

MÉTHODE POUR LE DÉVELOPPEMENT DE SYSTÈMES EXPERTS DANS LE DOMAINE DU DIAGNOSTIC TECHNIQUE-ÉCONOMIQUES DES ÉLEVAGES

Application aux élevages de porcs

Emmanuelle BOURGEAT(1) O. LAPIERRE(1) F. PLUMELLE(2) P. BONIFACE(2)

(1) CEREOPA - INA PG - 16 rue Claude Bernard - 75231 Paris Cedex 05

(2) CCPA (CENTRALE COOPERATIVE DES PRODUCTIONS ANIMALES) - 12 rue des Beaux Soleils - 95520 Osny.

L'objectif assigné au système expert que nous avons développé est la réalisation et l'édition d'une analyse des résultats annuels d'un élevage porcin et de leurs variations semestrielles, à destination de l'éleveur.

Nous avons, dans notre démarche, fait une nette distinction entre diagnostic de l'élevage et rédaction du commentaire.

Pour faciliter le transfert d'expertise de la phase de diagnostic, ainsi que son développement informatique, nous avons mis au point une méthode de gestion des connaissances de type diagnostic.

Cette méthode permet d'exprimer l'ensemble des connaissances et raisonnements mis en oeuvre par les experts dans leur démarche de diagnostic, à savoir :

- l'identification de tous les éléments du système considéré (dans ce cas un élevage de porcs),
- pour chaque élément de type résultat d'élevage, la définition de situations, exprimées par un jugement (niveau faible, état satisfaisant, chute brutale, ...), et auxquelles sont associées des valeurs (<25; =1,6; <30%; ...),
- la recherche des causes et explications des situations constatées, au niveau d'autres résultats d'élevage ou de facteurs de production,
- la formulation de remèdes à proposer en face de chacune des situations de type «défaillance».

Expert systems for evaluating technical and economic results of pig farms. Application to pig husbandry.

An expert system was developed to analyse the annual results of a pig unit and their variation over the year, with the aim of giving a report to the farmer .

Our approach consisted in separating the phase of analysis from that of reporting. To facilitate the knowledge acquisition of the diagnosis phase, we have developed a diagnosis knowledge management methodology.

Thanks to this method it is possible to represent all the factors taken into account to establish the diagnosis :

- the identification of all the factors of the studied system (i.e a pig farm),
- for each rearing result sharp, the definition of situations (low level, right state, decrease,...). A set of values is associated to each of these situations (<25; =1,6; <30%; ...).
- causes and explanations situations, for failure situations.

INTRODUCTION

La méthode présentée ici a été mise au point dans le cadre du développement de systèmes experts de diagnostics technico-économiques d'élevages (porcs et vaches laitières) en collaboration avec -et pour- la CCPA. Les exemples choisis ici concerneront les élevages de porcs, sachant que nous avons également travaillé, avec la même problématique, sur le cas des exploitations laitières. Le point de départ de notre démarche a été la volonté de la CCPA de fournir à ses coopératives adhérentes un outil de diagnostic des résultats de leurs élevages. Ces résultats sont disponibles, pour les éleveurs adhérent au programme, par l'intermédiaire du PLANIPORC NAISSEUR ENGRAISSEUR de la CCPA, logiciel de gestion technico-économique des élevages porcins naisseurs-engraisseurs, naisseurs post-sevreurs et naisseurs traditionnels, utilisé par les coopératives adhérentes pour gérer et traiter les données de leurs éleveurs. Les difficultés rencontrées lors de la phase de transfert des connaissances nous ont entraîné à mettre au point une méthode de gestion des connaissances de type diagnostic

1. L'ENCADREMENT TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE DES ÉLEVAGES PORCINS

Confronté aux exigences de rentabilité de son élevage et à celles du marché, l'éleveur met en oeuvre des moyens techniques, financiers, humains, avec comme double nécessité de satisfaire la demande et de maîtriser économiquement son activité. (TEFFENE, 1986) Les décisions qu'il prend, seul ou avec l'aide de conseillers et techniciens, reposent sur sa propre expérience, son savoir-faire et les informations qu'il reçoit. Concernant la nature des décisions à prendre, deux périodes doivent être distinguées : la création de l'élevage, ou toute phase d'investissement, au cours de laquelle les objectifs à long terme sont privilégiés, et la période de fonctionnement où les décisions à court terme concernant la conduite de l'élevage vont être prioritaires. En cours de fonctionnement, cette conduite doit viser à optimiser la productivité de l'élevage, tout en réduisant les coûts de fonctionnement, notamment alimentaires. Dans ce but, différents organismes (nationaux ou privés) ont mis au point des méthodes de gestion technico-économique. Ces méthodes reposent sur une collecte des informations au niveau des élevages, et sur l'informatisation et un traitement de ces données, dans l'élevage, cas encore rare, ou par la structure encadrant l'éleveur, puis sur une restitution à l'éleveur de ses résultats, comparés à des moyennes de groupe, sous des formes diverses, le plus souvent sous forme de tableaux. PLANIPORC est une de ces méthodes.

L'objectif de la CCPA était de mieux le valoriser. La voie de valorisation choisie fut la réalisation de diagnostics rédigés des résultats des éleveurs. Elle passait par la création d'un outil qui, mis à la disposition des coopératives adhérentes, leur permette d'envoyer à leurs éleveurs un diagnostic rédigé de leur élevage. Il était acquis dès le départ que les analyses produites par l'outil informatique à développer ne seraient pas aussi fines que celles que pourraient réaliser un technicien lors des visites d'élevages. Le nombre et la diversité des informations qu'une telle analyse requiert est en effet énorme. Or, nous ne disposons, ne voulant pas augmenter la charge des techniciens des coopératives, que des données disponibles dans le PLANIPORC. Cette méthode de gestion des élevages rassemble en effet un ensemble d'informations relatives à l'exploitation et au troupeau, abordées sous des angles techniques et économiques, mais reste relativement générale.

2. LES ÉTAPES DU DÉVELOPPEMENT D'UN SYSTÈME EXPERT

«Un système expert est un programme informatique intelligent qui utilise des connaissances et des procédures d'inférences pour résoudre des problèmes suffisamment complexes pour que leur solution requière une expertise humaine.» Cette définition est donnée par Edward A. Feigenbaum, un des pionniers du développement des systèmes experts (DOLUS-CHITZ, 1987).

La réalisation d'un système expert passe par une phase de transfert d'expertise (ou acquisition des connaissances), au cours de laquelle un cognitifien (ingénieur de la connaissance) demande à un -ou plusieurs- expert du domaine d'explicitier son savoir. Ces connaissances sont traduites par le cognitifien selon le mode de représentation qu'il a choisi, et cette représentation est présentée à l'expert pour validation. Une fois achevé le transfert d'expertise, les connaissances sont transcrites sous forme informatique ; le premier système expert est né. Alors commence une succession de phases de validation des résultats du système expert par les experts, et de phases de réécriture informatique du programme, jusqu'à ce que les experts ne trouvent rien à redire aux résultats du système expert, ou ne désirent plus y ajouter de nouvelles connaissances. La préexistence d'un système d'information est toujours un atout essentiel pour la réussite d'un projet de développement de système expert (LAPIERRE, 1989). Dans notre cas, les experts avaient l'habitude de raisonner sur les données contenues dans le PLANIPORC, et la phase d'identification des informations disponibles a été réduite au maximum.

3. L'ÉTAT DU DÉVELOPPEMENT DES SYSTÈMES EXPERTS EN AGRICULTURE

Au cours des cinq dernières années, les systèmes experts en agriculture ont fait l'objet de nombreuses recherches. Cependant, malgré l'enthousiasme initial suscité par cette nouvelle technologie, la réalisation d'applications opérationnelles a mis longtemps à voir le jour, et leur nombre demeure faible (JONES, 1989). Les premières discussions et parutions sur le sujet traitaient les systèmes experts sous leur angle technologique ou philosophique. Mais ces préoccupations n'étaient pas celles qui se posaient «sur le terrain», où apparurent notamment, des difficultés pour traduire des concepts en solutions techniques : on a par exemple réalisé qu'explicitier clairement les problèmes à résoudre était d'une grande complexité, et, pour de nombreux systèmes experts, la phase d'acquisition des connaissances devint le problème majeur. La question de la validation du résultat du système expert, pourtant indispensable, a, elle aussi, été peu abordée.

Cependant, les enseignements de cette première «ère» du développement de systèmes experts ont orientés les travaux de recherches vers la mise au point de méthodes pour faciliter l'extraction et la validation des connaissances, et le nombre de systèmes experts en agriculture est appelé à croître dans les années à venir (JONES, 1989).

Nous signalerons tout de même quelques uns des systèmes experts, existants ou en phase de développement, appliqués à l'élevage. Les problèmes qu'ils traitent sont les suivants :

- la gestion d'exploitations ovines (WAINS, 1988),
- les problèmes de reproduction dans les troupeaux laitiers (LEVINS, 1987),

- la gestion technico-économique d'exploitations laitières (ROCHARD, 1990),
- l'analyse de l'efficacité économique des élevages porcins (HUIRNE, 1988).

4. L'ÉTAT DES DÉMARCHES ET MÉTHODES DE DÉVELOPPEMENT DE SYSTÈMES EXPERTS DE DIAGNOSTIC

Les méthodologies d'acquisition des connaissances fleurissent donc actuellement. Nous nous sommes intéressés à celles d'entre elles qui s'appliquaient à des problèmes de diagnostic. Nous mentionnerons quelques unes de ces méthodes, sachant que notre objectif est plus d'offrir un panorama rapide des recherches en cours que d'en fournir une liste exhaustive :

- l'acquisition des connaissances à partir de situations types, qui vise à décomposer le système en terme de traitement de l'information pour une identification précise des connaissances à acquérir, (DAVID, 1988)
- l'application, au domaine des systèmes experts, des connaissances relatives au fonctionnement neuronal. Le système à étudier est décrit sous forme de réseau causal, selon un modèle calquant le fonctionnement des neurones, qui permet d'identifier l'explication la plus probable à une série d'observations (AHUJA, 1988).
- l'apprentissage automatique par le système expert, selon différents modes : par induction, par déduction, par analogie, par instruction,...(LESAFRE, 1989).

- des modélisations diverses (modèle sous-jacent, modèle à base de graphes conceptuels, ...) dont le but est d'augmenter le niveau d'abstraction du système (MARCOTTE, 1989 - WATSON, 1989 - ABEL, 1989). Celui-ci est décomposé en sous systèmes puis en éléments, et les liens existants entre les différentes sous-unités sont représentés.

Notre démarche de mise au point d'une méthode appliquée au diagnostic d'élevage s'inscrit dans le prolongement des travaux sus-cités.

5. CONCEPTION DU SYSTÈME EXPERT

Le résultat final d'un système expert de diagnostic technico-économique d'élevages peut être de deux types :

- une liste d'observations et de jugements,
- un commentaire construit, en langue naturelle,

et peut être ciblé sur différentes catégories de personnes :

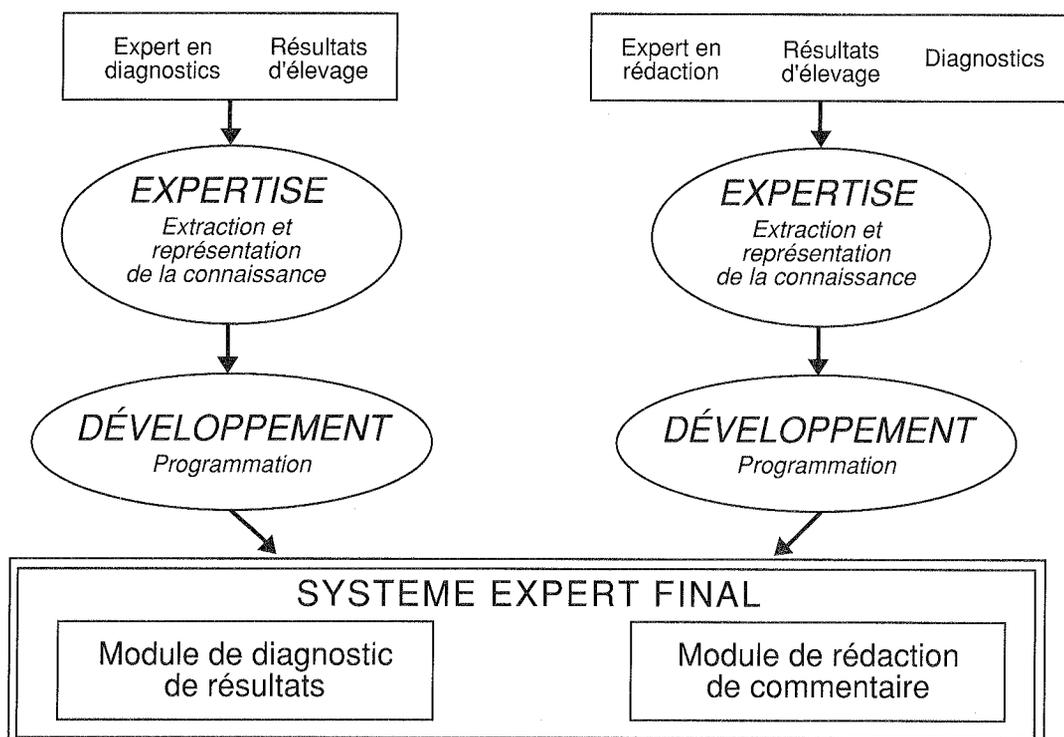
- les éleveurs,
- les techniciens,
- ...

La volonté d'obtenir un texte rédigé à destination de l'éleveur nous a orienté vers la séparation des phases d'analyse et de rédaction, la seconde utilisant cependant toujours, bien sûr, les résultats de la première (Figure 1).

Nous pensons que plus les deux phases sont indépendantes, plus le système expert est souple et évolutif.

L'indépendance de la partie de diagnostic par rapport à la

FIGURE 1
DÉMARCHE DE RÉALISATION DE SYSTÈMES EXPERTS DE DIAGNOSTIC



forme du résultat nous a semblé primordiale, la forme souhaitée du commentaire ne devant en rien orienter le cheminement du système expert parmi les règles. Ce cheminement simule le raisonnement d'un expert sur des résultats d'élevage ; il ne suit donc pas forcément la même logique qu'une synthèse rédigée qui se veut autant formatrice qu'informatrice.

Seconde explication à cette disjonction, qui rejoint la première, le commentaire ne devait pas être strictement inféodé à la phase de diagnostic : par exemple, il n'a pas obligatoirement à suivre l'ordre d'enchaînement des règles. De même, si

des conclusions similaires sont obtenues en différents endroits, elles ne seront mentionnées qu'une seule fois dans la rédaction. Cette disjonction apporte donc indépendance et souplesse au niveau du commentaire, et le rend aisément adaptable au besoin de chaque utilisateur en matière de forme. Ce souci de soigner la forme était absolument nécessaire, car le système expert, et donc la structure qui l'utilise, sera utilisé autant sur le contenu des analyses que sur la qualité linguistique et la présentation du commentaire émis. Un extrait de commentaire est fourni à titre d'exemple (Figure 2).

FIGURE 2
EXTRAIT DE COMMENTAIRE ÉMIS PAR LE SYSTÈME EXPERT

PRODUCTIVITE NUMERIQUE

Avec 19.9 porcs produits/truie présente/an, la productivité numérique est excellente. Elle peut être considérée comme constante (19.7 - 20.2).

Attention à votre productivité au sevrage : 20.7 porcelets sevrés par truie présente et par an est une valeur faible; de plus, elle est en diminution (21.5 - 19.9).

Le nombre de portées par truie a diminué (2.34 - 2.05).

Le nombre de portées par truie et par an (2.19) est faible, mais encore acceptable.

Le taux de fertilité de l'élevage (96.9 %) est cependant bon.

Le nombre de nés vifs par portée (11.7) est bon.

La mortalité des porcelets sous la mère (14.5%) est moyenne. Cependant, elle est en diminution (15.7% - 12.8%). Maintenez votre effort.

Cette mortalité élevée n'est-elle pas liée à la qualité de l'isolation ?

La mortalité des porcelets en post-sevrage (2.1%) est bonne, et est demeuré relativement constante (2.2% - 2.1%).

Attention au niveau de la mortalité des porcs en engraissement (3.4%). Il est moyen et a augmenté (2.2%- 4.3%).

Le taux d'occupation du bâtiment d'engraissement (99.4 %) est trop élevé. Améliorez la vitesse de croissance.

L'isolation déficiente est sans doute responsable de mauvaises conditions de confort.

La dégradation du GMQ en ps laisse penser à une détérioration de la qualité du porcelet.

6. MÉTHODE DE GESTION DES CONNAISSANCES ET DES RAISONNEMENTS DE TYPE DIAGNOSTIQUES

La première phase d'extraction des connaissances nous a permis d'identifier un très grand nombre de paramètres et de règles (respectivement plus de 150 et 500). Cela nous a conduit à développer une méthode et une interface informatique spécifique pour leur gestion et leur mise-à-jour.

L'objectif était de mettre au point un formalisme :

- suffisamment général et souple pour être appliqué à tous types d'élevages,
- minimisant le nombre de concepts utilisés,
- suffisamment complet pour représenter l'ensemble des connaissances et des raisonnements de(s) expert(s).

6.1. Présentation de la méthode

6.1.1. Les grands principes

Cette méthode permet d'exprimer l'ensemble des connaissances et raisonnements mis en oeuvre par les experts dans leur démarche de diagnostic, à savoir :

- L'identification de tous les éléments du système considéré (dans ce cas un élevage de porcs).

- Pour chaque élément de type résultat d'élevage, la définition de situations, exprimées par un jugement (niveau faible, état satisfaisant, chute brutale, ...), et auxquelles sont associées des valeurs (<25; =1,6; <30%; ...).
- La recherche des causes et explications des situations constatées dans d'autres résultats d'élevages et/ou dans des facteurs de production.
- La formulation de remèdes à proposer en face de chacune des situations de type «défaillance».

6.1.2. Les concepts utilisés

DOMAINE

Le secteur sur lequel on veut établir un diagnostic. (*un élevage de porcs*).

ÉLÉMENT

Le domaine étudié peut être décrit par des éléments :

- les constituants (*type d'aliment, spécialisation de l'élevage, race,...*)
- les résultats (*prolificité, mortalité en engraissement, IC en post-sevrage,...*)

FONCTION

Ce qui est étudié est la valeur d'une fonction de l'élément, fonction traduisant un état ou une évolution de l'élément, sur un intervalle de temps donné (*valeur annuelle, évolution semestrielle,...*).

RELATIONS D'ANALYSABILITÉ

Une fonction d'un élément n'est analysable que sous certaines conditions, relatives :

- à sa valeur,
- à la valeur des fonctions d'autres éléments,

(l'élément «mortalité en engraissement» en moyenne annuelle ne peut être analysé que si :

- sa valeur est comprise entre 0 et 10. (Dans le cas contraire, on suppose qu'il y a erreur de données),
- l'élevage a une activité d'engraissement).

SITUATIONS CRITIQUES

La valeur d'un élément résultat peut-être telle que cet élément soit jugé en situation critique, c'est-à-dire nécessitant une recherche d'explications. Un jugement est exprimé par l'expert pour caractériser la situation critique.

(Une mortalité moyenne annuelle en engraissement supérieure à 4,4% est une situation critique, associée au jugement «trop élevée»).

Pour les éléments constituants, on ne définit pas de situations critiques, car on a choisi de ne pas les juger dans l'absolu, (on ne dit pas à un éleveur que son système de ventilation est imparfait si ses résultats d'élevages sont satisfaisants).

RELATIONS DE CONTEXTE

Les classes de valeurs considérées pour définir comme critique une situation peuvent varier en fonction des valeurs prises par d'autres éléments.

(la valeur retenue comme limite pour considérer comme «trop élevée» la mortalité annuelle en engraissement est fonction du degré de spécialisation de l'élevage ; elle est de :

- 4,4% si l'élevage est naisseur-engraisseur,
- 3,9% si l'élevage est uniquement engraisseur.)

RELATIONS DE DÉPENDANCE PÈRE-FILS

La situation critique d'un élément résultat peut-être expliquée par les valeurs prises par d'autres éléments, résultats et/ou constituants. Une relation de dépendance associe donc deux (ou plus) éléments : un élément résultat en situation critique et un ensemble d'éléments résultats et/ou constituants, porteurs d'explication de la situation critique.

L'élément résultat expliqué s'appelle le père, les éléments explicatifs sont les fils :

Élément père --- peut être expliqué par ---> Élément fils

Un élément résultat peut participer à plusieurs relations, en tant que père ou que fils. Un élément constituant, s'il peut également intervenir dans plusieurs relations, ne peut jouer que le rôle de fils.

(Mortalité en engraissement «trop élevée»

-- peut-être expliquée par --->

- mortalité en post-sevrage «trop élevée»
- taux d'occupation du bâtiment d'engraissement > 95%).

FRÉQUENCE D'APPARITION (valeur comprise entre 0 et 100)

C'est une valeur mesurant la probabilité qu'a un élément fils d'expliquer un élément père, au sens statistique du terme. Elle permet d'orienter et d'optimiser le diagnostic.

(Si à la suite du traitement par le système expert de 100 cas pour lesquels on a un problème de mortalité des porcelets en maternité, la qualité de l'isolation est mise en cause dans 80% des cas, cet élément se verra attribué, dans sa relation de dépendance avec la mortalité en maternité, une fréquence d'apparition de 80. Lors des expertises ultérieures, le système expert recherchera en premier lieu l'explication d'une forte mortalité en maternité dans cet élément.)

EXPLICATIVITÉ (valeur comprise entre 0 et 100)

L'explicativité est une valeur mesurant la capacité d'une relation à expliquer une situation critique. Elle permet de limiter ou d'étendre la suite de la recherche d'explications de l'élément père à tout ou partie des relations de dépendances existantes.

(Soit la relation de dépendance :

mortalité en post-sevrage «trop importante»

--- peut être expliquée par --->

mortalité en maternité «beaucoup trop importante».

Si l'on attribue à l'élément fils une explicativité de 100, le système expert s'arrêtera de chercher des causes à la mortalité en post-sevrage trop importante s'il peut vérifier celle-ci.

Par contre, si l'on considère la deuxième relation :

mortalité en post-sevrage «trop importante»

--- peut être expliquée par --->

mortalité en maternité «un peu trop importante».

Cet élément fils ne se verra attribué qu'un coefficient d'explicativité de 30, et le système expert ne se satisfera pas de cette explication et poursuivra sa recherche de causes en considérant les autres relations mettant en oeuvre la mortalité en post-sevrage en tant qu'élément père.)

INTENSITÉ (valeur comprise entre 0 et 100)

L'intensité d'une relation de dépendance mesure la possibilité que l'élément fils soit dans la situation dans laquelle il peut être cause d'une situation critique de l'élément père, sans que cet élément père soit effectivement dans cette situation.

(Relation de dépendance entre mortalité en engraissement «trop élevée» (père) et mortalité en post-sevrage «trop élevée» (fils) : [intensité=70]. Cela signifie que l'existence d'une forte mortalité en post-sevrage n'entraîne pas systématiquement une forte mortalité en engraissement.)

6.1.3. Le développement d'une interface informatique

Développée sous le générateur de système expert GURU et gérée grâce aux fonctionnalités de système de gestion de base de données de ce logiciel, une interface a été développée pour faciliter la mise à jour et la navigation à travers l'ensemble des connaissances recueillies. Les principales fonctionnalités de cette interface sont :

- la mise à jour de connaissances : ajout, modification ou suppression,
- la consultation, à l'écran ou par le biais d'éditeurs spécifiques, qui facilite la validation par les experts,
- la liaison automatique avec la base de règles, qui

provient de la possibilité de transformer automatiquement le contenu de cette base de connaissances en règles de type Si...Alors..., et de la capacité de mises à jour aisées des tables de paramètres utilisés par le système expert.

6.2. Une aide à l'extraction des connaissances

Au niveau de l'extraction des connaissances, cette méthode permet d'améliorer la qualité du dialogue entre le(s) expert(s) du domaine et le cogniticien chargé de cette extraction : le cogniticien n'est pas expert du domaine, il ne comprend donc pas forcément tout ce que lui confie l'expert. L'expert, lui, n'est pas spécialiste en intelligence artificielle. Il dit donc tout ce qui lui passe par la tête et ne sait pas ce que le cogniticien va faire de ce qu'il lui dit. Le plus souvent, il y a donc une grosse perte d'information entre ce que dit l'expert, ce que comprend le cogniticien, et ce qui est représenté dans le système expert. Le résultat de ceci est que les experts peuvent être déçus de la pauvreté du système par rapport à la richesse des entretiens qu'il ont eu avec le cogniticien. La méthode proposée rend, elle, l'extraction des connaissances interactive. Elle offre aux deux protagonistes un cadre, et un outil, pour le transfert des connaissances : le cogniticien dispose d'un moule pour con-

duire les entretiens, l'expert a, à sa disposition, une représentation de son savoir, qu'il peut valider, et à partir de laquelle il peut poursuivre son investigation personnelle. Cela lui donne de plus une image de la façon dont sont utilisées ses connaissances dans le système expert. Cette méthode permet également la validation de l'expertise par d'autres experts. C'est également avec cet objectif que l'interface informatique a été développée.

Deux types de représentation sont offertes aux utilisateurs, qui correspondent à deux niveaux différents d'observation du domaine :

- Le premier d'entre eux se rapporte à une observation fine et détaillée des éléments et de leurs relations. C'est à ce niveau que se font les saisies et mises à jour. (Figure 3) Une fiche récapitulative de la totalité des informations recueillies concernant un élément donné peut être éditée. (Figure 4)
- La seconde de ces représentations correspond à une vision plus synthétique : c'est un arbre de causalité, dans lequel l'utilisateur peut naviguer d'un élément à l'autre et percevoir les relations impliquées (Figure 5)

FIGURE 3

LES DIFFÉRENTES INFORMATIONS RELATIVES À UN ÉLÉMENT AUXQUELLES IL EST POSSIBLE D'ACCÉDER.

Exemple : élément «Mortalité en engraissement», et sa fonction «valeur annuelle»

- ses conditions d'analysabilité
 - Mortalité en engraissement (Valeur annuelle) >0
 - Mortalité en engraissement (Valeur annuelle) ≤10
 - Activité de l'élevage (Valeur) = {naisseur engraisseur, mixte naisseur, mixte engraisseur}
- ses différentes situations critiques
 - Mortalité en engraissement (Valeur annuelle) élevée
 - Mortalité en engraissement (Valeur annuelle) bonne
 - Mortalité en engraissement (Valeur annuelle) moyenne
- Pour chaque situation critique : (*ex : Mortalité engraissement (Annuelle) élevée*)
 - les valeurs associées de l'élément (éventuellement dépendantes du contexte),
 - > 4,4% pour des élevages non spécialisés
 - > 3,9% pour des élevages spécialisés
 - la liste des éléments pouvant être à l'origine de la situation de l'élément étudié,
 - Mortalité en post-sevrage
 - Age à 25 kg
 - Taux d'occupation en engraissement
 - Surface par porc en engraissement
 - Quantité d'aliment/porc charcutier/jour
 - ...
 - Pour chacune de ces causes possibles : (*ex : surface par porc en engraissement*)
 - Pour un ensemble donné de valeurs de l'élément fils :
 - < 0,6 si sol = (gisoir paillé)
 - < 0,8 si sol (gisoir paillé)
 - . fréquence d'apparition
 - . intensité de l'action sur le père
 - . explicativité
 - . commentaire ou remède

6.3 Une aide à l'écriture des règles

Ce formalisme permet, lors de la réalisation proprement dite du système expert, de générer automatiquement les règles. En

effet, l'ensemble des connaissances et raisonnements stockés dans des bases de données sont facilement transcrit en un enchaînement construit de règles de type Si...Alors.

Cette possibilité améliore la productivité de la phase de

FIGURE 4
 RÉCAPITULATIF DES CONNAISSANCES RELATIVES À UN ÉLÉMENT
 (exemple : Mortalité en engraissement en moyenne annuelle)

MORTALITÉ ENGRAISSEMENT (MOYENNE ANNUELLE)

CONDITIONS D'ANALYSE :

- Mortalité engraissement (Moyenne annuelle) > 0
- Mortalité engraissement (Moyenne annuelle) ≤ 10
- Activité (Moyenne annuelle) = (1,2,3)

SITUATIONS CRITIQUES :

correcte

- ≥ 1.7 et ≤ 3.9 SI Activité (Moyenne annuelle) = (2,3)
- ≥ 2.2 et ≤ 4.4 SI Spécialisation (Moyenne annuelle) = (1,4,5)

bonne

- < 1.7 SI Spécialisation (Moyenne annuelle) = (2,3)
- < 2.2 SI Spécialisation (Moyenne annuelle) = (1,4,5)

mauvaise

- > 4.4 SI Spécialisation (Moyenne annuelle) = (1,4,5)
- > 3.9 SI Spécialisation (Moyenne annuelle) = (2,3)

CAUSES :

Mortalité ps (Moyenne annuelle) élevée

La mortalité en ps est élevée : vérifiez la qualité du porcelet à

Taux occupation engraissement (Moyenne annuelle) > 95

Le taux d'occupation du bâtiment d'engraissement est trop élevé.

Nombre salles engraissement (Moyenne annuelle) < 5

Le nombre de salles en engraissement est insuffisant.

Aliment/PC/j (Moyenne annuelle) élevée

Les quantités d'aliment distribuées sont importantes.

Age 25kg (Moyenne annuelle) > 68

Les performances de croissance en ps sont très moyennes.

Surface/porc engraissement (Moyenne annuelle) < 0.6 Si sol = (gisoir paillé)

Surface/porc engraissement (Moyenne annuelle) < 0.8 Si sol # (gisoir paillé)

La surface par porc est insuffisante.

Porcs d'annuelles la gamme (Moyenne annuelle) < 88

Beaucoup de porcs sont hors gamme: faut-il revoir la conduite alimentaire?

FIGURE 5
 NIVEAU D'OBSERVATION SYNTHÉTIQUE DES ÉLÉMENTS ET DES RELATIONS DE DÉPENDANCE

Productivité numérique →

Mortalité en engraissement →

- Mortalité en post-sevrage
- Age à 25 kg
- Taux d'occupation en engraissement
- Surface par porc en engraissement
- Quantité d'aliment/porc charcutier/jour

développement et facilite la mise à jour du système expert ainsi que son adaptation à des situations particulières.

6.4 Une méthode qui rend évolutif le système expert

Il est aujourd'hui partout admis que la réalisation d'un système expert est un processus itératif, basculant tour à tour entre développement informatique et validation.

Nous avons dit plus haut que la disjonction entre diagnostic et rédaction était une condition à cette évolutivité. En mettant au point la méthode de gestion des connaissances présentée ici, nous avons également comme préoccupation de rendre les systèmes experts le plus évolutif possible. L'accès direct des experts à leurs connaissances, telles qu'elles sont manipulées par le système expert, facilite les phases de validation. L'automatisation de leur transcription en règles accélère quant à elle les phases de développement informatique.

CONCLUSION

Ainsi, nous avons vu que les systèmes experts peuvent être une voie intéressante pour le diagnostic technico-économiques d'élevages, dans la mesure où ils permettent de diversifier la valorisation faite actuellement des résultats.

L'extraction des connaissances constitue une phase très importante dans la réalisation de telles applications et la méthodologie que nous avons mis au point s'est avérée intéressante pour ce type de problèmes. Nous l'avons également utilisée lors de démarches de diagnostic autres que de résultats technico-économiques d'élevages. Cependant, il est évident que de nombreuses améliorations pourraient lui être apportées. Nos travaux se poursuivent donc, dans le but de la rendre à la fois plus complète et plus souple, afin de mieux calquer le raisonnement des experts, et de la rendre applicable à tous types de diagnostics.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABEL J., ABEL C., 1988. Une méthodologie pour le développement des systèmes experts s'appuyant sur le notion de modèle sous-jacent. Huitièmes journées internationales d'Avignon : Les systèmes experts et leurs applications. Conférence générale, 261-282.
- AHUJA S.B., SOH W.Y., SCHWARTZ A., 1988. LIBRA/Dx : a neurally inspired processing metaphor for diagnostic reasoning. Huitièmes journées internationales d'Avignon : Les systèmes experts et leurs applications. Conférences spécialisées, 479-530.
- DAVID J.M., KRIVINE J.P., 1988. Acquisition des connaissances à partir de situations types. Huitièmes journées internationales d'Avignon : Les systèmes experts et leurs applications. Conférence générale, 45-58.
- DOLUSCHITZ R., SCHMISSEUR W.E., 1988. Experts systems applications to agriculture and Farm Management. Computers and electronics in agriculture, 2 173-182, Elsevier, Amsterdam.
- HIRTZ C., 1989. Conception et création d'un système expert de diagnostic des élevages porcins. Mémoire de fin d'études de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon. Convention CEREOPA - CCPA- ANVAR.
- HUIRNE R.B.J., DIJKHUIZEN A.A., 1988. Analyse de l'efficacité économique de l'élevage porcin. Compte-rendu des journées de Francfort, 19-22 juin 1988, Knowledge Based Systems in Agriculture : Prospects for Application.
- JONES P., 1989. Agricultural applications of expert systems concepts. Agricultural systems 31 3-18.
- LAPIERRE O., 1989. Programme d'expérimentation pour le développement des systèmes experts dans le domaine des productions animales. Rapport définitif. CEREOPA - Direction de la Production et des Echanges du Ministère de l'Agriculture et de la Forêt.
- LESAFRE F.M., CORSI P., LAPICQUE J.Y., MANAGO M., CONRUYT N., BLYTHE J., BLANCARD D., 1989. Acquérir des connaissances à l'aide de l'apprentissage. Neuvièmes journées internationales d'Avignon : Les systèmes experts et leurs applications. Conférence générale, 165-182.
- LEVINS R.A., VARNER M.A., 1987. An expert diagnostic aid for reproductive problems in dairy cattle. Computers and electronics in agriculture, 2 47-56, Elsevier, Amsterdam.
- MARCOTE R.A., HOLTZBLATT L.J., LABONTE R.C., PIAZZA R.L., 1989. A model-based approach for diagnosing launch system hardware. Neuvièmes journées internationales d'Avignon : Les systèmes experts et leurs applications. Conférence générale, 585-600.
- ROCHARD O., 1990. Conception et création d'un système expert de diagnostic technico-économique des élevages bovins laitiers. Mémoire de fin d'études de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon. Convention CEREOPA - CCPA- ANVAR.
- TEFFENE O., 1986. Evolution des besoins et des services dans le secteur des productions porcines. SFER, Quel avenir pour les services aux agriculteurs ?
- WAIN N., MILLER C.D.F., DAVIS R.H., 1988. A rule-based inference system for animal production management. Computers and electronics in agriculture, 2 277-300, Elsevier, Amsterdam.
- WATSON I.D., SHAVE M.J.R., MORALEE D.S., 1989. A knowledge analysis methodology using an intermediate knowledge representation based on conceptual graphs. Neuvièmes journées internationales d'Avignon : Les systèmes experts et leurs applications. Conférence générale, 183-198.