

E 7436

UN MODELE DE PROJECTION DEMOGRAPHIQUE APPLIQUE AUX CHEPTELS ANIMAUX

L.P. MAHE

*I.N.R.A. - Station d'Economie Rurale
E.N.S.A. - 35042 Rennes*

I. - PREVISIONS ET DEMOGRAPHIE ANIMALE

A différents niveaux de responsabilité économique de la branche des productions animales, il est nécessaire de prévoir l'évolution des effectifs des différents cheptels et de leurs produits, afin d'anticiper et de corriger les déséquilibres éventuels dans l'emploi des facteurs de production, dans la coordination des processus, ou dans l'ajustement des quantités produites aux débouchés.

Le chef d'entreprise agricole pratiquant l'élevage a le souci d'assurer une utilisation satisfaisante de ses facteurs de production voire d'obtenir ses produits en période de cours favorables. Dans un élevage en croissance la programmation des investissements est basée sur l'évolution prévue des effectifs du cheptel.

La direction d'un groupement de producteurs cherche à organiser les flux d'animaux entre les différents élevages, à réaliser l'équilibre entre la production et les débouchés, à promouvoir une croissance harmonisée du groupe.

Au niveau national, les responsables de la politique agricole ont pour mission, entre autres, de favoriser la cohérence entre les décisions des producteurs et les besoins des consommateurs. Pour cela, des prévisions à court et moyen terme doivent être réalisées, afin d'anticiper les déséquilibres éventuels entre l'offre et la demande.

La réalisation de ces objectifs suppose que l'on soit capable, d'une part, de prévoir l'évolution spontanée des cheptels à partir d'un état connu, d'autre part, de déterminer les décisions ou les mesures d'incitation à prendre, en vue d'obtenir un certain niveau de production à un horizon donné. Or, les effectifs d'un troupeau évoluent d'une façon qui semble, au moins à première vue, cahotique et irrégulière. Au niveau de l'entreprise, on invoque les aléas biologiques, au niveau national on invoque les décisions erronées des producteurs. Ces sources de fluctuations sont irréfutables mais on connaît mal la façon dont elles agissent sur les différentes parties du système complexe que constitue un cheptel en reproduction.

Ces différents champs d'application et la nature des problèmes de l'économie de l'élevage montrent la nécessité d'étudier de façon systématique les relations synchroniques et diachroniques entre les différentes catégories d'un cheptel en évolution. Cette analyse de base devrait permettre de mieux connaître les lois de la dynamique d'un cheptel et d'élaborer des outils de prévision fondés sur ces lois et suffisamment souples pour s'appliquer à divers problèmes économiques.

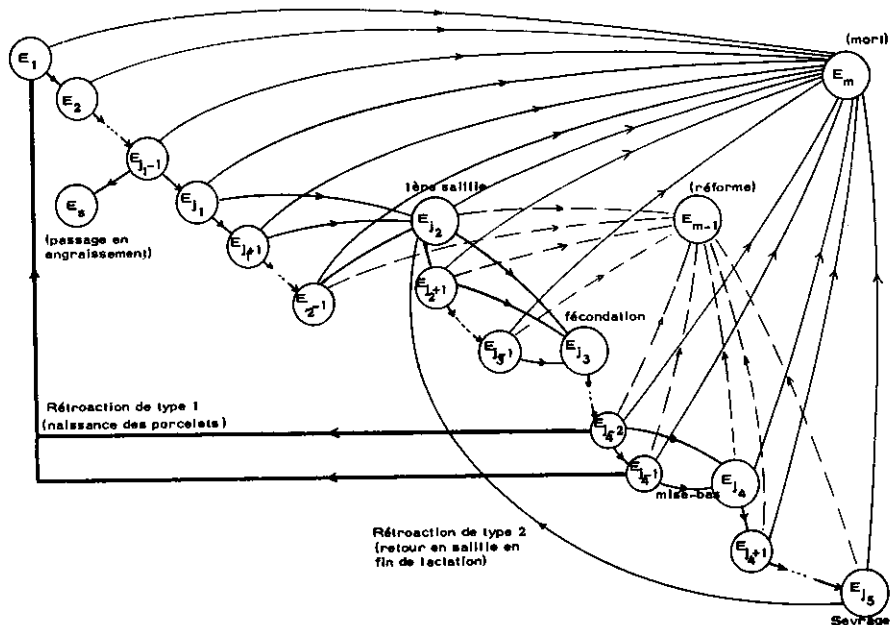
Aussi, nous semble-t-il qu'une méthode idéale de prévision devrait combiner les deux approches : démographique, afin de mieux intégrer les phénomènes biologiques et économiques, afin d'introduire les décisions des éleveurs qui agissent tant sur l'offre à court terme qu'à long terme. Il nous semble donc opportun afin de dégager ensuite une analyse approfondie de l'offre des produits animaux, d'effectuer d'abord une étude détaillée d'un modèle démographique appliqué aux cheptels domestiques.

II. - CONSTRUCTION DU MODELE

Le modèle démographique vise à prendre en compte l'ensemble des relations dynamiques entre les nombreuses catégories d'animaux qui constituent le cheptel en reproduction. Pour cela, on représente l'état du cheptel à un instant donné par une "photographie" définie par l'effectif d'animaux présents dans chaque catégorie. 51 catégories ont ainsi été définies pour l'espèce porcine, afin de distinguer les caractéristiques d'âge, de sexe, de stade physiologique (reproducteurs), de destination (engraissement, élevage). Les tranches

d'âge sont de 3 semaines, ce qui constitue l'unité de temps du modèle, au cours de laquelle sont observées les relations entre catégories (croissance, saillies, mise-bas, abattage...). Ces relations sont résumées dans le graphique n° 1, qui s'applique aux femelles reproductrices.

FIGURE 1
GRAPHE DES TRANSITIONS (femelles reproductrices)



A chacun des arcs correspond un coefficient qui exprime soit une probabilité de transition, soit la prolificité, soit une décision des éleveurs concernant la destination des animaux (mise en reproduction des jeunes truies selon le taux α , réforme selon un taux β).

Les coefficients sont calculés à partir de la table de survie pour les animaux en engraissement (à partir de la distribution des âges à l'abattage) et à partir des distributions des caractères zootechniques chez les reproducteurs (âge de puberté, taux de fécondation, durée de gestation, prolificité, mortalité accidentelle, réformes normales, etc...). L'ensemble de ces paramètres (environ 80) est représenté dans une matrice S_t (en annexe), qui avec le vecteur X_t (la photographie du cheptel en t) résume les lois biologiques qui déterminent l'évolution du cheptel. Avec ces informations, il est possible d'étudier l'évolution dans le temps de toutes les catégories du cheptel sur la base de la relation $X_{t+1} = S_t X_t$; son utilisation sur ordinateur est très simple et n'exige en fait qu'un nombre de paramètres limité dont seuls quelques-uns peuvent varier sensiblement (décisions, variations saisonnières...).

III. - LES LOIS DYNAMIQUES D'UN CHEPTEL

Les lois dynamiques d'un troupeau peuvent être étudiées à deux niveaux :

- en supposant constants les paramètres zootechniques et économiques,
- en prenant en compte les fluctuations aléatoires (cheptels de faible dimension) ou saisonnières.

1/ - Dans le premier cas, la matrice de transition est constante et ne varie qu'avec les décisions α et β . Le modèle s'écrit :

$$X_t = S(\alpha, \beta) X_{t-1} = S^t(\alpha, \beta) X_0$$

on peut montrer qu'il existe deux types d'évolution intéressants en pratique : une croissance équilibrée et un état stationnaire. En régime de croissance équilibrée, toutes les catégories d'animaux croissent au même rythme qui ne dépend que des décisions de mise en reproduction et de réforme. La structure du cheptel est donc constante dans le temps. A chaque vitesse de croissance est associée une structure de cheptel. Le calcul de la relation entre les paramètres α et β et le taux de croissance a permis de mesurer le formidable pouvoir reproducteur de l'espèce : (avec $\alpha = 0,8$ et $\beta = 0,34$, le cheptel croît au rythme de 370 % par an). Aussi la sensibilité de la branche porcine à la conjoncture ne semble-t-elle pas surprenante.

2/ - L'Etat stationnaire correspond à un effectif constant de toutes les catégories d'animaux : $X_t = S(\alpha_0, \beta_0) X_{t-1} = X_0$. On a pu calculer la composition du cheptel correspondant à cette situation, ainsi que le taux de mise en reproduction α : ($\alpha = 7,7\%$, $\beta = 0,34$). Cette information nous semble très intéressante pour la gestion d'un élevage reproducteur en régime de croisière (tableau n° 1).

TABLEAU 1

COMPOSITION D'UN TROUPEAU PORCIN EN EQUILIBRE STATIONNAIRE — (base : 10 mise-bas/période de 21 jours)

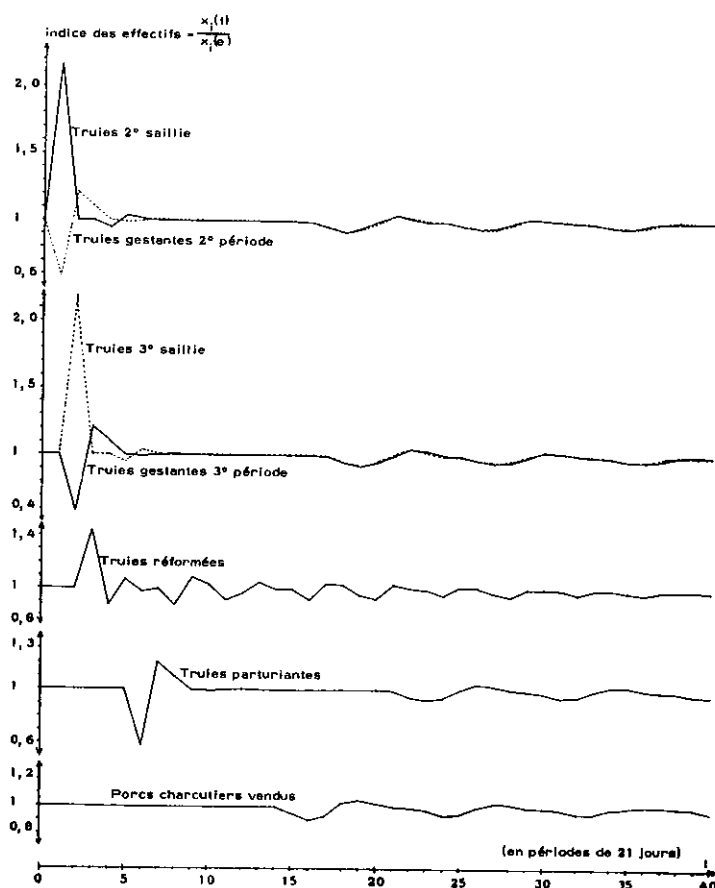
| | | | |
|--|------|--|------|
| Porcelets âgés de 0 à 63 jours | 272 | Truies en saillie nullipares et multipares . . | 17,2 |
| Porcs en croissance mâles et femelles âgés de 64 à 168 jours | 402 | Truies gestantes | 55,2 |
| Porcs mâles et femelles en fin d'engraissement âge 169 à 294 jours | 200 | Truies allaitantes | 20 |
| Jeunes truies du prétroupeau 169 à 294 jours . | 10,3 | Truies réformées (*) | 2,7 |
| | | Porcs charcutiers vendus (*) | 76 |

(*) Par unité de temps, 21 jours.

3/ - L'étude des conséquences d'une perturbation sur l'évolution du cheptel est importante pour connaître l'impact d'une crise (épidémiologie), d'un accident (chute de fécondation) ou d'une mesure économique (type : prime à la vache). Elle éclaire également le comportement d'un cheptel soumis aux fluctuations aléatoires (petits échantillons). La simulation d'une chute brève du taux de fécondation est illustrée par le graphique n°2; un tel accident produit encore des effets très sensibles 2 ans après sur le cheptel. Les fluctuations des effectifs sont oscillatoires et amorties.

FIGURE 2

EVOLUTION DES EFFECTIFS DE CERTAINES CATEGORIES D'ANIMAUX APRES UNE CHUTE BRUTALE ET BREVE DU TAUX DE FECONDATION



IV. - INTERET PRATIQUE DU MODELE

L'aptitude du modèle à décrire l'évolution d'un cheptel connaissant son état initial et certaines informations économiques et zootechniques en fait un instrument utile à la gestion d'un élevage ou d'un groupe d'élevages. Au niveau national, il est un outil efficace pour calculer différentes hypothèses de croissance du cheptel national. De plus, relié à un modèle économétrique expliquant les décisions des producteurs, il constituerait une méthode de prévision.

L'état d'équilibre stationnaire a été utilisé pour définir l'organisation du travail et des bâtiments dans un élevage utilisant le groupage des mises-bas (3).

Dans un groupement de producteurs en développement diverses projections sur l'état futur du cheptel peuvent fournir des informations détaillées sur les besoins en divers facteurs et services procurés par le groupe aux entreprises. Une seule matrice B de coefficients techniques exprimant les besoins (alimentaires, livraison, commercialisation) pour chaque type d'animaux, donnerait au groupement un instrument de prévision très souple et simple d'utilisation sur ordinateur.

Au niveau national, le modèle décrit d'une façon synthétique les paramètres de la croissance du cheptel. La préparation de plans de développement d'une espèce, la définition précise d'objectifs de croissance et de leurs présupposés, la recherche d'une croissance optimale, nécessitent l'emploi d'une méthode simple et précise de projection telle que le modèle démographique. Si l'on y ajoute l'analyse économique des décisions en relation avec la conjoncture, on peut obtenir une méthode de prévision détaillée sur l'état futur du cheptel et de ses produits. On verrait ainsi apparaître l'interdépendance entre l'état du cheptel et des décisions instantanées des éleveurs dans la détermination des quantités de divers produits mises en marché à un moment donné.

BIBLIOGRAPHIE

1. LESLIE P.M. On the use of matrices in certain population mathematics. *Biometrika*, 33 (3), nov. 1945, 183-212.
2. MAHE L.P. Un modèle de projection démographique pour simuler l'évolution d'un cheptel (une première application à un cheptel porcin). I.N.R.A., Station d'Economie Rurale de Rennes, 1970.
3. MAHE L.P. Un modèle d'organisation d'un élevage porcin utilisant les techniques de groupage de mise-bas. *Ann. Econ. Soc. Rur. I.N.R.A.*, 1972, 1 (1), pp. 5-30.
4. Statistique Agricole, suppléments série "études", n° 45, avril 1969.

CHEPTEL PORCIN
MATRICE DE TRANSITION
 (Cas de sévreses non groupés)

Coefficients paramétrés :

(1) : $R_{16, 17} = .995 (1 - \alpha)$
 (2) : $R_{16, 18} = .994 \alpha$
 (3) : $R_{16, 29} = .004 \alpha$
 (4) : $R_{16, 50} = .013 (1 - \alpha)$

N.B. -

(1) - Le point remplace la virgule. Les zéro avant la virgule n'ont pas été écrits : .820 = 0,820.
 (2) - Seuls les coefficients non nuls ont été représentés.
 (3) - Les colonnes et les lignes ont été numérotées de 1 à 51, mais le numéro des cohortes est indiqué en chiffres Romains, indices des sous-cohortes 1 et 2.

| | (1) | (2) |
|---|------|------|
| 1 | .013 | .002 |
| 2 | .100 | .003 |
| 3 | .305 | .003 |
| 4 | .527 | .003 |
| 5 | .687 | .003 |
| 6 | .787 | .003 |
| 7 | .997 | .003 |
| 8 | .711 | .003 |