HAL
open science

Le modèle FFSm 1.0 : De l'outil de recherche en économie à son utilisation pour l'aide à la décision

Sylvain Caurla

▶ **To cite this version:**

Sylvain Caurla. Le modèle FFSm 1.0 : De l'outil de recherche en économie à son utilisation pour l'aide à la décision. Revue forestière française, 2014, 66 (3), pp.313-324. 10.4267/2042/56061 . hal-02630028

HAL Id: hal-02630028

https://hal.inrae.fr/hal-02630028v1

Submitted on 24 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.

Le modèle FFSM 1.0 : de l'outil de recherche en économie à son utilisation pour l'aide à la décision

Sylvain Caurla

L'axe « modélisation du secteur forestier » a été mis en place en 2008 au sein du Laboratoire d'économie forestière (LEF) sous l'égide de Franck Lecocq, ancien directeur adjoint du LEF, aujourd'hui directeur du Centre international de recherche en environnement et développement (CIRED, Nogent-sur-Marne). L'objectif premier de cet axe de recherche était de combler une importante lacune méthodologique en développant un modèle de la filière forêt-bois spécifique à la France afin d'analyser les impacts des politiques publiques sur cette filière, notamment les politiques d'atténuation du changement climatique.

Le modèle ainsi développé, appelé FFSM (pour *French Forest Sector Model*), couple un module représentant l'économie de la filière bois et un module représentant la dynamique de la ressource forestière. La calibration de ce dernier a été réalisée grâce à une collaboration fructueuse entre le LEF, le Laboratoire d'étude des ressources forêt-bois (LERFOB) et l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). Cette collaboration s'est poursuivie notamment dans le cadre du développement de la version de long terme du modèle (FFSM 2.0) qui intègre des déterminants de changement climatique dans le module ressource et des déterminants d'anticipation au niveau des comportements des propriétaires forestiers dans le module économique.

La version 1.0 dont il est question ici est régulièrement utilisée pour projeter l'évolution de variables économiques (niveaux d'offre, de demande, d'imports, d'exports, de prix, de surplus économiques) et l'évolution de la ressource forestière sur des échelles de temps restreintes, de l'ordre de 10 à 15 ans, et en les désagrégeant spatialement. Plus précisément, le module économique est calibré à l'échelle de la région administrative alors que le module ressource est calibré à l'échelle de 9 inter-régions sur le territoire national.

FFSM est un modèle construit au sein d'un axe de recherche, afin de répondre à des questions de recherche. Pour l'heure, trois articles scientifiques analysant les impacts de politiques climatiques s'appuient sur des simulations FFSM 1.0 (Lecocq *et al.*, 2011 ; Caurla *et al.*, 2013a ; Caurla *et al.*, 2013b) et les développements méthodologiques autour de FFSM ont également fait l'objet d'un article (Sauquet *et al.*, 2010).

Parallèlement, FFSM a récemment été mis à contribution dans le cadre d'expertises visant à projeter l'évolution de la filière forêt-bois dans une optique d'aide à la décision. Ceci a nécessité le transfert des résultats de nature scientifique vers le domaine de l'aide à la décision. Il s'agit d'un exercice délicat mais essentiel, à la fois dans une optique de répondre à des problématiques concrètes à partir de résultats de recherche mais également afin de nourrir les programmes de recherche de ces mêmes problématiques.

Pour l'heure, peu de travaux font état de ce qu'implique ce transfert au niveau de la présentation des résultats et de leur utilité. Cet article se veut précisément une réflexion sur la nature, la portée et la limite des résultats d'un modèle de recherche tel que FFSM pour répondre à une expertise dans une optique d'aide à la décision.

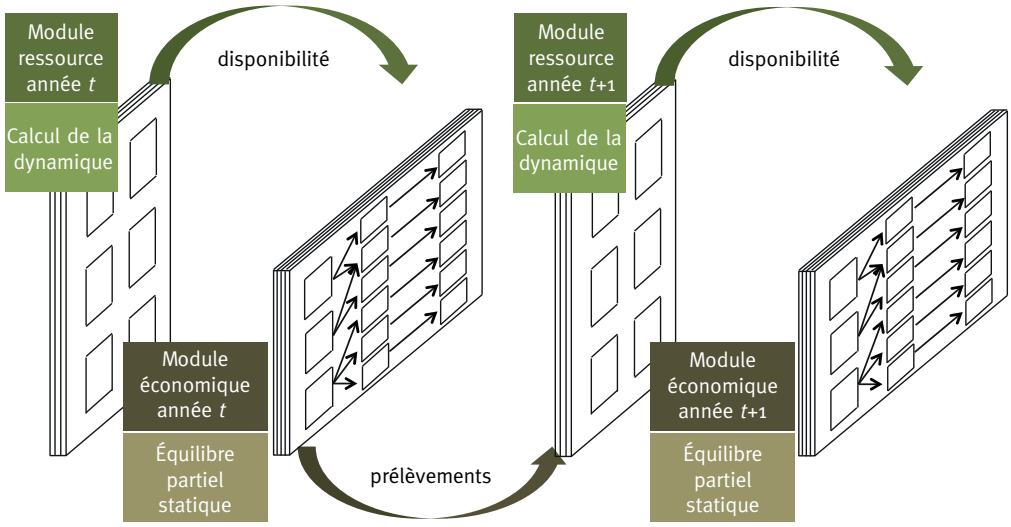
Pour cela, nous présentons dans un premier temps les caractéristiques techniques du modèle pour en déduire la nature de ses résultats. Dans un second temps, nous montrerons l'importance de la présentation des résultats pour leur compréhension. Dans un troisième temps, nous rentrerons dans le cœur du sujet en analysant les liens qu'entretiennent les résultats du modèle avec la réalité qu'ils sont censés représenter. Cela nous permettra, dans un quatrième temps, de discuter de l'utilité d'un modèle comme FFSM dans un cadre d'expertise. Cet article est volontairement peu technique. Néanmoins, le lecteur intéressé par les aspects mathématiques de FFSM pourra se référer aux chapitres 3 et 4 de Caurla (2012).

LE MODÈLE FFSM SYNTHÉTISE UNE GRANDE QUANTITÉ D'INFORMATIONS

Caractéristiques techniques succinctes

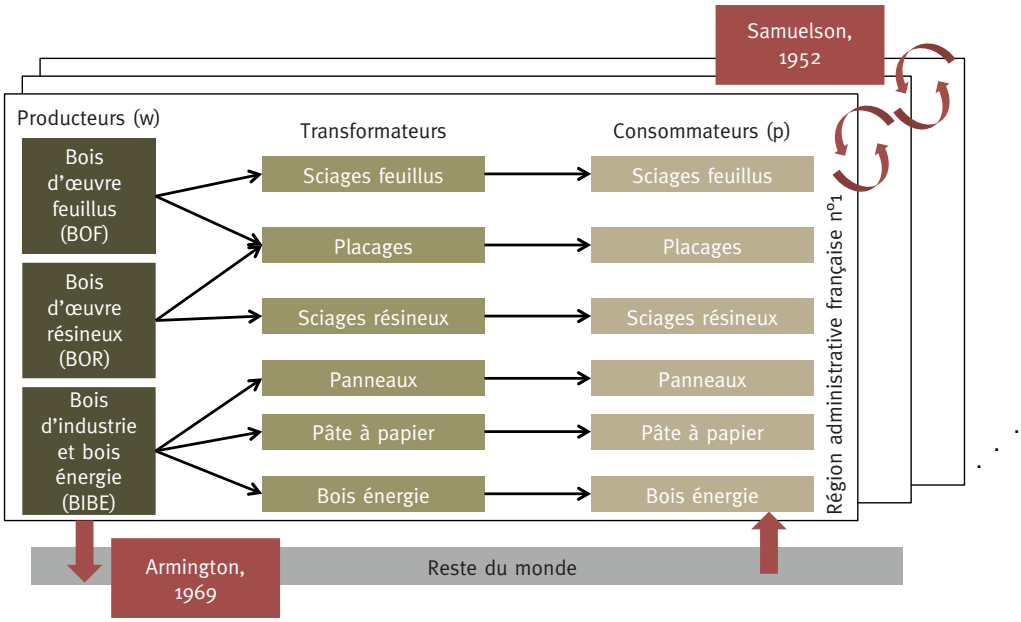
FFSM (figure 1, ci-dessous) possède une structure modulaire et récursive. Les deux modules dialoguent à deux niveaux : le module ressource impose une disponibilité maximale de bois en forêt au module économique qui, en retour, calcule un niveau de prélèvement optimal en fonction des caractéristiques des marchés des bois, en prenant en compte, pour chaque région et chaque produit bois représenté, les niveaux d'offre et de demande, d'import et d'export. Ce niveau de prélèvement optimal est ensuite intégré aux équations de dynamique forestière dans le module ressource.

Figure 1 **STRUCTURE RÉCURSIVE ET MODULAIRE DU MODÈLE FFSM**



Le calcul du prélèvement optimal dans le module économique fait intervenir la théorie du prix d'équilibre spatial de Samuelson (1952). Cette théorie stipule que les niveaux d'échange de produits bois optimaux entre les différentes régions françaises résultent de la maximisation du profit de l'ensemble des agents économiques de la filière. Ces agents économiques sont désagrégés en trois niveaux pour chaque région administrative française : les producteurs de produits bois bruts, les consommateurs de produits transformés et les transformateurs de produits bruts en produits transformés (voir figure 2, ci-dessous). La théorie de Samuelson nécessite également de rajouter un quatrième groupe d'agents économique : les agents d'échange de produits bois.

Figure 2 **MODULE ÉCONOMIQUE DU MODÈLE FFSM**



Une des originalités du modèle FFSM est d'associer à la théorie de Samuelson une autre théorie, celle d'Armington (1969), qui permet de représenter les produits bois domestiques comme substituts imparfaits des produits bois étrangers. Au niveau de la fonction de demande, cela signifie qu'un produit français peut être préféré à un produit étranger (ou l'inverse) par le consommateur. Au niveau de la fonction d'offre, cela signifie qu'un producteur peut favoriser l'offre vers le marché domestique ou inversement.

Les comportements d'offre et de demande, respectivement des producteurs et des consommateurs, sont représentés à travers des fonctions de type $Q = P^{\varepsilon}$ avec Q la quantité produite ou consommée, P le prix et ε l'élasticité prix. Cette élasticité prix est un paramètre important de toute équation d'offre ou de demande puisqu'elle représente le rapport entre la variation relative de la quantité Q (consommée ou produite) d'un bien et la variation relative du prix P de ce bien :

$$\varepsilon = (\Delta Q / Q) / (\Delta P / P).$$

Outre ces élasticités prix, le modèle fait intervenir deux autres types d'élasticités : l'élasticité de l'offre par rapport à l'évolution de la ressource et les élasticités d'Armington qui traduisent le degré de substituabilité entre produit domestique et produit étranger. Ces élasticités sont pour la plupart

issues de la littérature, les données n'étant généralement pas suffisantes pour en obtenir une estimation économétrique robuste. Une exception notable dans FFSM est l'estimation économétrique des élasticités d'Armington pour l'offre de bois d'œuvre feuillu et la demande de sciages feuillus (Sauquet *et al*., 2010).

Outre l'obtention de ces élasticités (soit à travers l'estimation économétrique, soit grâce à la littérature), la calibration du module économique implique également d'estimer l'ensemble des paramètres du modèle (coûts de transformation, de transport, d'exploitation, etc.) ainsi que la valeur de l'ensemble des variables (prix, quantités offertes, demandées, imports, exports, etc.) pour l'année initiale. En effet, le modèle FFSM étant récursif, l'ensemble des variables doit être initialisé. L'année de base de FFSM 1.0 est 2006.

Le module ressource capture quant à lui l'évolution de la ressource forestière nationale et régionale désagrégée en 54 domaines d'études (9 interrégions, trois types de gestion et deux types d'essences). Pour chaque domaine d'étude, et chaque classe de diamètre (13 en tout), un accroissement naturel et une mortalité naturelle sont estimés sur la base des données de l'IGN (Colin et Chevalier, 2009).

Nature de l'information contenue dans FFSM et définition des résultats du modèle

• *FFSM est une représentation intelligible de deux systèmes complexes*

En couplant une représentation des activités économiques de la filière bois et une représentation de la dynamique de la ressource forestière, FFSM réalise une synthèse de connaissances appartenant à deux domaines éloignés sous la forme d'un système d'équations mathématiques.

FFSM comporte en tout 9 900 variables économiques réparties dans 5 677 équations auxquelles il faut rajouter les 1 320 équations de dynamique biologique du module ressource. Ces équations s'appuient sur 12 696 valeurs exogènes, représentant l'ensemble des paramètres et des variables de l'année initiale pour les deux modules.

À chaque période, la recherche de l'équilibre économique s'appuie sur la maximisation d'une fonction objectif sous 5 676 contraintes. La recherche d'un maximum par tâtonnement walrasien à la main est donc tout simplement impossible sans outil numérique.

En permettant d'« étendre les capacités analytiques du cerveau », FFSM rend ainsi intelligible une réalité trop complexe pour être appréhendée par l'esprit humain.

• *FFSM synthétise trois niveaux d'information*

Sous leur apparente simplicité, les résultats de FFSM constituent l'aboutissement d'un double défi :

— la traduction des comportements économiques et de la dynamique biologique des forêts sous des formes mathématiques et le calibrage de ces formes ;

— le calcul d'équilibres successifs à l'aide de l'outil numérique afin de définir, à chaque période, l'état des variables économiques et biologiques.

La taille du modèle et la difficulté du calcul traduisent la complexité des liens modélisés et la quantité d'information prise en compte. Nous hiérarchisons cette information en trois niveaux dans le tableau I (p. 317).

Le premier niveau correspond à l'information contenue dans les paramètres de calibrage du modèle. Cette information résulte de l'observation ou de calculs simples sur les données issues de l'observation (mesure des émissions de CO_2, calcul du contenu carbone des produits), du traitement économétrique et statistique des données issues de l'observation (calcul des différentes élasticités

dans le module économique, calcul de l'accroissement et de la mortalité dans le module ressource), ou des résultats d'autres modèles [le prix international provient de GFPM (Buongiorno *et al*., 2003)].

Le second niveau correspond à l'information contenue dans la représentation des comportements économiques et biologiques. Les comportements économiques sont traduits sous la forme de fonctions d'offre et de fonctions de demande à partir de théories économiques : microfondements des fonctions d'offre et de demande agrégées à partir de la fonction de production Cobb-Douglas et représentation de la substitution imparfaite entre produits domestiques et étrangers à travers la spécification d'Armington. Les comportements biologiques sont traduits dans les équations de dynamique de la ressource.

Enfin, le dernier niveau d'information correspond au calcul de l'équilibre. Dans le module économique, ce niveau d'information se réfère à la maximisation de la somme des surplus. Cette méthode s'appuie sur le cadre théorique de la recherche de l'équilibre spatial de Samuelson (1952) et utilise la programmation non linéaire comme mode de résolution. Dans le module ressource, ce niveau correspond au choix de la clé de répartition de la récolte calculée par le module économique dans chaque domaine d'étude [tableau 4.1, chapitre 4, Caurla (2012)].

Tableau I **Trois niveaux d'information dans les deux modules de FFSM**

	Module économique	Module ressource
Niveau 1	Paramètres économiques et valeurs des variables pour l'année initiale	Paramètres de dynamique (accroissement, mortalité)
Niveau 2	Représentations des comportements économiques des agents	Équation de dynamique de la ressource
Niveau 3	Calcul de l'équilibre partiel	Répartition de la récolte dans les domaines d'étude

Stricto sensu, le résultat du modèle à une date donnée est défini comme la synthèse de ces trois niveaux d'information et prend la forme d'un tableau constitué de 9 900 variables représentant entièrement l'état d'équilibre à cette date. Or, les résultats présentés dans les articles scientifiques et, *a fortiori*, dans toute étude d'expertise, que ce soit sous la forme de la valeur d'une variable pour une année donnée, de l'évolution temporelle de la valeur d'une variable ou de l'agrégation des valeurs de plusieurs variables (somme, moyenne), ne représentent qu'une infime partie de ces 9 900 variables. Ils n'en reportent que la partie jugée pertinente pour répondre à la problématique.

Cette constatation débouche sur une double question. D'une part il s'agit de comprendre comment le modélisateur distille le résultat brut en un résultat « simplifié » intelligible et, d'autre part, il s'agit d'examiner les liens que ce résultat final entretient avec la réalité qu'il est censé représenter. Ces deux programmes de réflexions font respectivement l'objet des deux prochaines sections.

DE LA MANIÈRE DE PRÉSENTER LES RÉSULTATS DE FFSM

La présentation des résultats du modèle peut paraître un obstacle insurmontable puisqu'il s'agit *a priori* de choisir, parmi les 9 900 variables représentant entièrement l'état d'équilibre à chaque date, celles qui donnent les informations pertinentes pour répondre à la problématique.

En réalité, l'utilisation du modèle pour évaluer la valeur d'une variable à une période donnée est minoritaire et la fascination dont les résultats chiffrés font parfois l'objet peut faire oublier que le modèle est bien plus qu'une boîte noire qui élabore des chiffres en réponse à une problématique donnée.

Une propriété essentielle du modèle est de combiner une représentation intelligible d'un système complexe avec un mode calculatoire rapide. Moyennant un coût d'entrée lié à la compréhension de la structure et du mode opératoire global, il est facile de modifier une variable, une équation, une hypothèse de construction et d'en analyser les conséquences. Le modèle permet alors de collecter les indices du fonctionnement d'un système complexe, de sa sensibilité aux valeurs d'un paramètre ou aux effets induits par une représentation d'un comportement différent afin de comprendre les déterminants et les rouages de ce comportement dans la réalité. Le pouvoir du résultat n'est alors plus tant dans sa valeur chiffrée que dans sa capacité à révéler les caractéristiques du fonctionnement du système économique modélisé. Au final, il est possible de répartir les résultats du modèle en trois « types ».

Les résultats mettant en évidence l'ordre de grandeur d'un phénomène

En mettant en évidence l'ordre de grandeur d'un phénomène, le résultat mesure l'intensité de la transmission des signaux économiques dans la filière forêt-bois. Le modèle agit ici en représentant et en quantifiant la propagation d'un phénomène dans la filière. Pour être complète, l'information contenue dans cet ordre de grandeur doit être assortie d'une mesure de son incertitude.

Les résultats mettant en évidence les déterminants d'un mécanisme

Les résultats de FFSM révèlent les déterminants des mécanismes. Dans le cadre d'un débat sur le choix d'une politique d'action par exemple, le modèle peut agir en polarisant les discussions autour de ces déterminants, ce qui le transforme en outil de négociation rationnel et *a priori* objectif.

Les résultats mettant en évidence la sensibilité d'un mécanisme à la valeur d'un paramètre

Le modèle permet de quantifier l'effet d'un paramètre sur la valeur d'un résultat. Les résultats de FFSM, s'ils ne permettent pas de répondre définitivement à la question posée dans un débat, soulignent les axes de recherche prioritaires pour le faire. Ainsi, si l'analyse de sensibilité révèle que le résultat final est très sensible à un paramètre donné, il devient légitime d'entreprendre la recherche d'une valeur précise et robuste du paramètre en question.

D'une manière plus générale, le modèle permet de problématiser les discussions et, si les résultats du modèle ne permettent pas de répondre à une question de manière précise, au moins permettent-ils de la soulever, de la placer sur le devant de la scène et d'indiquer des pistes pour y répondre.

DES LIENS ENTRE LE MODÈLE ET LA RÉALITÉ QU'IL REPRÉSENTE

Dans cette section, nous voyons dans un premier temps que les résultats de FFSM, en tant que résultats scientifiques, sont dépendants d'un jeu d'hypothèses et ne peuvent prétendre formuler une réponse portant directement sur le réel, comme le feraient des résultats d'expertise. Dans un second temps, nous montrons qu'outre le jeu d'hypothèses, le modèle est également lié à un cadre de pensée. Plusieurs cadres de pensée existent en économie, ce qui traduit une absence de consensus sur ce qui constitue un « bon » modèle économique. Partant de là, nous soulignons qu'il n'est pas possible, *a priori*, de « valider » les résultats mais qu'il est néanmoins envisageable de situer les hypothèses du modèle dans les débats sur le fonctionnement « réel » de l'économie et de

situer les résultats par rapport à des observations de la réalité, ce que nous désignons par le terme d'« évaluation » du modèle.

Le résultat de FFSM : un résultat scientifique *fondamentalement* différent d'une opinion d'expert

Roqueplo (1997) définit l'expertise comme « *l'expression d'une connaissance formulée en réponse à la demande de ceux qui ont une décision à prendre et en sachant que cette réponse est destinée à être intégrée dans un processus de décision* ». Or, le résultat du travail scientifique ne constitue pas toujours un résultat directement utile à la décision car le chercheur choisit le domaine qu'il souhaite étudier et, surtout, « *il reformule systématiquement les questions qu'il traite, précisément pour les mettre sous une forme telle que, dans l'état de ses connaissances et des moyens dont il dispose, il soit en mesure de leur apporter une réponse scientifiquement valide* » (Roqueplo, 1997, p. 36).

Ainsi le résultat, lorsqu'il est issu d'un processus d'obtention scientifique, n'a pas à se plier aux contraintes du concret, il est valide selon les hypothèses faites en amont. Le changement de la valeur du résultat du fait de la modification d'une hypothèse n'est pas perçu comme une atteinte à la crédibilité du chercheur mais comme une opération normale dans un processus de recherche.

L'expert, en revanche, doit parler au nom de la réalité et non en fonction des hypothèses, parfois non réalistes, du cadre scientifique. Ainsi, lorsque le chercheur devient expert et qu'il utilise les résultats produits dans un cadre scientifique pour formuler une expertise, deux transformations bien distinctes, l'une explicite et l'autre implicite, s'opèrent. D'une part, la forme du résultat est transformée afin de le rendre intelligible et de susciter le dialogue avec l'utilisateur final. D'autre part, le résultat est déconnecté du jeu d'hypothèses et du système de justification qui l'ont vu naître. Le résultat n'est donc plus relatif à la construction scientifique qui lui donne son sens mais est considéré comme un énoncé valide en valeur absolue. C'est la somme de ces deux opérations qui transforme le résultat scientifique en opinion d'expert.

Les résultats issus de FFSM, bien que traduits sous une forme intelligible, sont systématiquement interprétés en fonction du jeu d'hypothèses dont ils sont issus. De fait, l'information qu'ils contiennent n'est pas toujours directement exploitable dans un contexte d'aide à la décision. Or le jeu d'hypothèses, et plus globalement le cadre scientifique d'obtention des résultats, s'ils constituent une limite à l'utilisation de ces résultats dans un contexte décisionnel, représentent également un rempart contre leur utilisation abusive.

Si les énoncés scientifiques ne portent pas directement sur le réel, la question reste posée de savoir dans quelle mesure les hypothèses de construction du modèle sont pertinentes relativement à la réalité que le modèle est censé représenter. La réponse à cette question est rendue d'autant plus difficile qu'il n'existe pas de consensus sur ce qui constitue un « bon » modèle économique, c'est-à-dire qu'il n'existe pas, comme nous le voyons dans la partie suivante, de consensus sur les traits les plus importants du fonctionnement des systèmes socioéconomiques modélisés.

Validation relative des résultats de FFSM

Une théorie est validée lorsqu'elle est jugée représentative de la réalité. Cette représentativité passe par l'évidence et la nécessité : les choses se passent évidemment et nécessairement comme la théorie le prévoit. En ceci, et en particulier, la validation remplit les critères d'objectivité et de prédictibilité des phénomènes réels.

- *Objectivité*

Le critère d'objectivité étant par définition unique, la validation, en tant qu'acceptation universelle de la représentation de la réalité, est rendue impossible en économie par la coexistence de plusieurs

écoles de pensée ou paradigmes[1]. Cette coexistence s'explique notamment par l'irréfutabilité des résultats en économie. Pour Popper (1934), le propre d'une science est de produire des résultats réfutables, c'est-à-dire qu'il est possible de définir un énoncé d'une observation qui les contredise[2]. En économie, les observations ne correspondant jamais aux conditions de la théorie, il n'est pas possible de réfuter celle-ci. Cette irréfutabilité conduit à considérer les résultats comme valides dans les conditions de la démonstration, autrement dit dans le paradigme considéré.

• *Capacités prédictives*

La capacité prédictive d'un modèle représente son aptitude à prévoir un phénomène et donc à modéliser correctement sa *causalité*. La causalité d'un phénomène est l'ensemble des antécédents qui permettent de le comprendre, c'est-à-dire de le reproduire. Plus précisément la causalité scientifique relie un phénomène à un autre phénomène, « *par un cheminement qui nous permet de reproduire l'effet à partir de la cause, au moins en pensée* » (Mouchot, 2003, p. 94). Pour Walliser (1987), « *la causalité est exprimée en économie sous une forme faible, à savoir qu'une variable en cause une autre si elle exerce sur elle une influence stochastique ni forcément nécessaire, ni forcément suffisante* ». En outre la présence de causalités circulaires (la demande engendre l'offre qui engendre la demande et ainsi de suite) complexifie encore la représentation des causalités en économie.

Ainsi, il n'est pas possible de tester directement et complètement la capacité prédictive d'un modèle économique par l'expérience, comme on peut le faire dans d'autres disciplines. Il est néanmoins possible de porter un jugement sur la pertinence de la représentation du modèle. Ce jugement s'appuie sur trois éléments :

— sur la qualité du calibrage des variables de l'année initiale et des paramètres (niveau 1 du tableau I, p. 317) ;

— sur le positionnement du modèle relativement à ce que l'on connaît de la réalité (niveaux 2 et 3 du tableau I). Cela permet, d'une part, de s'assurer que les hypothèses de construction sont cohérentes avec les représentations de la réalité et, d'autre part, de positionner le modèle lorsqu'il y a controverse, ce que nous montrons à travers l'exemple des anticipations dans la partie suivante ;

— sur l'évaluation des résultats du modèle par rapport à une série de critères « raisonnables ». Ces « expériences » sont nécessairement imparfaites au regard de celles pratiquées dans d'autres disciplines, comme les sciences physiques, mais elles permettent néanmoins de comparer la réaction du modèle avec la réalité.

FFSM dans le débat sur le fonctionnement réel de l'économie : l'exemple de la représentation des anticipations

Si la validation du modèle n'est pas possible en tant que telle, il est néanmoins envisageable de situer les théories de FFSM dans le débat sur le fonctionnement réel de l'économie. Nous prenons ici l'exemple de la représentation des anticipations dans les modèles économiques.

(1) Un paradigme représente un cadre de pensée dans lequel la réalité est représentée de manière cohérente. La théorie de l'équilibre général ou la théorie générale de Keynes constituent des paradigmes en économie. Chaque paradigme est irréductible, c'est-à-dire qu'il propose un cadre de pensée dont les caractéristiques ne sont pas toutes partagées par un autre paradigme, de sorte qu'un paradigme A ne peut pas être complètement englobé dans un paradigme B (le paradigme A ne peut pas être *réduit* au paradigme B).

(2) « Une hypothèse (théorie) est dite *réfutable* s'il est possible d'imaginer un énoncé d'observation qui la contredise : l'hypothèse serait réfutée si cet énoncé était avéré. Ainsi, les énoncés suivants sont réfutables : « *Si je lâche la pierre que je tiens dans la main, elle tombe au sol* » ; « *Il ne pleut jamais le mercredi* » ; *[…]. La réfutabilité n'est pas liée à la « véracité » de l'énoncé […], on peut imaginer une observation qui contredirait l'énoncé. Dans le premier cas, cette observation n'a jamais eu lieu : on dit que toutes les observations ont, jusqu'à maintenant, corroboré l'énoncé […]. Au contraire, ne sont pas réfutables les énoncés du type : « Il se pourrait bien que telle chose arrive » ou, plus brutalement : « Telle chose se produira ou ne se produira pas », puisque, quoi qu'il arrive, ils auront été exacts.* » (Mouchot, 2003, pp. 61-62).

Les modèles de maximisation intertemporelle de l'utilité reposent sur une hypothèse d'anticipation parfaite. Cette hypothèse suppose qu'à la date *t* les agents économiques sont parfaitement conscients des conditions économiques à la date *t + n*. Par conséquent, leur comportement à la date *t* tient compte de ces conditions. Le temps ne joue ainsi aucun rôle : passé, présent et futur sont parfaitement connus et les équilibres de chaque période sont calculés simultanément.

FFSM en revanche est un modèle récursif, les équilibres sont calculés les uns après les autres. Dans ce cas, la représentation des anticipations est *a priori* plus variée : les agents peuvent être complètement myopes dans le sens où ils n'anticipent pas les conditions futures mais ils peuvent également intégrer les informations passées et présentes provenant de leur environnement naturel ou socio-économique sous la forme d'*anticipations adaptatives* ou d'*anticipations rationnelles* (Muth, 1961 ; Lucas, 1972).

Les anticipations adaptatives stipulent que les agents formulent leurs anticipations en fonction des seules valeurs courantes des variables ajustées par les erreurs d'anticipation passées. La théorie des anticipations rationnelles, en revanche, est définie dans l'article de Muth (1961) et suppose que les agents formulent des anticipations à partir de toute l'information dont ils disposent, y compris l'information n'impliquant pas seulement les variables considérées. Ils sont donc amenés à revoir leurs anticipations au fur et à mesure que de nouvelles informations leur parviennent. La différence majeure entre les deux théories est donc l'utilisation de l'intégralité de l'information disponible *au moment* de formuler les anticipations : cette utilisation est *optimale* dans le cas des anticipations rationnelles et *sous-optimale* dans le cas des anticipations adaptatives.

Dans FFSM, les consommateurs de produits transformés sont myopes et les offreurs de produits bruts ajustent leur offre en fonction de l'évolution de la ressource. Cet ajustement peut être assimilé à une forme d'anticipation adaptative.

Les anticipations adaptatives, bien que critiquées car elles impliquent que les agents persistent dans leurs erreurs de jugement, restent, à l'heure actuelle, la seule manière de représenter les anticipations dans un cadre récursif. En effet, la théorie des anticipations rationnelles supposerait d'intégrer toute l'information disponible au modèle ce qui, en pratique, est irréalisable. Précisément, ce projet est irréalisable à deux niveaux : d'une part car il est impossible d'être sûr d'avoir pris en compte toute l'information disponible et, d'autre part, car cela supposerait une formalisation objective de la rationalité de l'individu.

Si on définit la rationalité économique dans son sens le plus accepté aujourd'hui c'est-à-dire celui de la maximisation de l'utilité espérée, alors le consommateur *rationnel* maximise son utilité et l'entreprise *rationnelle* son profit, sous une contrainte de budget et avec pour unité de mesure commune la monnaie. Or le « consommateur » n'est, justement, pas seulement un consommateur et il peut accroître son bien-être, mesuré par l'utilité, en poursuivant d'autres finalités que la consommation : la reconnaissance, le pouvoir, l'amitié, etc. Ceci nécessite donc, si l'on souhaite conserver cette définition de la rationalité économique, de transformer en des termes monétaires la satisfaction engendrée par ces finalités. Outre les problèmes méthodologiques que cela pose, l'économiste ne peut pas avoir la certitude d'avoir pris en compte toutes les finalités pour chaque individu. D'une part car elles dépendent de chaque individu et sont fonction de critères psychologiques qu'il n'est pas question de traiter ici et, d'autre part, car elles évoluent avec le temps. Par définition donc, le critère de rationalité économique dans le sens de la maximisation de l'utilité n'est pas en mesure d'expliquer l'ensemble des comportements réels. À ce propos, Akerlof (2007) montre que la macroéconomie néoclassique échoue à prendre en considération le rôle de normes sociales comme critère de décision des agents économiques. Ces normes sont définies comme des finalités non monétarisées qui permettent à l'agent économique de s'intégrer à son environnement.

DISCUSSION : *QUID* DE L'UTILITÉ DE FFSM POUR L'AIDE À LA DÉCISION ?

La partie "Des liens entre le modèle et la réalité qu'il représente" (p. 318) peut laisser le lecteur perplexe quant à l'utilité de FFSM dans un contexte d'aide à la décision. Si les hypothèses sur lesquelles se base FFSM sont éloignées de la réalité et s'il n'est pas possible *a priori* d'en valider les résultats, quelle est l'utilité d'un tel modèle pour répondre à une question d'expertise ?

Reprenons notre développement pour tenter d'apporter une réponse à cette question. Nous l'avons vu, FFSM est un modèle théorique, représentant des comportements stylisés. En particulier, la partie "De la manière de présenter les résultats de FFSM" (p. 317) a montré qu'un modèle comme FFSM est utilisé pour mettre en évidence l'ordre de grandeur d'un phénomène, pour mettre en évidence les déterminants d'un phénomène et enfin aussi pour analyser la sensibilité d'un mécanisme à la valeur d'un paramètre. Sa portée ne se veut pas prédictive, contrairement à certains modèles économétriques, mais bien analytique.

En particulier, dans le cadre d'une expertise, l'intérêt de l'utilisation d'un tel modèle se situe au niveau de la comparaison des variables de sortie (prix, offres et demandes de produits bois, surplus économiques) selon différents scénarios. Il s'agit donc de comparer la valeur relative des variables entre différents scénarios alternatifs et non d'analyser leurs valeurs absolues dans une situation donnée, puisque ces valeurs absolues ne peuvent en théorie jamais être validées.

Si une analogie peut être faite avec les sciences de l'atmosphère, un modèle comme FFSM pourrait s'apparenter à un modèle climatique, tandis que les modèles économétriques s'apparenteraient aux modèles météorologiques. Un modèle climatique n'a pas valeur de prédiction mais permet de mettre en évidence les déterminants des changements climatiques et d'en analyser la sensibilité à différents paramètres à travers différents scénarios alternatifs. Même s'il est impossible de valider les sorties de ces modèles, ils demeurent d'une grande aide lorsqu'il s'agit d'analyser l'impact d'une politique de réduction des émissions de gaz à effet de serre par exemple : l'information qu'ils contiennent et les mécanismes qu'ils modélisent permettent d'analyser l'ordre de grandeur de la réaction d'un système, sa sensibilité à certains paramètres et de mettre en évidence les déterminants de certains phénomènes.

Les modèles économiques prospectifs comme FFSM présentent des limites évidentes dans un cadre d'aide à la décision qui cherche des réponses les plus précises possibles à une question donnée. Pour autant nous ne souscrivons pas à la remarque de Philippe Roqueplo selon laquelle « *La macro-modélisation est un processus de rabotage de la pensée qui, à ce niveau de globalité, débouche sur une sorte d'hypnose objectiviste aux dépens de la pensée critique* » (Roqueplo, 1997, p. 41).

La forme sous laquelle les résultats sont présentés peut effectivement conduire à une sorte d'*hypnose objectiviste* lorsqu'ils sont déconnectés de la structure mathématique et des hypothèses du modèle. Mais il appartient au modélisateur de mettre en garde contre cette hypnose en insistant sur la manière d'obtenir les résultats ce qui, *in fine*, repose sur une bonne connaissance interne du modèle et sur une communication externe transparente de la structure du modèle. Le risque d'hypnose objectiviste est largement réduit dès lors que les résultats sont expliqués à partir d'hypothèses de modélisation déchiffrables.

D'autre part, en rationalisant et en structurant la discussion, nous pensons que loin d'œuvrer aux *dépens de la pensée critique*, un modèle comme FFSM peut, au contraire, aiguiser cette pensée critique. Ici encore, la condition de transparence est nécessaire, notamment pour se libérer de l'image d'un modèle opaque faisant figure d'autorité. Enfin, la représentation de la réalité dans un modèle passe nécessairement par une simplification de cette réalité. Cette simplification ne constitue pas pour autant un *rabotage de la pensée*. En réalité nous avons vu que FFSM, en synthétisant une

quantité d'informations que l'esprit humain seul ne pourrait appréhender, constitue au contraire un substitut à la pensée humaine lorsqu'elle est incapable de se représenter une réalité. Ainsi, lorsque Roqueplo (1997, p. 41) écrit, quelques lignes plus loin : « *la seule démarche que je crois raisonnable pour rassembler les connaissances disciplinaires nécessaires à la formulation d'une expertise dans des domaines complexes me paraît admirablement évoquée par les deux mots du professeur Dormont : se réunir et réfléchir* », nous lui donnons raison et nous pensons qu'en réunissant les connaissances de domaines éloignés sous une forme mathématique et en mobilisant, en amont, la réflexion des scientifiques et en suscitant, en aval, la *réflexion* des utilisateurs des résultats, FFSM procède précisément de cette démarche.

Sylvain CAURLA
Laboratoire d'économie forestière
UMR INRA-AgroParisTech
14 rue Girardet – CS 14216
F-54042 NANCY CEDEX
(sylvain.caurla@nancy.inra.fr)

BIBLIOGRAPHIE

AKERLOF (G.). — The missing motivation in macroeconomics. — *American Economic Review*, 97, 2007, pp. 5-36.

ARMINGTON (P.S.). — A theory of demand for products distinguished by place of production. — *IMF Staff papers*, vol. 16, n° 1, 1969, pp. 159-176.

BUONGIORNO (J.), ZHU (S.), ZHANG (D.), TURNER (J.), TOMBERLIN (D.). — The Global Forest Products Model. — San Diego : Academic Press, 2003. — 301 p.

CAURLA (S.). — Modélisation de la filière forêt-bois française. Évaluation des impacts des politiques climatiques. — AgroParisTech, 2012. — 398 p. (Thèse de doctorat).

CAURLA (S.), DELACOTE (P.), LECOCQ (F.), BARKAOUI (A.). — Stimulating fuelwood consumption through public policies : an assessment of economic and resource impacts based on the French Forest Sector Model. — *Energy Policy*, vol. 63, 2013a, pp. 338-347.

CAURLA (S.), DELACOTE (P.), LECOCQ (F.), BARTHÈS (J.), BARKAOUI (A.). — Combining an inter-sectoral carbon tax with sectoral mitigation policies : impacts on the French forest sector. — *Journal of Forest Economics*, vol. 19, n° 4, 2013b, pp. 450-461.

COLIN (A.), CHEVALIER (H.). — Rapport technique module biologique LEF. Rapport technique, Inventaire forestier national. — 2009.

LECOCQ (F.), CAURLA (S.), DELACOTE (P.), BARKAOUI (A.). — Paying for Forest Carbon or Stimulating Fuelwood Demand ? Insights from the French Forest Sector Model. — *Journal of Forest Economics*, vol. 17, n° 2, 2011, pp. 157-168.

LUCAS (R.). — Expectations and the neutrality of money. — *Journal of Economic Theory*, vol. 4, n° 2, 1972, pp. 102-124.

MOUCHOT (C.). — Méthodologie économique. — Paris : Éditions du Seuil, 2003. — 480 p. (Points Économie).

MUTH (J.F.). — Rational expectations and the theory of price movements. — *Econometrica*, vol. 29, n° 3, 1961, pp. 315-335.

POPPER (K.). — Logique de la découverte scientifique. — Paris : Payot, 1934.

ROQUEPLO (P.). — Entre savoir et décision, l'expertise scientifique. — Paris : INRA, 1997. — 112 p. (Sciences en questions).

SAMUELSON (P.). — Spatial price equilibrium and linear programming. — *American Economic Review*, vol. 42, n° 3, pp. 283-303.

SAUQUET (A.), LECOCQ (F.), DELACOTE (P.), CAURLA (S.), BARKAOUI (A.), GARCIA (S.). — Estimating Armington Elasticities for Sawnwood and Application to the French Forest Sector Model. — *Energy and Resource Economics*, vol. 33, n° 4, 2010, pp. 771-781.

WALLISER (B.). — Le Problème de l'induction et de la réfutation en économétrie. — *Économies et sociétés*, vol. 10, 1987, pp. 153-164.

LE MODÈLE FFSM 1.0 : DE L'OUTIL DE RECHERCHE EN ÉCONOMIE À SON UTILISATION POUR L'AIDE À LA DÉCISION (Résumé)

Cet article tente de déterminer la nature et la portée des résultats d'un modèle économique de prospective le *French Forest Sector Model* représentant un système bioéconomique complexe sous la forme de milliers d'équations. En particulier, il montre qu'au-delà des chiffres qu'il produit, un tel modèle présente la capacité de mettre en avant les déterminants des phénomènes réels, d'en déterminer l'ordre de grandeur et la sensibilité aux paramètres réels. Dans le cadre d'une expertise, l'intérêt de l'utilisation d'un tel modèle se situe au niveau de la comparaison des variables de sortie (prix, offres et demandes de produits bois, surplus économiques) selon différents scénarios.

THE FFSM 1.0 MODEL – A RESEARCH TOOL IN ECONOMICS USED AS A DECISION-MAKING AID (Abstract)

This article attempts to determine the nature and relevance of the French Forest Sector Model for long-term economic forecasting that represents a complex bioeconomic system in the form of thousands of equations. In particular, it shows that beyond the figures it produces, such a model is able to highlight the determinants of actual phenomena and determine the latter's order of magnitude and sensitivity to actual parameters. In the context of an expert assessment, the relevance of using such a model resides in comparisons of output variables (price, supplies and demands for wood products, economic surpluses) for various scenarios.