{150-30 \cdot 4}{4-1}=10$
TIR (%)	$\sqrt[35]{\frac{30}{10}}-1=3,19\%$	$\sqrt[35]{\frac{75}{30}}-1=2,65\%$	$\sqrt[70]{\frac{150}{30}}-1=2,33\%$

(10) Il convient en particulier d'éviter une interprétation des données et des résultats en comparaison aux données et pratiques réelles : cet exemple n'a d'autre but que de faire réfléchir sur les concepts ; par exemple, si l'essence considérée était du Peuplier, le qualificatif "précoce" appliqué à une exploitation de 35 ans ne signifierait pas forcément que l'âge d'exploitabilité est exagérément court.

Pour y voir plus clair, il est utile de regarder comment évoluent les avoirs du propriétaire forestier sur 70 ans et pour chacune des stratégies. C'est l'objet du tableau II dont la lecture est commentée ci-après. Dans le cas par exemple de la gestion minimale, 10 kF sont initialement investis en forêt tandis qu'il reste 20 kF qui seront placés ailleurs et doubleront en 35 ans au taux de 2 %. 35 ans plus tard, le propriétaire sera donc à la tête de 30 kF provenant de la parcelle forestière et de 2 fois 20 kF provenant des autres placements, soit au total 70 kF. Cette somme sera à nouveau investie en forêt à raison de 10 kF et placée ailleurs pour les 60 kF restants. Après 70 ans, les revenus forestiers de la seconde révolution s'élèveront à 30 kF tandis que les autres revenus atteindront 2 fois 60 kF soit 120 kF. Au bout de 70 ans, les avoirs du propriétaire représenteront donc au total 150 kF. On voit qu'il en est de même pour la gestion à récolte tardive, mais que la gestion à récolte précoce apporte un supplément de 15 kF par rapport aux deux autres stratégies. Surtout, on remarque que le meilleur résultat est obtenu pour la stratégie qui maximisait déjà le critère de Faustmann (B). Il ne s'agit pas là d'une coïncidence dans la mesure où la simulation réalisée dans le tableau II consiste à capitaliser les revenus jusqu'à l'année 70 tandis que le critère de Faustmann en effectue une actualisation à l'année initiale : en réalité, les deux indicateurs utilisés (capitalisation et actualisation) ne font que traduire le même critère.

Tableau II **Évolution sur 70 ans des avoirs du propriétaire liés à une parcelle d'un hectare, pour les trois gestions minimale, à récolte précoce et à récolte tardive**
On rappelle que $1,02^{35} = 2$. Voir les commentaires dans le texte.

Types d'avoirs	Stratégies		
	Gestion minimale	Récolte précoce	Récolte tardive
Avoirs à t=0	30 kF	30 kF	30 kF
Investissement à t=0	10 kF	30 kF	30 kF
Placement à 2 % à t=0	20 kF	/	/
Produit forestier à t=35 ans	30 kF	75 kF	/
Produit financier à t=35 ans	40 kF	/	/
Avoirs à t=35 ans	70 kF	75 kF	/
Investissement à t=35 ans	10 kF	30 kF	/
Placement à 2 % à t=35 ans	60 kF	45 kF	/
Produit forestier à t=70 ans	30 kF	75 kF	150 kF
Produit financier à t=70 ans	120 kF	90 kF	/
Avoirs à t=70 ans	150 kF	165 kF	150 kF

Pourquoi la gestion minimale, qui a pourtant le plus fort taux interne de rentabilité, ne ressort-elle pas de cette simulation ? Tout simplement parce que le rendement de 3,19 % qui la caractérise ne peut être atteint qu'en fonctionnement interne, c'est-à-dire en réinvestissant tous les avoirs dans cette gestion, ce qui suppose de disposer de terrains à boiser en quantité suffisante. S'il était possible de reboiser trois hectares initialement (pour 3 fois 10 kF = 30 kF) et neuf hectares (soit six hectares supplémentaires) au bout de 35 ans, le revenu final s'élèverait à 9 fois 30 kF soit 270 kF, montant bien supérieur au résultat des deux autres stratégies. Cependant, sauf cas exceptionnel, on dispose de surfaces limitées et un tel fonctionnement interne s'avère irréaliste. La maximisation du taux interne de rentabilité ne se justifie donc que dans les rares situations où l'on dispose de

capitaux réduits par rapport aux surfaces disponibles et libres. Lorsque ce sont les terrains qui constituent le facteur limitant, les capitaux pouvant d'ailleurs être complétés par emprunt, c'est le critère de Faustmann qui s'impose.

Pourquoi, de la même façon, faudrait-il préférer la gestion à récolte précoce qui rapporte annuellement 1,29 kF/ha alors que la gestion à récolte tardive procure un bénéfice annuel de 1,71 kF/ha ? Comme le taux de rentabilité, ces résultats ont un caractère interne : ils ne tiennent pas compte des sommes qui ne sont pas réinvesties dans la forêt et qui, pourtant, procurent des revenus qu'un propriétaire, quel qu'il soit, ne peut négliger. Dans le cas de la récolte précoce, les revenus retirés de la forêt et non réinvestis au bout de 35 ans ont engendré des intérêts pour 45 kF, soit plus du quart des avoirs finals. Ils représentent annuellement un supplément de 0,64 kF/ha qui, ajouté au bénéfice de 1,29 kF/ha, conduit à une moyenne annuelle de près de 2 kF/ha, nettement supérieure au résultat de la gestion à récolte tardive.

Finalement, le critère de Faustmann réalise un juste compromis entre deux attitudes extrêmes et opposées : celle qui consiste à négliger le taux d'actualisation et à ne s'intéresser qu'au bénéfice moyen annuel indépendamment du coût d'immobilisation du fonds et du peuplement ; celle qui, au contraire, marque une trop forte préférence pour le présent en actualisant au taux interne de rentabilité le plus grand possible.

Les adaptations de la théorie de Faustmann

Au cours des années récentes, la recherche scientifique s'est attachée à lever une à une les principales hypothèses sous-jacentes à la théorie de Faustmann.

Faustmann a clairement indiqué dans son article qu'il était tout à fait possible de traiter le cas où la première révolution est différente des suivantes : mais, dans les faits, son approche a souvent été réduite au seul cas d'une répétition à l'infini de révolutions identiques. Certains développements complémentaires ont donc été produits pour réhabiliter la vision initiale de Faustmann et redonner à la théorie une plus grande généralité, en supposant des évolutions, au cours du temps, des différents paramètres liés à la croissance ligneuse, au prix des bois, au coût des interventions.

Faustmann n'a pas directement intégré les aspects fiscaux dans sa démarche. Sa théorie s'est cependant révélée particulièrement efficace pour analyser les conséquences sur la gestion forestière de tel ou tel système d'impôt foncier (fondé sur la forêt prise en bloc ou sur le seul fonds), d'impôt sur le revenu ou de taxe à la valeur ajoutée.

Les situations traitées par Faustmann sont certaines et sans risque tandis que les prédictions forestières comportent en général une importante composante aléatoire, que les prix futurs restent largement incertains et que les décisions à très long terme sont affectées par une grande irréversibilité. Cependant, face à ces enjeux, la théorie de Faustmann peut, encore une fois, être adaptée.

Au XIX^e siècle, ce sont essentiellement les revenus des ventes de bois qui sont pris en compte. Mais rien ne s'oppose à ce qu'on intègre dans le raisonnement la valeur de biens et services non marchands à partir du moment où l'on a réussi à l'estimer.

Enfin, pour Faustmann, les marchés sont implicitement considérés comme parfaits, aussi bien celui des capitaux qui est susceptible de jouer sur le niveau du taux d'actualisation, que celui des bois sur lequel les ventes d'une forêt donnée sont supposées sans effet. Or on sait que les taux de placement diffèrent en général des taux d'emprunt, et qu'il peut exister des situations de marché qui soient de nature monopolistique, notamment du fait de l'importance des États dans la propriété des forêts. Là encore, de telles situations peuvent être prises en compte et la théorie de Faustmann adaptée.

CONCLUSIONS

Bien que Faustmann n'ait finalement fait que reprendre des éléments plus ou moins disparates mais déjà existants, son apport peut être jugé déterminant par le recul avec lequel il aborde l'économie forestière, par la rupture qu'il consacre vis-à-vis de réticences comme celle portant sur l'utilisation des intérêts composés, par le traitement lié de deux problèmes qui jusque-là étaient considérés séparément, par le pouvoir de conviction, aussi, qui se manifeste notamment dans le souci de démontrer le même résultat de multiples manières et d'en vérifier la cohérence.

Un tel pouvoir de conviction reste nécessaire, aujourd'hui encore, dans la mesure où des réserves continuent à être faites sur cette théorie. Mais ces objections concernent plus souvent la qualité des données utilisées et les modalités d'application de la théorie que la théorie elle-même.

Récemment, des économistes forestiers du monde entier se sont réunis en un symposium organisé à Darmstadt pour célébrer les 150 ans de l'article fondateur de 1849, sur les lieux de sa publication. Par le nombre, la qualité et la richesse de leurs contributions, ils ont démontré, à leur manière et si besoin était, la fécondité de la théorie de Faustmann.

J.-L. PEYRON
Ingénieur en Chef du GREF
ENGREF/INRA
14, rue Girardet
CS 4216
F-54042 NANCY CEDEX

J. MAHEUT
Ingénieur en Chef du GREF (e.r.)
25, avenue du Général-Leclerc
F-54600 VILLERS-LÈS-NANCY

Remerciements

Cet article emprunte plusieurs faits historiques primordiaux aux professeurs Jean-Louis Billorey de Nancy et Dieter Schneider de Bochum. Il a en outre bénéficié de l'aide de M^{lles} Marie-Jeanne Lionnet, bibliothécaire de l'ENGREF et Antje Kracht, doctorante de l'université de Freiburg-im-Brigau, ainsi que de celle de M^{me} Elisabeth Johann, spécialiste autrichienne de l'histoire forestière, pour la recherche de nombreux documents anciens. Il intègre enfin les remarques constructives que MM. Gilles Blanchard et Jean Pardé ont formulées sur une première version.

BIBLIOGRAPHIE

- BAUDRILLART (J.-J.). — Dictionnaire général, raisonné et historique des eaux et forêts. Tome I. — Paris : Arthus Bertrand et M^{me} Huzard, 1823. — Tome I : 816 p.
- CHANG (S.J.). — Comment II on Oderwald and Duerr (1990). — *Forest Science*, vol. 36, n° 1, 1990, pp. 177-179.
- COTTA (H.). — Entwurf einer Anweisung zur Waldwerthberechnung. — Traduction et conversion en mesures de France. 1819b. In : *Traité de l'aménagement des forêts, enseigné à l'École royale forestière* ; tome second / D. de Salomon. — Paris : Bureau de l'Almanach du Commerce ; Mulhouse : Thinus et Baret ; Nancy : Grimlot, 1837. — pp. 219-372.
- DEHEM (R.). — Histoire de la pensée économique ; des mercantilistes à Keynes. — Paris : Dunod ; Québec : Les Presses de l'Université Laval, 1985. — 448 p.

- DUHAMEL DU MONCEAU (H.-L.). — *Traité complet des bois et des forêts ; seconde partie de l'exploitation des bois, ou moyens de tirer un parti avantageux des taillis, demi-futaies et hautes futaies, et d'en faire une juste estimation avec la description des arts qui se pratiquent dans les forêts.* — Paris : H.L. Guérin et L.F. Delatour, 1764. — 1^{re} partie : 430 p. + planches ; 2^e partie : 708 p. + planches.
- FAUSTMANN (M.). — *Auflösung einer Aufgabe der Waldwerthberechnung.* — *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, Frankfurt a. M., 1849a, pp. 285-295.
- FAUSTMANN (M.). — *Berechnung des Werthes, welchen Waldboden, sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen.* — *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, Frankfurt a. M., 1849b, pp. 441-455. [Traduction en anglais par Linnard, sous le titre "Calculation of the value which forest land and immature stands possess for forestry". In : Martin Faustmann and the evolution of discounted cash flow. Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford, 1968, pp. 27-55]. [Traduction en français par Maheut, sous le titre "Calcul de la valeur que possèdent, du point de vue de l'économie forestière, les sols forestiers ainsi que les peuplements non encore exploitables". — Nancy : Ecole nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts. — 36 p.]
- GANE (M.). — *Introduction.* In : Martin Faustmann and the evolution of discounted cash flow. — Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford, 1968. — pp. 5-16.
- GUIGOU (J.-L.). — *La Rente foncière ; les théories et leur évolution depuis 1650.* — Paris : Economica, 1982. — 954 p.
- HARTIG (G.L.). — *Anweisung zur Holzzucht für Förster.* — Marburg, 1796. [Traduit en français par Baudrillart, sous le titre : *Instruction sur la culture des bois à l'usage des forestiers.* — Paris, 1805. — 172 p.]
- HUFFEL (G.). — *Économie forestière ; tome II : dendrométrie, la formation du produit forestier, estimations et expertises.* — Paris : Lucien Lavaur, 1905. — 484 p.
- JOHANSSON (P.O.), LÖFGREN (K.G.). — *The economics of forestry and natural resources.* — New York : Basil Blackwell Ltd, 1985. — 292 p.
- KÖNIG (G.). — *Anleitung zur Holztaxation : ein Handbuch für jeden Forstmann und Holzhändler.* — Gotha : Becker'schen Buchhandlung, 1813. — 260 p.
- MANTEL (K.), PACHER (J.). — *Forstliche Biographie vom 14. Jahrhundert bis zur Gegenwart, zugleich eine Einführung in die forstliche Literaturgeschichte, Band I.* — Hannover : Verlag M. & H. Schaper, 1976. — 441 p.
- MARTIN (R.). — *Recherches sur les agronomes latins et leurs conceptions économiques et sociales.* — Paris : "Les belles lettres", 1971.
- NEWMAN (D.H.). — *The optimal forest rotation : a discussion and annotated bibliography.* — *USDA-Forest Service, General technical report SE-48*, 1988, 47 p.
- ODERWALD (R.G.), DUERR (W.A.). — *König-Faustmannism : a critique.* — *Forest Science*, vol. 36, n° 1, 1990, pp. 169-174.
- OHLIN (B.). — *Concerning the question of the rotation period in forestry.* — *Journal of forest economics*, vol. 1, n° 1, 1995, pp. 89-114.
- PEYRON (J.-L.). — *Il y a 200 et quelques années, ... une éminente tête forestière tombait sur l'échafaud.* — *Revue forestière française*, vol. XLVIII, n° 5, 1996, pp. 493-496.
- PEYRON (J.-L.), TERREAUX (J.-P.), CALVET (Ph.), GUO (B.). — *Principaux critères économiques de gestion des forêts : analyse critique et comparative.* — *Annales des Sciences forestières*, vol. 55, 1998, pp. 523-551.
- PEYRON (J.-L.). — *Élaboration d'un système de comptes économiques articulés de la forêt au niveau national.* — Nancy : Ecole nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 1998. — 364 p.
- SAMUELSON (P.A.). — *Economics of forestry in an evolving Society.* — *Economic Inquiry*, vol. XIV, décembre 1976, pp. 466-492 [texte présenté initialement au Symposium intitulé "The Economics of Sustained Yield Forestry", Université de Washington, Seattle, 23 novembre 1974]. — Voir aussi dans le *Journal of forest economics*, vol. 1, n° 1, 1995, pp. 115-149.
- SCHAEFFER (L.). — *Principes d'estimation forestière.* 1^{re} édition. — Nancy : École nationale des Eaux et Forêts, 1949.
- SCHNEIDER (D.). — *Early investment calculations as time-shifted multiple inventions of measurement theories for valuations.* — Communication au symposium dédié à Faustmann, Darmstadt, 3-6 octobre 1999, 16 p.
- VARENNE DE FENILLE (P.). — *Observations sur l'aménagement des forêts, et particulièrement des forêts nationales (présentées à l'Assemblée nationale par la Société royale d'Agriculture, le 9 juin 1791).* — Paris : Société royale d'Agriculture, 1791. — 88 p.
- VON GEHREN. — *Ueber Geldwerthbestimmung des holzleeren Waldbodens.* — *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, Frankfurt a. M., 1849, pp. 361-366. [Traduit en anglais par Linnard, sous le titre "On the determination of the money value of bare forest land". In : Martin Faustmann and the evolution of discounted cash flow. — Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford, 1968, pp. 19-26].

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 SUCCESSIONS (Résumé)

Il y a 150 ans, Martin Faustmann, jeune forestier hessois, publiait un article qui a posé les fondements de l'économie forestière moderne en présentant clairement l'estimation de la valeur des forêts et en exhibant le critère de gestion économique des forêts. Ces deux aspects avaient déjà été bien développés par ailleurs mais Faustmann semble être le premier à avoir vu qu'ils découlaient de la même théorie, la meilleure gestion forestière étant supposée celle qui induit la plus grande valeur de la forêt. En cela, il fait figure de précurseur parmi les économistes qui ont étudié la théorie du capital et de l'intérêt. Son analyse a été maintes fois remise en cause, encore récemment, mais elle est incontestablement conforme à la théorie économique, évidemment sous les hypothèses qui sont les siennes. Elle présente de plus la capacité de s'adapter largement à des situations plus générales.

THE FOUNDATIONS OF MODERN FOREST ECONOMICS - THE KEY ROLE PLAYED BY FAUSTMANN 150 YEARS AGO, TOGETHER WITH SOME OF HIS FORERUNNERS AND SUCCESSORS (Abstract)

150 years ago a young forester from the Hesse region, Martin Faustmann, published an article that at that early stage established the foundations of modern forest economics in which he clearly described estimation of forest value and highlighted the economic criterion for forest management. These two aspects had already been developed by others, but Faustmann appears to have been the first to realize that they both arose from a single theory, the best forest management being assumed to be the one that produces the greatest value from the forest. He was hence a precursor among the economists that studied the theory of capital and interest. His analysis was questioned time and again, including recently, but it is indisputably consistent with economic theory, naturally under his own hypotheses. Furthermore, it can be applied to more general situations.
