

DIAGNOSTIC ET AIDE A LA DECISION CHEZ L'AGRICULTEUR DU CHAMP CULTIVE AU SYSTEME DE PRODUCTION

M. DURU*

*Communication présentée lors de la journée Systèmes Agraires de la réunion semestrielle du CGIAR,
à Montpellier - le 19 mai 1987*

RESUME

Nous présentons une méthode d'analyse des processus agronomiques en vue d'effectuer des diagnostics et des prévisions dans les exploitations agricoles.

A partir de deux exemples correspondants à des niveaux d'étude différents (le champ cultivé pour la conduite du blé d'hiver dans le Bassin Parisien, le système fourrager pour l'étude de l'hivernage du troupeau ovin dans les Pyrénées Centrales), nous montrons en quoi la modélisation constitue un outil pertinent pour ces objectifs de travail.

Nous insistons tout particulièrement sur la décomposition dans le temps du processus de production en une succession d'états objectifs. Ces états servent alors de repères pour définir les opérations techniques à mettre en œuvre.

SUMMARY

A method is proposed for the analysis of agronomic processes in order to carry out diagnoses and forecasts in farm enterprises.

On the basis of two examples corresponding to different levels of investigation (the field parcel for the management of winter wheat crop in the Bassin Parisien ; the forage system for the study of a wintering sheep flock in the Central Pyrenees), the author shows how modelling may serve as a relevant tool to achieve these objectives.

Particular emphasis is put on the breakdown over time of the production process into a succession of objective states. These states serve as markers in defining the technical operations to be implemented.

RESUMEN

Presentamos aquí un método de análisis de los procedimientos agronómicos con el fin de realizar diagnósticos y previsiones en las unidades de producción agrícola.

partiendo de dos ejemplos que corresponden a diferentes niveles (el terreno cultivado, en lo referente a la producción de trigo de invierno destinado a la región de Paris, y el sistema forrajero, en lo referente al estudio de la invernada del ganado ovino en los Pirineos Centrales), mostramos en qué la modelización constituye una herramienta pertinente para estos objetivos de trabajo.

Insistimos particularmente sobre el hecho que el procedimiento de producción se descompone, con el tiempo, en una sucesión de estados objetivos. Estos estados sirven entonces de puntos de referencia para definir las operaciones técnicas por desarrollar.

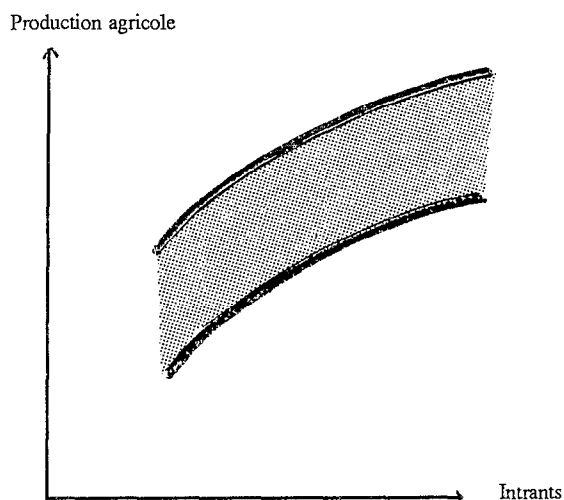
**MOTS CLES : Prise de décision - Agriculteur - Parcelle - Système de production - Méthode
Modèle - Culture vivrière - Culture fourragère - France.**

La description des pratiques des agriculteurs est nécessaire pour identifier les déterminants de leur mise en œuvre (MILLEVILLE, 1987). Cependant, l'analyse de leurs conséquences sur la production agricole n'est pas immédiate dans la mesure où il n'y a pas de relation causale directe entre les opérations techniques (1) et les niveaux de production sur une parcelle (SEBILLOTTE, 1978) et a fortiori les résultats d'un

système plus complexe que le champ cultivé. La liaison entre intrants et niveau de production est généralement assez lâche (figure 1). C'est pourquoi des analyses statistiques mettant en relation les opérations techniques et les résultats de production sont souvent insuffisantes pour produire des références fiables, généralisables et adaptées à des milieux pédoclimatiques et des moyens de productions variés.

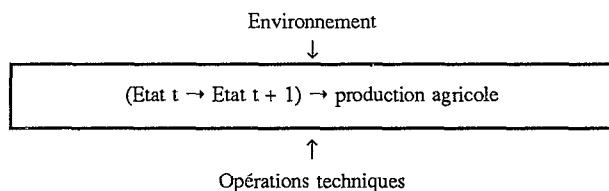
* INRA - Département Agronomie et Département de Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement. Toulouse France.

Figure 1 — Variabilité de la production agricole en fonction du niveau d'intrants.



De plus en plus, on utilise une approche consistant à décomposer le processus de production et à le représenter sous forme d'une succession de variables d'état (figure 2). A un instant donné du processus de production, la valeur d'une variable d'état dépend de l'état précédent, des opérations techniques et des caractéristiques du milieu (climat notamment).

Figure 2 — Décomposition du processus de production, au sein d'un système, en termes de variables d'état (t : temps t)



Pour un processus de production donné, on construit un modèle qui doit rendre compte :

— de la succession dans le temps des états du système qui sont significatifs pour l'élaboration de la production.

— des relations entre opérations techniques et état du système compte tenu des interactions possibles avec les facteurs de l'environnement.

Cette méthodologie a été appliquée en premier lieu au champ cultivé (SEBILLOTTE, 1978) mais il est tout à fait opératoire de l'étendre à des systèmes englobants (système fourrager...).

(1) L'opération technique est l'action minimum qui fait passer l'écosystème cultivé d'une parcelle d'un état A à un état B. La pratique est une façon de gérer une opération technique dans l'exploitation agricole (Gras et al. 1985)

Les modèles élaborés, constituent des outils pour :

le diagnostic : nous envisageons ici le diagnostic porté sur une situation par l'agronome. Les modèles élaborés permettent de déterminer les mesures et observations qui doivent être réalisées pour comprendre le fonctionnement du système étudié. La confrontation des états observés au référentiel que constitue le modèle a valeur de diagnostic.

l'aide à la décision : il s'agit de définir la succession des états souhaitables au niveau du processus productif pour atteindre un niveau de production donné ainsi que les différentes opérations techniques à mettre en œuvre pour atteindre ces états. Pour le choix des opérations techniques, on effectue en quelque sorte un **pronostic** compte tenu des états **probables** du système.

Pour le diagnostic, les modèles utilisés sont généralement formels. Ils sont symboliques et permettent de caractériser et dégager les propriétés du système décrit (WALLISER, 1977). Pour le pronostic, on est amené à utiliser des modèles numériques qui permettent de réaliser des simulations.

Nous illustrerons ces deux temps de la démarche de recherche à partir d'exemples correspondant à deux situations et niveaux d'étude très différents :

— **le champ cultivé** avec l'exemple de la conduite du blé d'hiver dans le Bassin Parisien (MEYNARD, 1985).

— **le système fourrager** avec l'exemple de l'hivernage des troupeaux ovins dans les Pyrénées Centrales (DURU, GIBON, 1986).

I — LES MODELES EN TANT QU'OUTILS DE DIAGNOSTIC.

1) Etude conduite au niveau du champ cultivé : exemple du blé d'hiver dans le Bassin Parisien (MEYNARD, 1986 a).

L'objectif du travail a été de porter un diagnostic sur les causes de variations des rendements dans une petite région du Bassin Parisien.

On utilise un modèle d'élaboration du rendement de la culture de blé établi à partir d'études analytiques (enquêtes, expérimentations) et d'éléments bibliographiques (MASLE, 1980 ; MEYNARD, 1985). Dans ce modèle, on distingue 3 phases caractérisées chacune par un état de croissance ou une composante du rendement.

- Phase "Levée-Début montaison", sanctionnée par la biomasse aérienne au stade "épi 1 cm".

- Phase "Début montaison-Floraison" pendant laquelle sont déterminés les nombres d'épis et de grains par m².

- Phase "Floraison-Maturité", sanctionnée par le poids d'un grain et le rendement final.

Le diagnostic est réalisé à partir d'un suivi de parcelles d'agriculteurs (enquête agronomique). Le choix de ces parcelles conditionne la fiabilité et les conditions d'extrapolation des résultats obtenus. On a à la fois le souci :

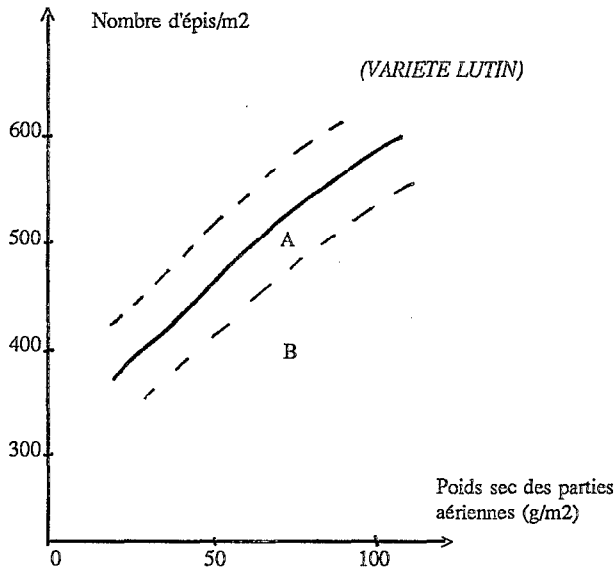
- d'échantillonner l'ensemble des types de sol et des systèmes de culture de la région d'étude.

- d'assurer entre les parcelles des termes de passage, de manière à limiter les risques de confusion d'effet inhérents à l'enquête : risque d'attribuer à un facteur l'effet dû en réalité à un autre facteur ou une autre condition non observés. Ce risque peut être réduit par la considération de couples de parcelles différants par un facteur ou la mise en place d'essais (MEYNARD et SEBILLOTTE, 1982).

Pour chaque phase du cycle, on confronte le niveau d'une composante du rendement à un référentiel. Sur la figure 3, on remarque que le nombre d'épis dans la situation B est inférieur à ce que permet d'atteindre la matière sèche du blé au stade B II (MEYNARD et SEBILLOTTE, 1982). Les conséquences sur le rendement sont importantes (49 q en B contre 63 en A) alors que l'état du peuplement était plus favorable pour B en début de végétation (340 plantes/m² contre 309).

Figure 3 — Liaison en nombre d'épis-matière sèche au stade B II en absence de facteur limitant (d'après Meynard et Sébillotte 1982)

A : parcelle avec bonne structure de la couche arable
B : parcelle avec mauvaise structure de la couche arable



Plus généralement, il apparaît que doivent être considérées comme prioritaires dans la région d'étude :

- la maîtrise de la fertilisation azotée : adaptation des doses d'engrais aux besoins des peuplements et

aux caractéristiques des sols ; augmentation de la rigueur quant à la date du second apport d'engrais.

- la maîtrise de la verse et des maladies caulinaires ou racinaires : les blés sur précédent blé, les peuplements à haut potentiel de nombres d'épis et de grains/m² (semis précoce, densité de pieds élevée) sont particulièrement soumis à ces aléas.

L'avantage d'une telle approche par rapport à une analyse statistique globale a été de repérer les facteurs limitants à chaque étape de l'élaboration de la production.

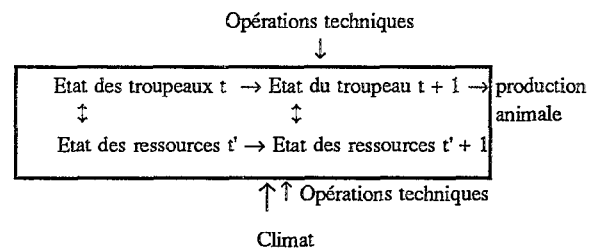
Des travaux similaires ou apparentés sont réalisés pour d'autres cultures en France : riz (DURR, 1984 ; BARBIER et al., 1986), colza (LETERME, 1984), fourrages (LEMAIRE, 1985) et en Afrique (cf synthèses réalisées par JOUVE, 1984 et MILLEVILLE, 1984).

2) Etude de la conduite du système fourrager : exemple de l'hivernage des troupeaux ovins dans les Pyrénées Centrales.

L'approche est plus complexe que pour le champ cultivé, dans la mesure où il faut gérer simultanément deux états du système correspondant aux besoins du troupeau d'une part et aux ressources fourragères d'autre part (pâturage, foin, ensilage...).

De l'état des ressources au temps t dépend le niveau d'alimentation et donc l'état du troupeau à la même date (état corporel, niveau de production) ou ultérieurement (fig. 4). Dans le cas de ressources pâturées, cette adéquation doit être immédiate. Par contre les ressources stockées (foin, ensilage) assurent et permettent de nourrir le troupeau quand les ressources pâturées sont insuffisantes.

Figure 4 — Décomposition du processus de production au niveau du système fourrager



Des travaux de recherche nous retenons les enseignements suivants (DURU, 1982 ; DURU et al., 1986) :

- on peut définir des **périodes critiques** au cours du déroulement du processus productif. Ces périodes correspondent au moment où il y a risque de manque de ressources fourragères, le plus souvent avant le démarrage de la croissance de l'herbe. Mais aussi il s'agit des périodes où la non satisfaction d'une "étape clef" du processus productif compromet les

performances du système à une période ultérieure (maîtrise de la lutte par exemple).

- **l'adéquation des ressources** aux besoins du troupeau peut se faire par modification du niveau des ressources (fertilisation...) ou des besoins du troupeau (utilisation des réserves corporelles) mais aussi par des décisions d'allotement (nombre d'animaux affectés à telle surface...). Une difficulté conjonctuelle peut être reportée dans le temps : augmentation de la surface pâturée au printemps par réduction de la surface ensilée.

Dans le cas des élevages ovins de montagne, nous avons défini pour chaque saison les états significatifs des ressources fourragères et des besoins du troupeau aux périodes critiques (GIBON et DURU, 1986), figure 5.

Ce modèle d'élaboration de la production nous a permis de définir, structurer puis interpréter les observations réalisées en exploitations : quelles mesures, quelles questions pour l'enquête, quelle forme d'enquête (nombre de passage par an, durée...). L'étude approfondie réalisée sur un petit nombre d'exploitations a permis de réaliser **le diagnostic suivant** :

L'hivernage constitue une période critique pour les raisons suivantes :

a - la quantité et la qualité des foins sont généralement insuffisantes du fait des faibles niveaux de fertilisation et de la non adaptation des équipements de récolte ; la conduite collective des troupeaux ne permet pas toujours de maîtriser la lutte si bien que l'agnelage a lieu pour partie à une période défavorable.

b - l'insuffisance des ressources a deux conséquences immédiates (GIBON et al., 85) : l'état

corporel des brebis à la lutte est généralement insuffisant de telle sorte que les mises bas sont décalées, de même le niveau des réserves corporelles à la mise bas ainsi que le niveau d'alimentation limitent la production laitière et donc la croissance des agneaux.

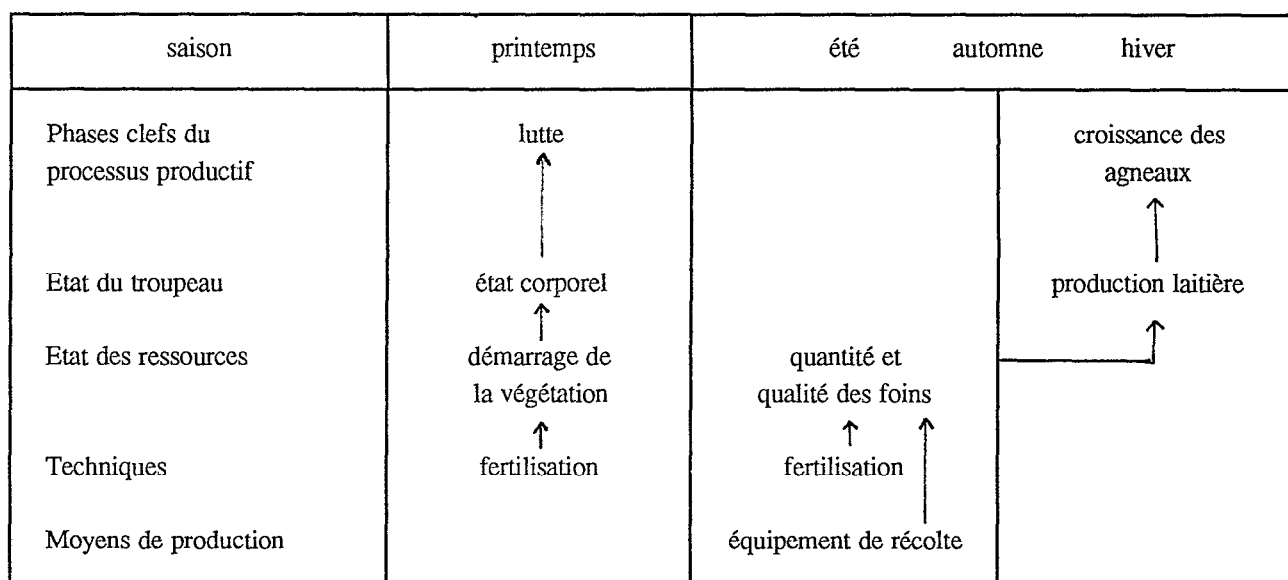
c - enfin, l'approche réalisée a permis de mettre en évidence une contrainte importante qu'une étude classique (agronomique ou zootechnique) n'aurait pas révélée. Nous avons montré que c'est la **variabilité des caractéristiques du climat** à chaque étape du processus productif (température et croissance de l'herbe au printemps, pluviométrie estivale et récolte des foins, enneigement hivernal et nombre de rations de foin nécessaires) qui constitue la contrainte la plus importante à laquelle il faut s'adapter (DURU et CHARPENTEAU, 1981). Ce diagnostic a été décisif pour l'orientation des recherches ultérieures.

Pour d'autres points de vue sur les systèmes de culture, (successions de culture notamment) des approches similaires sont réalisées ou en cours (CHARPENTEAU et RELIER, 1980 - CHARPENTEAU et al., 1986 ; SEBILLOTTE, 1982 ; FILLONNEAU et al., 1983).

II — LES MODELES EN TANT QU'OUTILS D'AIDE A LA DECISION.

A l'inverse du diagnostic où on recherchait une logique d'interprétation des pratiques à partir de l'observation des états au niveau du processus productif, on recherche ici, pour un objectif de production donné, la succession d'états à atteindre. Pour chaque état, on définit les opérations techniques (et leur combinaison en itinéraires techniques (2) et pratiques) nécessaires ou possibles à mettre en œuvre.

Figure 5 — Principaux facteurs intervenant sur les états du troupeau et des ressources fourragères (troupeau ovin dans les Pyrénées Centrales), (adapté de Gibon et Duru 1986)



(2) Itinéraire technique : suite logique et ordonnée de techniques culturales appliquées à une espèce végétale cultivée (Sébillotte 1978).

Généralement, les modèles doivent être plus formalisés que pour l'élaboration des diagnostics dans la mesure où ils doivent être suivis de simulation.

Par ailleurs, le champ de recherche de l'agronomie, nécessite la prise en compte du climat dès que l'on veut réaliser des prévisions. A cet effet, il faut envisager des pratiques qui correspondent à des niveaux de risques différent vis-à-vis du climat et donc proposer des systèmes présentant des niveaux de sécurité variés.

1) Exemple du champ cultivé.

Les paramètres des modèles d'élaboration du rendement étant établis et vérifiés par expérimentations multilocales et enquêtes, il est possible de définir les opérations techniques à mettre en œuvre pour un objectif donné.

A titre d'exemple, nous présentons le modèle de calcul de la biomasse aérienne au stade épi "1 cm" (BA 1), (MEYNARD, 1986 a).

Cette quantité détermine les besoins en azote que doit satisfaire le premier apport d'engrais.

- en absence de facteur limitants autres que la lumière,

$$BA 1 = \alpha NP \text{ si } BA 1 \leq 60 \text{ g/m}^2$$

$$BA 1 = \frac{NP}{a+bNP} \text{ si } BA 1 > 60 \text{ g/m}^2$$

NP : nombre de plantes/m²

-si l'azote est limitant, nous avons

$$BA 1 = \frac{QN 1}{T(1+\vartheta)}$$

(QN 1 = engrais + fourniture d'azote par le sol).

α , a, b, ϑ : constantes variables positives.

T : teneur en azote des parties aériennes au stade "épi 1 cm".

A partir de ces modèles, il est possible de définir la succession de techniques à mettre en œuvre pour plusieurs objectifs de production. Dans le tableau 1, sont indiqués les opérations techniques et les états repérés pour deux objectifs (itinéraire technique A : recherche du rendement maximum, itinéraire technique B : marge brute équivalente avec moins d'intrants). Il est possible de construire des itinéraires techniques adaptés à d'autres objectifs tels les temps de travaux (MEYNARD 1986 b).

2) Exemple du système fourrager.

L'objectif que nous nous sommes fixés, compte tenu du diagnostic, a été de rechercher des

Tableau 1 — Construction de 2 itinéraires techniques (adapté de Meynard 1986). Objectifs de rendement : 80 à 95 q/ha pour l'itinéraire A, 65 à 80 q pour B.

Itinéraires Techniques	A recherche du rendement maximum	B marge brute équivalente à A avec moins d'intrants
Etats objectifs du peuplement		
• nombre de plantes/m ² (semis début nov.)	250	160
• biomasse au stade épi 1 cm (g/m ²)	88	55
• nombre de grains/m ²	18 500	15 000
Opérations techniques à mettre en œuvre		
• besoins totaux en azote (kg/ha)	240	195
• dose du 1 ^{er} apport d'azote	70	40
• traitement		
→ régulateur	oui	non
→ fongicide	≥ 2	selon observation

combinaisons d'opérations techniques rendant le système moins sensible au climat durant la période hivernale.

A partir d'enquêtes, d'expérimentations et d'éléments bibliographiques, nous avons modélisé la production des ressources en fonction des facteurs de production et du climat, leur qualité en fonction des équipements de récolte et de la pluie, les besoins du troupeau en fonction de la durée d'hivernage (DURU et CHARPENTEAU, 1981). Pour un ensemble d'années climatiques, les simulations permettent de définir les combinaisons de techniques et de moyens de production qui rendent les résultats les moins sensibles au climat.

Nous représentons des résultats pour trois stratégies types correspondant à un troupeau de 200 brebis et une surface fauchable de 6,8 ha. Les résultats de déficit fourrager moyen et leur variabilité sur 20 ans sont indiqués dans le tableau 2. Nous avons comparé plusieurs équipements de récolte et niveau d'intensification des prairies (stratégie A, B, C). La moyenne donne une indication des performances du système, le coefficient de variation permet d'évaluer la variabilité interannuelle et donc la sensibilité au climat. Nous avons testé une stratégie (A) où les moyens de production sont similaires à la stratégie A mais où des ajustements sont réalisés au cours du processus de production (fertilisation azotée en cas de printemps tardif, achat de foin en cas d'hiver précoce). La sensibilité au climat est alors réduite.

Tableau 2 — Eléments pour le choix et le jugement des facteurs et moyens de production
(adapté de Charpentreau et Duru 1983)

Stratégie	Objectif Etat stocks de foin quantité / qualité		Indicateur du déficit fourrager sur 20 ans		Opérations techniques et moyens de production
	par brebis	par kg MS	moyenne	coef. variation	
A	120	0,59 UF 45 g MAD	16,6	41	fertilisation moyenne et équipement de récolte peu performant
B	120	0,65 UF 60 g MAD	9,8	56	id A mais équipement de récolte performant
C	150	0,65 UF 60 g MAD	8,0	64	id B mais fertilisation élevée
A'	120	0,59 UF 45 g MAD	13,6	36	id A mais achat de foin les hivers précoces

CONCLUSION

1) Une problématique renouvelée :

Nous avons vu que les modèles, en tant que schéma de représentation ou modèle de simulation, constituent des **outils pertinents et opératoires pour le diagnostic de situation** en exploitation agricole et pour **raisonner** les moyens et facteurs de production à mobiliser pour atteindre un objectif donné. Ils fournissent des informations permettant de limiter le gaspillage d'intrants ou bien de limiter les risques pris pour atteindre un niveau de production donné.

L'élaboration des modèles est un passage obligé si l'on veut répondre dans des délais relativement brefs à des questions concernant le changement des stratégies dans le pilotage du système considéré (réduction des coûts, augmentation de la productivité du travail) ou les conditions d'insertions de nouvelles techniques.

Cette approche nous semble originale et importante à développer. Dans le cas d'analyse agronomique au niveau de la parcelle, elle permet de se substituer, partiellement du moins, aux essais plurifactoriels très lourds à mettre en œuvre dès qu'il s'agit de tester les interactions entre plusieurs techniques (MEYNARD, 1986 a). Cette limite est renforcée dans des milieux complexes : hétérogénéité de la parcelle, diversité des techniques mises en œuvre sur la parcelle (MILLEVILLE, 1972). En définitive, la construction et l'utilisation de modèles d'élaboration du rendement permet une meilleure efficacité de la recherche. Dans la mesure où l'état du milieu est sous la dépendance de phénomènes aléatoires (climat), l'action

d'une technique peut varier d'un lieu à l'autre, d'une année à l'autre. L'intérêt des modèles est donc d'établir des lois de variations des états en fonction des techniques. Il en résulte qu'il vaut mieux quelques essais bien analysés agronomiquement qu'une multiplication dans l'espace et dans le temps de dispositifs où l'on se limite à enregistrer les rendements et les opérations techniques sans se doter des moyens pour expliquer les effets (JOUVE, 1985).

Les modèles d'élaboration du rendement plus globaux que ceux présentés, (agrégation de sous-modèles concernant la croissance, les règles d'allocation de la biomasse entre organes, la senescence...) restent en l'état actuel des connaissances, délicats à utiliser en exploitations agricoles. En effet, certains processus sont mal connus et de ce fait ces modèles sont difficiles à tester dans des situations diversifiées. C'est pourquoi les conditions de paramétrage et le test des modèles doivent être prévus dès leur conception. De ce fait, **l'association de modèles simples**, correspondant chacun à une gamme de conditions de milieu ou de système de culture **peut être plus performante** actuellement qu'un modèle global très complexe (MEYNARD et LIMAUX, 1987).

L'intérêt de cette approche est aussi renforcée pour le diagnostic de système englobant le champ cultivé (système fourrager, système d'élevage...) pour lesquels l'expérimentation est quasiment impossible. Dans ce cas, **la décomposition du processus de production** permet de rendre compte puis de **tester les possibilités de choix des opérations techniques** de façon à :

- modifier un état du système jugé non satisfaisant en intervenant au niveau du champ cultivé ou d'un lot d'animaux.

- se prémunir d'effets défavorables de l'environnement par anticipation.

Pour l'aide à la décision, l'approche que nous avons développée correspond à un **renouvellement conceptuel** : on ne propose plus une somme de techniques ou normes ("recettes culturales") mais une succession d'états à atteindre pour un objectif de production. Pour chaque état, on définit a priori les opérations techniques nécessaires compte tenu de l'effet présumé des facteurs du milieu ou du climat. Le choix définitif de l'opération technique (nature et date de mise en œuvre, niveau de l'intrant) est à décider en fonction de l'écart entre l'état objectif et l'état observé.

2) Conditions pour l'utilisation des modèles en exploitation agricole.

Le diagnostic en "milieu réel" conduit à disposer de références sur l'élaboration de la production en conditions non optimales. Le paramétrage des modèles d'élaboration de la production (au niveau de la parcelle ou d'un système englobant) doit donc être souvent complété par la prise en compte d'une gamme étendue de nature, d'opérations techniques et de niveaux d'intrants. Les enquêtes ou l'expérimentation sont nécessaires à l'élargissement du référentiel.

La **validation des modèles** de simulation est souvent difficile dès qu'on s'intéresse à des **systèmes complexes**. En effet, le nombre de variables considérées pour l'élaboration de tels modèles est souvent moindre que celui observé in situ de telle sorte que la validation directe est souvent impossible. Il faut alors procéder à des validations indirectes et partielles (CHARPENTEAU et DURU, 1983).

Il importe de ne plus se limiter à la seule étude du processus productif en relation avec les opérations techniques. **Les liaisons entre processus décisionnel et processus productif sont une condition d'adoption ou d'insertion des propositions** issues de la recherche dans les systèmes d'exploitations agricoles. L'enjeu est de prendre en compte, dans l'objet d'étude, les flux d'informations partant des états du système considéré, vers l'agriculteur et sa famille qui sont les opérateurs de décision. C'est une condition pour réaliser des propositions qui soient adaptées aux moyens de production des agriculteurs et à leur objectif en termes de revenu, quantité et qualité de travail ainsi qu'aux caractéristiques de marchés. A cet effet, la proposition de suivi de la conduite des productions (animales et/ou végétales) par l'agriculteur est nécessaire pour confronter les états observés aux états souhaités mais elle est aussi l'occasion de définir les

objectifs de production. Dans un proche avenir, les systèmes experts devraient constituer une voie originale pour prendre en compte et tester des règles de décision issues de l'analyse des pratiques des agriculteurs. Plus généralement, ce sont des programmes de recherche-développement qui sont garants d'une bonne insertion des résultats de la recherche dans la mesure où ils prennent d'emblée en compte le contexte social et économique.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement J.M. MEYNARD pour la mise à disposition de documents et l'aide qu'il a bien voulu nous apporter pour la rédaction de ce document.

BIBLIOGRAPHIE

- BARBIER J.M., MOURET J.C., NOUGAREDES B., et al., 1986. — Bilan de deux années d'étude de l'agrosystème rizicole en Camargue. — Doc. multi. — 157 p.
- CHARPENTEAU J.L., RELIER J.P., 1980. — Rotations culturales et modèles. Utilisation de dispositifs expérimentaux. — Séminaire CEE Agrimed. Méthodologie d'étude des systèmes de culture, 7-8 et 9 mai 1980, Toulouse, France, 190-206.
- CHARPENTEAU J.L., JONES C.A., MARTY J.R., RELIER J.P., WILLIAMS, 1985. — Conduite des systèmes de grande culture et prévision des rendements : tentatives de modélisation. I Choix et construction du modèle. — In : C.R. Acad. Agric. Fr., 7^e, n° 1, pp 118. 124.
- CHARPENTEAU J.L., DURU M., 1983. — Simulation of some strategies to reduce the effect of climatic variability on farming. The case of Pyrenees mountains. — In : Ag. Syst., 11, 105-125.
- DURU C., 1984. — Systèmes de culture et élaboration du rendement du riz (*Oryza sativa* L.) en Camargue. — Th. Doct. Ingénieur Sc. agronomiques : INAPG 226 p.
- DURU M., 1982. — Approches du fonctionnement des systèmes fourragers dans les exploitations d'élevage des Pyrénées Centrales. — In : Séminaire du département d'Agronomie, INRA, 16-18 mars, 14 p.
- DURU M., GIBON A., OSTY P.L., 1986. — Pour une approche renouvelée du système fourrager. — In : Colloque MRT - Diversification des modèles de développement rural. Paris 17-18 avril.
- DURU M., CHARPENTEAU J.L., 1981. — The farming system in the Pyrenees : a model of constitution and utilisation of hay stock. — In : Agricult. Syst., 7, 137-156.

- FILLONNEAU C., GERMAIN N., POUSSIN J.C., SERPANTIE G., 1983. — Recherches en agronomie générale en rapport avec la mise en œuvre des nouvelles technologies par le développement. Cheminement et expérience du laboratoire d'agronomie ORSTOM de BOUAKE. — Atelier O.F.R.I.C. 17 décembre Doc. multigr. 31 p.
- GIBON A., DEDIEU B., THERIEZ M., 1985. — Les réserves corporelles des brebis. Stockage, mobilisation et rôle dans les élevages de milieu difficile. — Xe J. Rech. Ov. et Capr. 178-212.
- GIBON A., DURU M., 1986. — Fonctionnement des systèmes d'élevage ovins pyrénéens et sensibilité au climat. — Séminaire agrométéorologie et montagne. Toulouse 16 et 17 avril, 14 p. (à paraître).
- GRAS R. et al., 1985. — Fonctionnement de l'exploitation agricole. Point de vue d'agronomes sur les concepts et les découpages. Groupe de recherches non sectorielle. — Doc. Multigr. 49 p.
- GRAS R., BENOIT M., DEFFONTAINES J.P. et al., 1987. — Points de vue d'agronomes sur l'activité agricole. Fait technique, concepts et méthodes (en préparation).
- JOUVE P., 1985. — La comparaison d'itinéraires techniques : une méthode d'expérimentation agronomique en milieu réel. — In : Cahier de la Recherche-Développement, n° 6, 39-44.
- JOUVE P., 1985. — L'analyse agronomique des situations culturales. Document méthodologique. — Doc. multigr. 12 p.
- LEMAIRE G., 1985. — Cinétique de croissance d'un peuplement de fétuque élevée pendant l'hiver et le printemps. Effet des facteurs climatiques. — Th. Doct. Etat ès Sc. Nat., Université de Caen, 96 p.
- LEATHERME P., 1985. — Modélisation de la croissance et de la production des siliques chez le colza d'hiver (*Brassica Napus L.*) ; application à l'interprétation de résultats de rendements. — Th. Doct. Ing. Sc. agro., INAPG 253 p.
- MASLE J., 1980. — L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. — Th. Doct. Ing., INAPG, 274 p.
- MEYNARD J.M., SEBILLOTTE M., 1982. — Diagnostic sur les causes de variation du rendement du blé dans une petite région. — La fatigue des sols, 23° colloque SFP, INRA publ. Paris, 157-168.
- MEYNARD J.M., 1985. — Construction d'itinéraires techniques pour la conduite du blé d'hiver. — Th. Doct. Ing., INAPG, 258 p. + annexes.
- MEYNARD J.M., 1986 a. — Th. Itinéraires techniques du blé d'hiver. — Colloque DMDR. 17-18 avril 1986, 14 p. (à paraître).
- MEYNARD J.M., 1986 b. — Conduite de la sole de blé dans un calendrier de travail chagé. Eléments de solution. — In : BTI 412/413, 727-735.
- MEYNARD J.M., LIMAUX F., 1987. — Prédiction des rendements et conduite de la fertilisation azotée. Cas du blé d'hiver. — In : C. R. Acad. Ag. Fr. (à paraître).
- MILLEVILLE P., 1972. — Approche agronomique de la notion de parcelle en milieu traditionnel africain : la parcelle d'arachide en moyenne Casamance. — In : Cah. ORSTOM, sér. Biol., n° 17, 23-37.
- MILLEVILLE P., 1987. — Recherches sur les pratiques des agriculteurs. — Communication au Séminaire Systèmes Agraires - CGIAR.
- SEBILLOTTE M., 1978. — Itinéraire technique et évolution de la pensée agronomique. — In : C.R. Acad. Fr., 64 (11), 966-916.
- SEBILLOTTE M., 1982. — Les systèmes de culture. Réflexions sur l'intérêt de cette notion à partir de l'expérience acquise en région de grande culture. — In : Séminaire du département d'Agronomie, INRA, 16-18 mars, 63-80.
- WALLISER B., 1977. — Système et modèles ; Introduction critique à l'analyse de systèmes. — Paris : Seuil. 245 p.