

## LA SYNTHÈSE DE SYSTÈMES EN AGRICULTURE<sup>(1)</sup>

**A**BSTRACTION FAITE DE TOUT SNOBISME, ON RECONNAIT DE PLUS EN PLUS GÉNÉRALEMENT L'INTÉRÊT, VOIRE LA NECESSITÉ D'UNE APPROCHE ÉCOLOGIQUE DES PROBLÈMES agricoles. Cela ne veut pas dire pour autant que cette approche, qui diffère de celle des spécialistes, se suffise à elle-même : elle exige une attention scientifique beaucoup plus soutenue et plus approfondie que celle dont elle a été l'objet jusqu'à maintenant (1). La synthèse de systèmes constitue une partie de cette approche globale, aussi est-il important de définir clairement en quoi consiste cette dernière.

Une approche écologique se caractérise par l'intérêt que l'on porte, ou au minimum la conscience que l'on a des interactions entre l'objet d'une étude et son environnement. Parmi les concepts les plus importants qui aient été formulés pour aider à l'étude systématique de ces interactions figure celui d'« écosystème ». Ce terme désigne tout simplement un système possédant un ou plusieurs composants vivants et s'applique donc parfaitement à tout système agricole (2).

Le postulat fondamental d'une telle approche peut alors se formuler ainsi : l'importance d'un composant ne peut être complètement évaluée si on ne le relie pas au système plus vaste dont il est partie intégrante.

Ce point de vue est tout aussi pertinent lorsque l'on considère l'agriculture dans son ensemble que lorsqu'on étudie des systèmes d'exploitation

(1) Texte anglais remis par l'auteur à l'occasion de l'exposé prononcé lors des journées d'hiver de l'A.F.P.F. à Versailles (février 1972).

pris isolément ou seulement certains de leurs composants relativement mineurs : je pense que cette prise de conscience est capitale tant pour la recherche agronomique que pour l'application de ses résultats.

La synthèse de systèmes est l'étape de cette approche qui a trait à l'élaboration de systèmes concrets aux niveaux d'une production, d'une entreprise ou d'un système de culture, et à l'établissement des modèles théoriques sur lesquels ils s'appuient.

### **Le besoin de synthèse.**

Au niveau de la pratique, le besoin de synthèse s'exprime pour trois raisons principales :

- 1) Identifier les lacunes importantes de notre connaissance des systèmes et aider ainsi à déterminer les priorités en matière de recherches ;
- 2) Comprendre les systèmes existants de telle sorte que l'on puisse prévoir les conséquences de l'introduction de nouvelles connaissances ;
- 3) Construire de nouveaux systèmes.

On peut objecter, bien sûr, qu'on a toujours visé et souvent atteint ces trois objectifs, même si les méthodes utilisées n'étaient pas toujours très raffinées. Ceci souligne un point très important : la synthèse de systèmes est une affaire de méthodologie ; ce qui la caractérise, ce ne sont pas des buts nouveaux ou différents, mais des méthodes nouvelles et différentes. La question fondamentale posée par la synthèse de systèmes est de savoir s'il n'existerait pas de techniques systématiques qui pourraient nous aider à résoudre ces problèmes compliqués.

Leur complexité ne fait, en effet, aucun doute (3). La plupart des systèmes qui nous intéressent exigent le regroupement de résultats issus de différentes disciplines scientifiques (botanique, zoologie, science vétérinaire, phytopathologie, agronomie, météorologie, nutrition) dans un contexte qui comprend également des aspects de gestion, d'économie et d'organisation du travail. Ceci soulève le problème de trouver *qui* peut faire face à une telle variété de sujets et à leurs interactions, et aussi celui de savoir *comment* faire ce travail.

Souvent, par le passé, les agriculteurs ont introduit des innovations au coup par coup (de façon progressive et empirique). Ce procédé pose différents problèmes :

- pour l'interprétation des résultats (en raison du manque de témoin et d'enregistrements suffisamment précis),
- en raison des risques entraînés par des modifications suffisamment importantes pour qu'on en perçoive les effets,
- et en fait pour définir clairement le changement introduit (puisque très souvent il est logique de modifier nombre de choses en même temps et ceci à des degrés divers).

On se heurte donc à des difficultés lorsque l'on modifie des systèmes pour voir ce qui se passe, mais on en rencontre d'autres si l'on essaye des systèmes entièrement nouveaux, car il est difficile d'affirmer quels sont les éléments essentiels du nouveau système adopté et d'interpréter correctement les raisons de succès ou d'échec.

De la même façon, il s'est révélé difficile de déceler les principales lacunes. S'il est souvent possible d'affirmer qu'un problème peut être clairement identifié (la présence d'une maladie par exemple), par contre, il est souvent difficile d'en déterminer la cause : quelquefois, mis à part l'échec global d'un système, aucun problème ne peut être mis en évidence.

La description des systèmes à elle seule est très difficile, mais la tâche devient encore plus compliquée lorsqu'on souhaite en outre calculer les conséquences d'un changement dans un éventail de conjonctures économiques.

Depuis environ dix ans, l'utilisation des ordinateurs et des techniques de modélisation a permis des progrès rapides dans le traitement de problèmes tout aussi complexes. La synthèse de systèmes fait appel à de telles techniques afin d'étudier de façon systématique dans quelle mesure elles peuvent aider à comprendre et à construire des systèmes agricoles.

Ceci conduit parfois à mésestimer qu'il s'agit d'un sujet entièrement théorique se substituant à une expérimentation réelle. Tout naturellement, cette attitude provoque des réflexions : on la qualifie de vision trop ambitieuse, coupée des réalités de l'exploitation.

Au contraire, l'objectif est de pouvoir prendre en compte tous les facteurs importants qui doivent être pris en considération (c'est du reste ce qui

complique les problèmes) et ce mode d'approche est tout aussi dépendant qu'un autre de l'expérimentation réelle.

En fait, c'est l'impossibilité matérielle absolue de mener à bien toutes les expériences paraissant nécessaires qui nous oblige à choisir très soigneusement les plus utiles, afin de leur affecter les moyens toujours limités dont nous disposons. De tels choix doivent s'appuyer sur le maximum de calculs théoriques afin de valoriser au mieux nos connaissances actuelles, dans la recherche du type d'information dont nous aurons le plus besoin dans une étape suivante. (Il n'est pas toujours possible, néanmoins, de progresser rapidement et d'obtenir cette information, car la recherche est également limitée par d'autres facteurs, tels que les compétences, les techniques et les équipements disponibles.) En outre, une réflexion systématique sur l'information requise sert à s'assurer que ce besoin est défini de façon claire. Très souvent, un objectif tel que « produire plus de viande de bœuf » est considéré comme un but dont la justification est évidente ; cependant, un peu de réflexion montre qu'obtenir ce résultat sans tenir compte du coût ne nous intéresse pas du tout. Nous cherchons toujours une production plus élevée (de viande de bœuf, par exemple) par unité de facteur de production (surface, animal, ou main-d'œuvre) et très souvent nous cherchons à optimiser l'emploi simultané de plusieurs de ces facteurs de production.

Une réflexion systématique sur les objectifs augmente donc les chances de formuler les thèmes et de mener à bien les expériences les plus pertinentes. Lorsque cette réflexion fait suite à un travail théorique adéquat, il est alors probable que les résultats seront valorisés, puisque répondant à un besoin préalablement spécifié.

Tout ceci concerne à la fois les expériences destinées à recueillir les informations de base et celles destinées à mettre à l'épreuve les résultats des travaux de synthèse.

La mise à l'épreuve des systèmes nécessite une expérimentation à grande échelle et justifie une réflexion approfondie et une organisation soignée. C'est justement ce qu'apporte la phase théorique, qui est la partie du travail la moins comprise, généralement sous-estimée tant dans son importance et dans son caractère laborieux que pour le temps qu'elle prend. Celui qui élabore les systèmes doit résister à l'impatience qui se manifeste pendant cette période de conception et à la pression considérable qui s'exerce sur lui pour faire entrer en application tout système nouveau qui paraisse plus

efficace et plus payant. Si ce travail théorique fondamental n'était pas fait soigneusement, les bases de la synthèse de systèmes seraient chancelantes et les constructions qui en résultent risqueraient de s'écrouler.

Ce n'est pas parce qu'il doit être possible de définir une voie plus méthodique pour imaginer et comprendre des systèmes à la fois productifs et profitables, qu'il faut en conclure que tout cela peut être fait très rapidement. En attendant, rien ne s'oppose à l'élaboration intuitive de systèmes, comme cela s'est fait jusqu'à présent. Tout naturellement, ce sont les résultats pratiques qui intéressent la plupart des gens mais si l'on désire comprendre ce que l'on entend par synthèse de systèmes, il faut avoir une idée claire de l'activité théorique.

### **Le mécanisme des synthèses théoriques.**

Sans méthodologie, on ne peut pas faire des synthèses de façon systématique, mais sans information adéquate, on ne peut pas en faire du tout. Non seulement cette information doit exister mais elle doit également être canalisée au point où s'effectue la synthèse ; sinon on devra consacrer trop de temps à la collecter.

### **Les apports d'information.**

L'apport de données au point de synthèse est essentiel, mais celles-ci doivent être utilisables. Il est inutile de prévoir un dispositif tel que *toutes* les données disponibles sur *tous* les sujets concernés convergent vers ce point ; les opérateurs en seraient tout simplement submergés. Les données doivent être sélectionnées et digérées et pratiquement il est très important que les opérateurs soient assistés par des personnes compétentes, s'intéressant à ce travail, susceptibles d'assimiler les progrès réalisés dans un large champ de leur propre discipline, de distinguer quels sont les apports nouveaux les plus intéressants pour le constructeur de modèle et de les lui communiquer sous une forme convenable.

Pour des synthèses biologiques, une équipe d'écologistes est nécessaire, mais pour des synthèses agricoles il faut y ajouter au moins des économistes et des spécialistes de la gestion des exploitations.

### **La méthodologie.**

Tout traitement systématique de telles masses de données met en œuvre deux techniques quelque peu différentes. La première (a) a trait à la

« conceptualisation » : elle aboutit à l'établissement d'une « image » du système à modéliser. La seconde (b) concerne la façon dont le modèle est construit en vue d'être manipulé.

a) Lorsqu'un système nous intéresse, nous nous en faisons tous une certaine image, sinon nous ne serions pas en mesure d'y réfléchir ou d'en discuter. Il est cependant nécessaire de définir et de décrire cette image en termes clairs et non ambigus : nous devons définir le système par ses principaux composants, les interactions entre eux, ses limites, ses « entrées » et « sorties » principales et l'environnement ou le contexte dans lequel il opère. Il est également nécessaire de définir le but pour lequel on l'étudie, car la plus grande partie de ce qui précède en dérive.

La représentation graphique des « flux » de toutes sortes est souvent déterminante à cet égard et fournit le meilleur moyen de « conceptualiser » les systèmes avant de passer à la modélisation. Il y a encore beaucoup à apprendre au sujet de ces élaborations et il est essentiel que cette phase soit traitée de façon complète.

b) Les techniques de construction des modèles sont maintenant bien au point (4). Toute une gamme est disponible et le choix dépend de la nature du système et de la finalité du modèle.

Dans certaines situations les techniques orientées vers l'économie, telles que la programmation linéaire, sont les mieux indiquées ; dans d'autres les techniques de simulation sont plus appropriées. Couramment, les déficiences les plus sérieuses concernent les techniques de représentation simultanée des phénomènes biologiques et économiques ; la prise en compte de la « variabilité » reste un problème technique.

Lorsqu'un modèle est construit, il se présente généralement sous une forme mathématique et, de ce fait, un ordinateur peut effectuer des volumes énormes de calculs.

Il est alors possible de se servir du modèle pour des expériences et pour la prévision, mais, avant cela, il est nécessaire de « valider » le modèle en comparant les prévisions qu'il permet de faire avec la réalité dont il constitue une représentation (5).

### **La mise à l'épreuve des modèles.**

Ceci est différent, bien entendu, de la mise à l'épreuve des systèmes. L'objet de cette opération est de contrôler la validité des modèles qui, cette étape franchie, peuvent être utilisés et amener à conclure que la recherche d'un nouveau système serait intéressante ; ce système devra alors être testé pour voir s'il donne les résultats escomptés. Bien sûr, la mise à l'épreuve d'un système peut aussi être considérée comme une autre forme de mise à l'épreuve du modèle mais il y a, en fait, des différences pratiques importantes.

Lorsqu'on teste des modèles, il ne suffit pas de vérifier simplement que le modèle et la situation réelle donnent la même solution. S'ils le font, ce peut être une coïncidence : le modèle et la réalité peuvent arriver tous les deux au même point final, mais pour différentes raisons et par différentes voies. S'ils ne se rejoignent pas, il est essentiel de savoir pourquoi.

Ceci veut dire qu'un modèle doit être testé dans des conditions où chacune des phases intermédiaires importantes puisse être contrôlée.

On dispose d'un avantage majeur lorsque l'on peut également effectuer ce contrôle à plusieurs niveaux et il y a beaucoup à gagner de l'introduction de traitements expérimentaux extrêmes. Le test idéal d'un modèle doit donc être effectué strictement dans le contexte de la situation modélisée : il ne devrait pas intervenir de composants importants qui ne soient inclus dans le modèle et il devrait être possible de contrôler tous les facteurs et d'en maîtriser quelques-uns afin de rendre possibles les comparaisons. Lorsque cette situation idéale ne peut être atteinte, il est souhaitable de faire des répétitions.

### **La mise à l'épreuve des systèmes.**

Des systèmes peuvent être construits pour être utilisés dans une très large gamme de conditions. Ils peuvent être établis à partir de modèles (à des degrés variables de complication) mais aussi être conçues pour des situations où interviennent des facteurs non inclus dans le modèle. Tel serait le cas si un modèle biologique suggérait un système agricole qui contienne des êtres humains absents du modèle, et qui doive fonctionner dans un contexte variable et pour une ferme qui présente des caractéristiques physiques originales (par exemple un coin de champ marécageux, un affleurement rocheux ou un arbre au milieu d'un champ).

Tout ceci met en lumière le fait que, afin d'aboutir à des progrès pratiques, il est nécessaire de mettre à l'épreuve des systèmes appartenant à une catégorie ou applicables à des situations qui n'ont pas été complètement modélisées. Il en sera toujours ainsi puisque le temps et les efforts nécessaires pour obtenir toutes les informations requises en vue d'aboutir à un modèle complet et cohérent seront généralement sans commune mesure avec les coûts ni avec le rythme des changements dans le domaine agricole.

A l'heure actuelle, la terminologie elle-même n'est pas claire et l'on peut douter du fait que tout le monde accorde la même signification au qualificatif « nouveau » apposé à un système. De quelle importance doit être le changement affectant une partie du système existant pour justifier qu'on le qualifie de « nouveau » ?

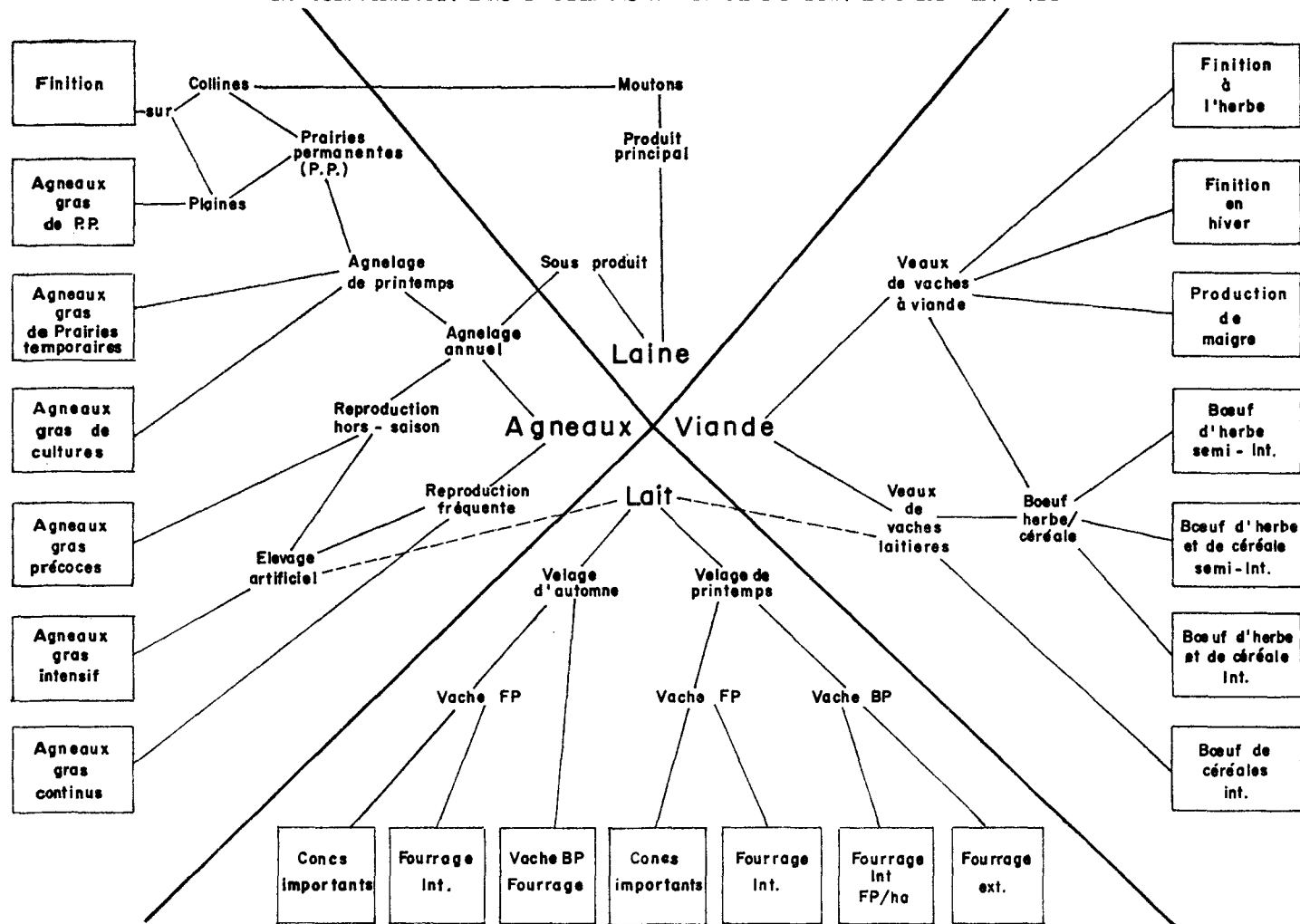
Il serait très utile de posséder une classification des systèmes agricoles (cf. SPEDDING, 1971) (2) afin de pouvoir explorer systématiquement les possibilités théoriques de nouveaux systèmes. Faut de quoi, on ne peut que prendre les principaux systèmes existants et les grouper dans une classification provisoire (cf. figure 1, pour les systèmes de ruminants). Il faut cependant se rappeler que suivant les buts à atteindre les mêmes choses peuvent être classées de façons très différentes. Il est par conséquent essentiel d'être très clair en ce qui concerne le but de la classification et la façon dont les résultats doivent être utilisés.

En pratique, la mise à l'épreuve des systèmes à une échelle adéquate couvrant une gamme pertinente de conditions (à la fois climatiques et topographiques) et sur une période de temps convenable est une opération coûteuse et ne peut pas inclure normalement le contrôle des différents composants. C'est cette dernière constatation qui impose réellement la nécessité de répétitions, donnant une idée des erreurs qui affectent les résultats et permettant d'introduire un élément de comparaison. Il est souvent possible aussi d'obtenir des informations supplémentaires en incorporant quelques comparaisons de traitements à l'intérieur des systèmes mis à l'épreuve.

La distinction essentielle entre les modèles et les systèmes agricoles est que les premiers sont des abstractions des seconds et peuvent prendre une forme générale, alors que les systèmes existent toujours sous la forme d'exemples particuliers.



FIGURE 1  
CLASSIFICATION DES SYSTEMES DE PRODUCTION DES RUMINANTS



(Int. = intensif - Ext. = extensif - Conc. = concentrés) - F.P. et B.P. = forte et basse production laitière

### **La genèse de nouveaux systèmes.**

La mise à l'épreuve des systèmes n'est que l'un des objectifs des synthèses de systèmes et, à moins que toute amélioration des systèmes existants soit considérée comme la genèse de nouveaux systèmes, ce n'est en aucune façon le plus important. Néanmoins, il s'agit de l'aspect qui suscite les plus grandes espérances de la part de ceux qui souhaitent en connaître les applications pratiques.

Sans aucun doute, nous sommes dans l'obligation d'explorer les possibilités de générer de nouveaux systèmes et de définir les moyens de le faire systématiquement.

Le « bœuf d'orge » (barley beef) et le « bœuf de dix-huit mois » sont des exemples de « nouveaux » systèmes basés sur une synthèse délibérée de résultats disponibles en vue d'une production spécifique. Aucun d'eux n'a été conçu à partir de modèles mathématiques détaillés, mais ils ont découlé de calculs importants de possibilités, comprenant un certain nombre de données économiques.

Nous n'avons pas eu le temps de produire, à partir d'une approche plus complexe des synthèses de systèmes, des exemples de nouveaux systèmes élaborés dans cette direction spécifique, en partie parce qu'un certain nombre d'efforts de modélisation mathématique sont suspendus par manque d'information. L'identification de ces importantes lacunes a d'ores et déjà une influence bénéfique sur l'orientation des programmes de recherches, mais ceci ne peut encore aboutir à la genèse de systèmes.

De plus, il est extrêmement difficile de donner un exemple d'un tel système en le caractérisant par la somme de travail pouvant conduire à sa formulation, car le volume de ce travail est très important et sa nature très variée. Il n'est pas possible non plus de résumer brièvement les raisons qui ont conduit à choisir un composant donné, parce que les composants ne sont pas sélectionnés indépendamment les uns des autres. Le système choisi représente le meilleur équilibre entre les composants en interaction ; il peut, bien sûr, être décrit et nous le faisons ci-dessous pour le cas d'un système de production d'agneaux de plaine actuellement élaboré par notre collègue J.-E. NEWTON.

### **Un système de production d'agneaux sur prairies temporaires.**

La difficulté de décrire fidèlement et complètement un système par des mots réside dans le fait que cette description ne met pas suffisamment en lumière les traits essentiels qui le caractérisent. Si la description tend à être complète, elle est inévitablement longue. Il est exact que certains détails peuvent être considérés comme allant de soi (par exemple la conduite des béliers lors de la lutte), même s'ils peuvent être très importants : ils sont *toujours* importants, mais ne sont pas spécifiques du système décrit. Même ainsi, de nombreux détails sont si importants qu'ils doivent être inclus dans un rapport complet. Ainsi, l'apport global d'éléments fertilisants ne renseigne pas sur la distribution des épandages au cours de l'année, et cependant un très haut niveau de fertilisation ne peut être appliqué en une seule fois.

Des graphiques servent ici à donner une image du système considéré.

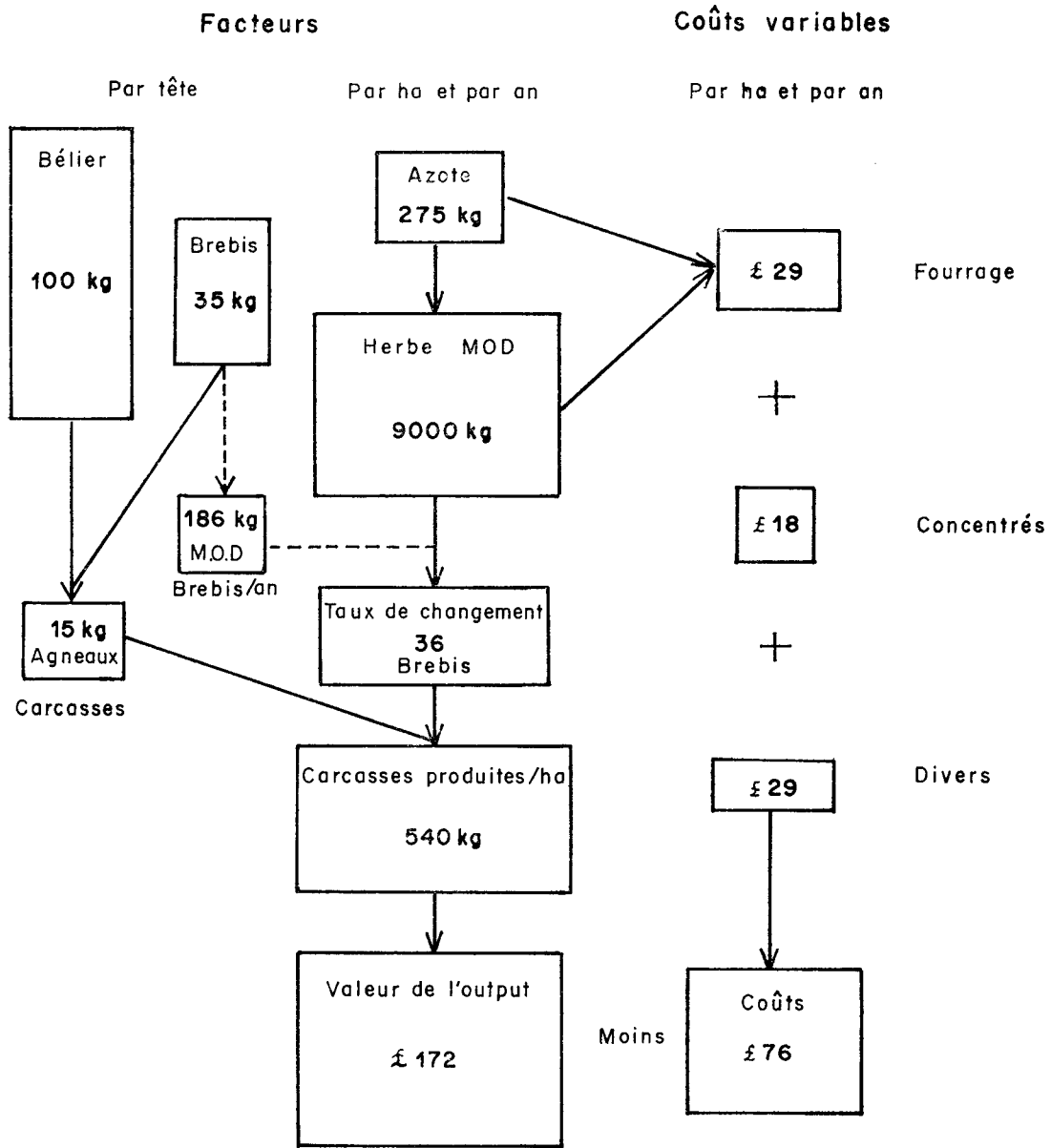
La figure 2 montre les principaux éléments de l'objectif de produit et les principaux coûts proportionnels, conduisant à une marge brute de 96 £ par hectare. Les éléments ont été choisis pour atteindre un haut niveau de production d'herbe et, par là, une forte densité de chargement, combinée à de faibles exigences alimentaires par brebis, un faible niveau d'alimentation complémentaire et un faible coût d'exploitation.

La figure 3 montre les principaux moyens nécessaires et le calendrier des événements : ce dernier doit, par construction, comporter un certain degré de souplesse.

Ces deux figures constituent la présentation la plus rapide possible du système, mais procurent peu de justifications quant au choix des facteurs. Ce processus est compliqué et il n'est pas encore possible de l'appuyer sur un modèle d'ensemble de production d'agneaux. Il est cependant illustré, pour l'un de ses aspects, par la figure 4, extraite du travail de NEWTON (6).

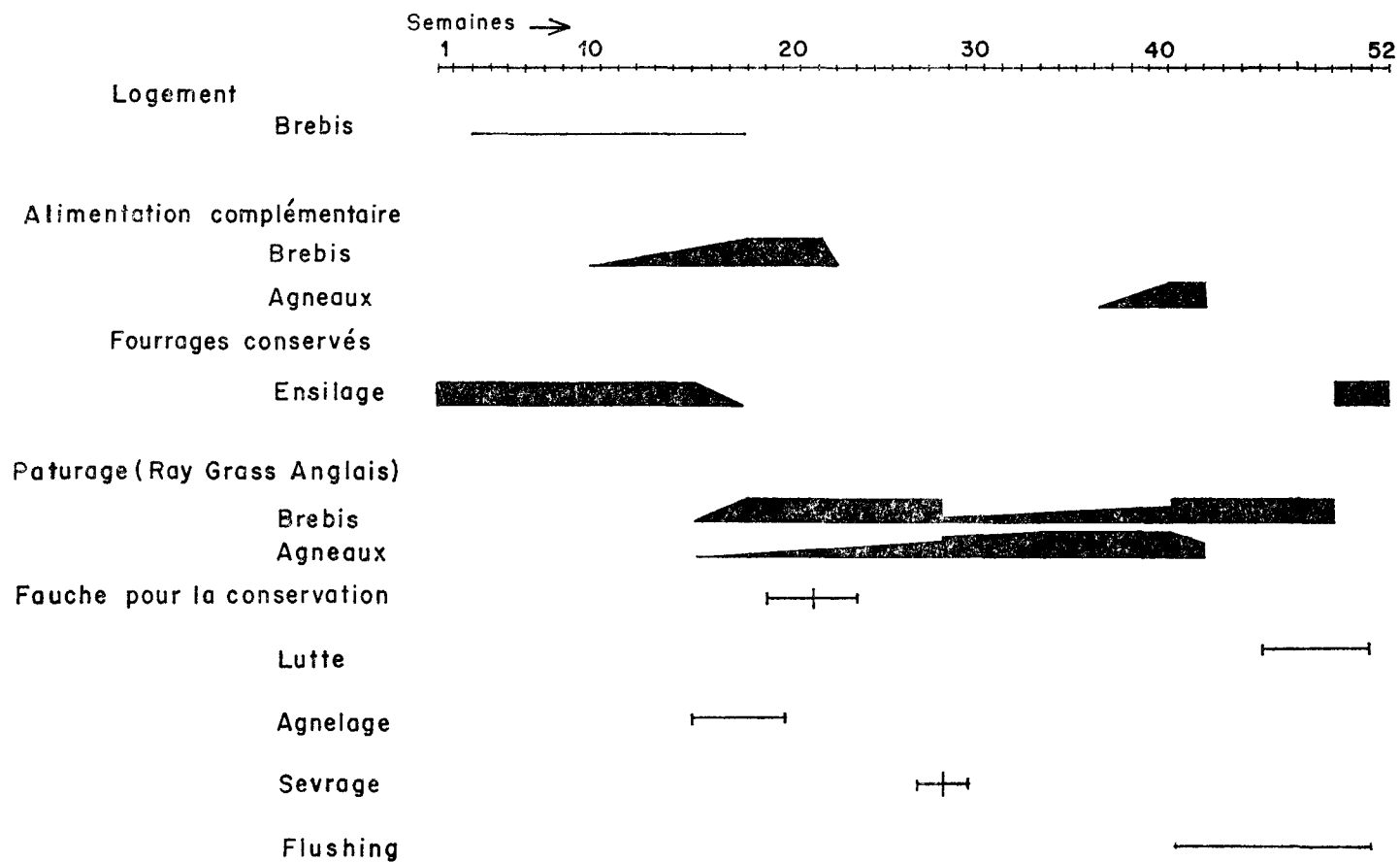
Cette figure montre les relations qui existent entre le taux de chargement, le pourcentage d'agneaux vendus, la production de carcasse par brebis et la production de carcasse par hectare. Puisque le coût de l'alimentation représente de 48 à 56 % du coût total dans la production d'agneaux de plaine (7), l'efficacité de l'emploi des aliments est un critère important sur lequel on doit baser le choix des composants.

**FIGURE 2**  
**SYSTEME DE PRODUCTION D'AGNEAUX GRAS :**  
**LE CHOIX DES FACTEURS**  
(M.O.D. = matière organique digestible)



**= Marge brute = £96/ha**

**FIGURE 3**  
**REPRESENTATION GRAPHIQUE DES CARACTERISTIQUES DE LA PRODUCTION**  
**EN FONCTION DU TEMPS**



## QUANTITE DE CARCASSES A L'HECTARE

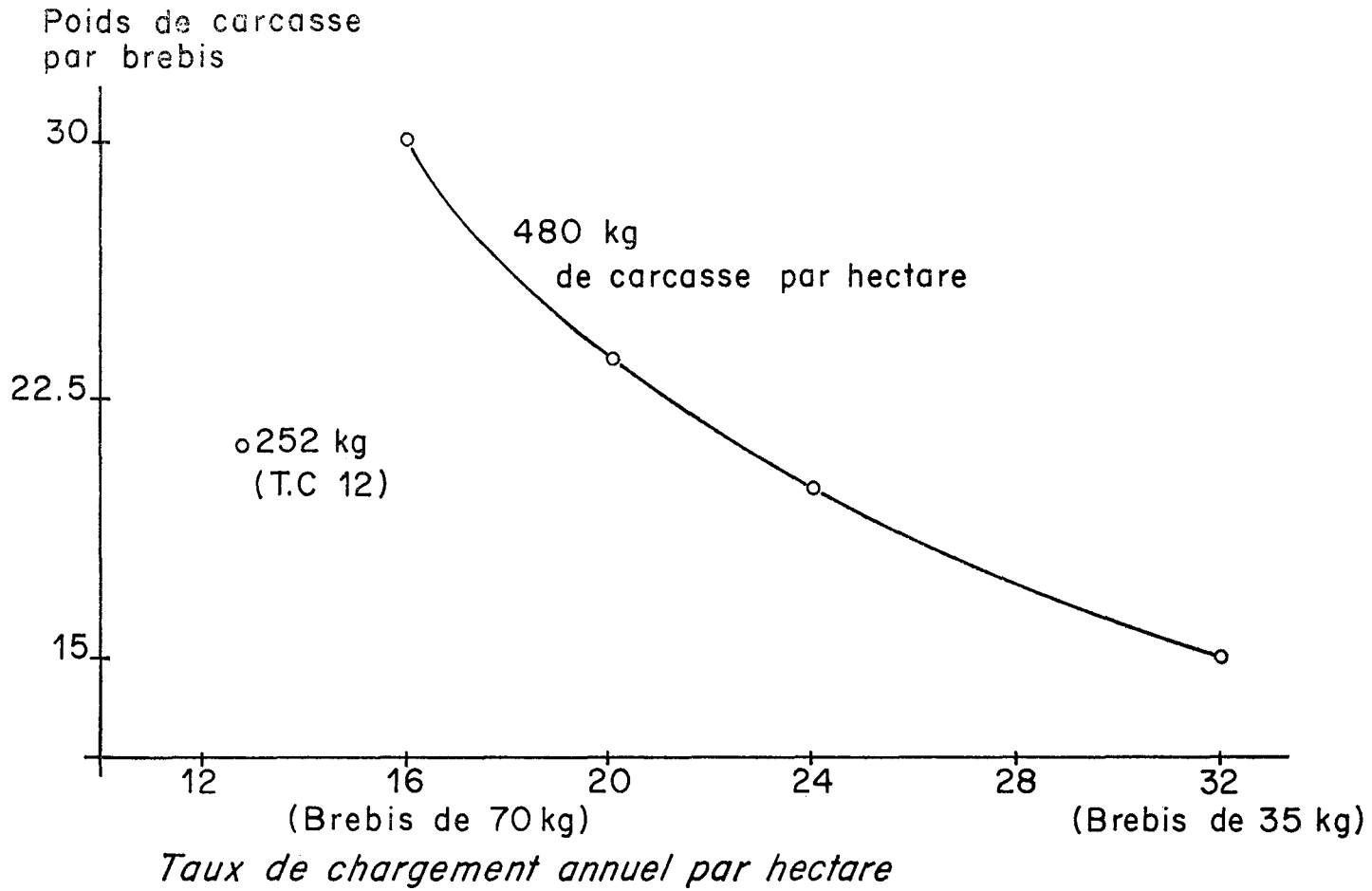


FIGURE 4  
 CARCASSES D'AGNEAUX PRODUITES PAR HECTARE  
 EN RELATION AVEC LE TAUX DE CHARGEMENT  
 ET LA PRODUCTION PAR BREBIS

La figure 4 montre quelques-unes des combinaisons théoriques du taux de chargement et de la production par brebis aboutissant à une valeur élevée de la production de carcasse à l'hectare, mais il n'est pas possible d'avoir toutes les combinaisons de ce genre où interviennent les races et croisements qui existent et sont disponibles. On doit aussi tenir compte de facteurs supplémentaires lorsqu'on sélectionne une combinaison particulière dans la gamme indiquée comme intéressante. La grande complexité de ces opérations fournit une autre illustration de la nécessité de ces techniques systématiques lorsqu'elles sont disponibles ; elles constituent la méthodologie des synthèses de systèmes.

C.R.W. SPEDDING,  
*Institut de Recherches sur les Herbages,*  
*Hurley (Grande-Bretagne).*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- (1) SPEDDING C.R.W. (1971) : « An ecological approach to agriculture. » *A.I.C. Review*, 26 (4), 3-7.
- (2) SPEDDING C.R.W. (1971) : « Agricultural ecosystems. » *Outlook on Agric.*
- (3) JONES J.G.W. and BROCKINGTON N.R. (1971) : « Intensive grazing systems. » Ch. 10 in *Systems analysis in agricultural management*. Ed. Dent. J.B. and Anderson J.R., John Wiley and Sons.
- (4) JONES J.G.W. (1970) : « The use of models in agricultural and biological research ». Ed. J.G.W. Jones. Proc. Symp., Feb. 1969.
- (5) BROCKINGTON N.R. (1971) : « Using models in agricultural research. » *Span* 14, (1), 1-4.
- (6) NEWTON J.E. (1971) : Personal communication.
- (7) SPEDDING C.R.W. (1971) : « Lowland sheep production. » *J. Irish Grassl. and Anim. Prod. Ass.* (sous presse).