Département de Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement



P 4339

C. N. R. Z.
- 4. MAR. 198
UNITÉ CENTRALE DE DOCUMENTATI
— VERSAILLES —

ETUDES et RECHERCHES
sur les SYSTEMES AGRAIRES
et le DEVELOPPEMENT

10

LA SIMULATION DE L'ORGANISATION DU TRAVAIL COMME OUTIL DE GESTION DE L'EXPLOITATION AGRICOLE

Application à la grande culture

J.-M. ATTONATY, Clotilde LAPORTE,
F. PAPY, L.-G. SOLER

INRA

DAD-10

Décembre 1987

LA SIMULATION DE L'ORGANISATION DU TRAVAIL COMME OUTIL DE GESTION DE L'EXPLOITATION AGRICOLE

Application à la grande culture

J.-M. ATTONATY*, Clotilde LAPORTE**,
F. PAPY**, L.-G. SOLER**

* INRA, Laboratoire ESR F-78850 Thiverval-Grignon
** INRA, Unité SAD Paris-Grignon F-78850 Thiverval-Grignon

SOMMAIRE

Pages

RESUMES 5

INTRODUCTION GENERALE 7

I - L'INTERET D'UNE MODELISATION ET D'UNE SIMULATION DU FONCTIONNEMENT DE L'EXPLOITATION A L'ECHELLE DE LA CAMPAGNE CULTURALE

A - Besoins en matériel et main d'oeuvre en grande culture : l'importance des chantiers d'automne 10

B - Fonctionnement d'exploitation et règles de décision 11

C - Règles de décision et simulation 14

II - PRESENTATION DU PROGRAMME DE SIMULATION

A - La mise en oeuvre informatique 15

B - La structure générale du programme 16

III - APPLICATION DU PROGRAMME DE SIMULATION AU CAS D'UNE EXPLOITATION DE GRANDE CULTURE DU NOYONNAIS (Oise)

A - Principe de mise en oeuvre 21

B - Présentation de l'exploitation et des questions à étudier 21

C - La période d'automne : caractéristiques et règles de décision 23

D - Description du modèle de simulation 25

E - Confrontation des sorties du simulateur au déroulement réel du calendrier sur plusieurs campagnes 30

F - Sensibilité du système aux aléas climatiques ; discussion des niveaux de main d'oeuvre et d'équipement 35

G - Conclusion sur l'exploitation agricole 40

CONCLUSION GENERALE 41

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 43

ANNEXES 45 à 48

Et. & Rech. Syst. Agr. & Dév., 1987, N°10, 48 pp.

LA SIMULATION DE L'ORGANISATION DU TRAVAIL COMME OUTIL DE GESTION DE L'EXPLOITATION AGRICOLE

Application à la grande culture

THE WORK ORGANIZATION SIMULATIONS AS A METHOD OF FARM MANAGEMENT

Application in arable farming system

J.M. ATTONATY, C. LAPORTE, F. PAPY, L.G. SOLER

RESUME

Le modèle de simulation de l'organisation du travail présenté ici se veut un outil d'analyse des niveaux d'équipement et de main d'oeuvre. On ne cherche pas à proposer et tester un modèle technique préconçu, mais à comprendre ce qui détermine ces niveaux. Pour ce faire, il faut les mettre en relation avec les processus de production et la maîtrise qu'en a l'agriculteur, notamment face à l'aléa climatique. La base du modèle présenté repose sur l'explicitation des règles de décision de l'agriculteur ; sa mise en oeuvre a été rendue possible par le progrès des langages informatiques. On applique ensuite le modèle au cas d'une exploitation de grande culture. La simulation qui est faite sur 15 années climatiques différentes permet d'analyser le système en situations non observables et nous montre qu'il ne comporte qu'une très petite marge de manoeuvre face au risque climatique.

Mots clés : Gestion, Equipement, Main d'oeuvre, Décision, Simulation, Grande culture.

ABSTRACT

The simulation of work organization presented here attempts to provide an adequate tool for analyzing manpower and mechanization levels. The purpose is not to propose a preconceived technical model but to make us understand how these levels are determined. So we need to connect them with the production process and the farmers' decisions faced with climatic aleas. The simulation presented here is based on a description of decision rules of the farmers. The progress of computer language has made this possible. The model is applied to the case of a specific arable farming system during autumn peak period ; the simulation running over fifteen different climatic years allows to analyze the system in non observable situations and shows that it functions with very little room for manoeuvre regarding climatic risks.

Key-words : Management, Equipment, Manpower, Decision, Simulation, Arable farming system.

INTRODUCTION GENERALE

Les exploitations de grande culture ont connu d'importantes évolutions au cours des 30 dernières années : la simplification des assolements et la substitution du capital au travail, justifiée en particulier par l'évolution relative des prix de la main d'oeuvre et des matériels, ont permis un accroissement considérable des niveaux de productivité du travail (BROSSIER et al., 1974 ; REBOUL, 1977, 1978 ; TIREL, 1986). Dans le contexte actuel de stagnation, voire de baisse des prix des produits agricoles, l'augmentation de cette productivité paraît toujours nécessaire. Mais par quelles modalités peut-elle aujourd'hui passer dans les systèmes de grande culture ? Quelles sont les transformations possibles sur le plan des productions et de leur conduite, ou sur celui des matériels et de la main d'oeuvre ?

Pour essayer de répondre à ces questions, les agriculteurs et les conseillers agricoles ou de gestion disposent d'un certain nombre d'outils qui restent cependant insuffisants.

Il en est ainsi, par exemple, pour la gestion des matériels et de la main d'oeuvre, thème que nous privilégions dans le cadre de cette publication. La recherche des marges d'action possibles dans ce domaine est délicate pour deux raisons au moins :

1) Les choix de mécanisation **ne peuvent être dissociés de ceux concernant les productions** (un assolement plus ou moins diversifié se traduira par une répartition différente des besoins en travail sur l'année), **ni de ceux des techniques** (une conduite "intensive" du blé, par exemple, impliquant des semis précoces, renforce la pointe de travail en octobre).

2) De la même façon, on ne peut dissocier la question du matériel de **celle du climat** (la préoccupation présidant au choix des machines étant souvent, aussi, de s'affranchir des aléas climatiques) et donc du **risque** de non-réalisation en temps opportun des diverses opérations.

Or, sans en faire ici un historique ou une critique détaillés, on peut considérer que les approches développées depuis une vingtaine d'années ne répondent pas de manière tout à fait satisfaisante à ces exigences.

Outre les comptabilités de temps de travaux dont on sait les problèmes qu'elles posent en matière d'affectation des charges de structure, on peut citer, par exemple, les méthodes d'analyse de groupe qui tentent de dégager, par comparaison d'exploitations, le niveau optimal des facteurs dans un système de production donné. Ne permettant pas de discuter de l'équilibre de ces facteurs en relation avec leurs conditions de mise en oeuvre au sein des processus de production, ces méthodes rendent difficiles la relation entre choix techniques et choix du niveau des facteurs (GODARD & SOLER, 1987).

La programmation linéaire qui, pour une part, a été utilisée dans le but de dépasser cette limite, présente d'autres difficultés. Outre la lourdeur de l'outil, le caractère le plus gênant, dans l'optique qui nous intéresse ici, est son incapacité à rendre compte d'une "dynamique du travail" : entendons **la façon dont les opérations se déroulent et s'enchaînent au cours de la campagne.**

On cherche, dans cette démarche, à optimiser une fonction "objectif" en respectant certaines limitations de ressources. En matière de travail, on découpe alors l'année en périodes, généralement de l'ordre de plusieurs semaines, chacune d'elles étant caractérisée par un nombre de **"jours disponibles"**. Rappelons qu'on définit ainsi les jours "où les conditions climatiques s'appliquant à un état du milieu hérité de la période précédente permettent la réalisation d'une opération technique définie, sans compromettre radicalement la suite du processus producteur" (PAPY, 1987).

Le nombre de jours disponibles est considéré dans cette méthode comme une des ressources, variable d'une année sur l'autre, à allouer aux différentes opérations à réaliser pendant la période considérée. Aussi est-on obligé d'affecter une probabilité (8 fois sur 10 en général) à la condition exigée :

Nombre de jours nécessaires $\leqslant$ Nombre de jours disponibles (1).

Plusieurs remarques méritent d'être faites quant à la capacité de prendre en compte par cette méthode le déroulement dans le temps des activités de production :

a) On doit faire l'hypothèse que la date de réalisation d'une opération à l'intérieur d'une période a peu d'effets sur le résultat final. Cette hypothèse n'est valable qu'à la condition qu'on ait pris soin de choisir les bornes de périodes en fonction des connaissances qu'on a de l'effet de dates d'intervention sur l'élaboration du rendement (FLEURY, 1986).

b) On suppose que les travaux se répartissent de façon homogène au sein de la période. Or dans les faits, si ce n'est pas le cas, un équilibre global du bilan peut très bien masquer des déséquilibres instantanés. Cette hypothèse est d'autant plus risquée que les périodes choisies sont longues.

c) La méthode dans sa version courante ne prévoit pas de solutions pour les années défavorables. Si l'on choisit une probabilité de 8 sur 10, tout se passe comme si l'on proposait un train qui n'arriverait à destination que 8 fois sur 10 ! Cette lacune a incité LEFORT & SEBILLOTTE (1964) à utiliser la méthode en proposant des stratégies de substitution les années où le temps manque. Mais la complexité des calculs (et, il faut ajouter, le manque de moyens puissants pour les faire à l'époque) a rendu inapplicable le mode opératoire proposé.

Mais, s'il est déjà ardu de proposer des stratégies de rechange sur des périodes relativement longues, qu'en est-il si, pour pallier la critique du § b), on cherche à les raccourcir ? Comme il faut à la fin de chaque période fixer des objectifs pour la suivante, forcément liés à chacune des différentes solutions adoptées précédemment en fonction des conditions climatiques, on imagine aisément l'énormité du problème à résoudre.

Progressivement on a été amené à penser que c'est la façon dont on prend en compte le temps dans l'analyse qui conditionne, pour une large part, la capacité à décrire correctement les processus de production et, par

---

(1) Face à cette nécessité de prendre en compte l'aléa climatique, certains auteurs (notamment REBOUL, 1965, 1969, 1986 ; REBOUL et al., 1979) ont jugé pratique de définir comme disponibles, dans une période donnée, le nombre de jours qui, 8 fois sur 10, correspondent à des conditions correctes de travail. Nous pensons que cela revient à inféoder cette notion à l'usage qui en était fait dans les méthodes classiques, particulièrement la programmation linéaire.

suite, la possibilité de relier choix économiques (concernant le niveau des facteurs de production) et choix techniques (portant sur les modalités de mise en oeuvre de ces facteurs au cours de la campagne). Le concept **d'itinéraire technique** qui s'applique aux "combinaisons logiques et ordonnées d'opérations techniques permettant de contrôler le milieu et d'en tirer une production donnée" - proposé par SEBILLOTTE (1974, 1978) - a été conçu dans cette perspective (1). Si l'on admet qu'à un instant donné l'agriculteur doit prendre ses décisions en fonction des évènements passés et des anticipations sur les interventions à réaliser plus tard (SEBILLOTTE & SERVETTAZ, 1986 ; LAPORTE et al., 1986), on perçoit alors les limites de la programmation linéaire. Le découpage de l'année en périodes dont l'équilibre Offre-Demande de travail est raisonné indépendamment les unes des autres, ne permet pas de déterminer le niveau des facteurs nécessaires en tenant compte de ces possibilités d'ajustements (DURU et al., 1986), et de cette nécessité de reconstruire une cohérence dans la conduite des opérations au fur et à mesure de leur avancement.

Dans cette perspective, un progrès important a été réalisé lors de la mise au point des **modèles de simulation historique** (ATTONATY et al., 1980), qui permettent de reproduire les décisions quotidiennes en fonction d'objectifs, de l'état du système (milieu et peuplement végétal dans les exemples étudiés) et de l'évolution de l'espérance de rendement au fur et à mesure que le temps passe. Leur utilisation a été rendue possible grâce à la mise au point de sous modèles permettant de prévoir au pas de temps journalier l'évolution du peuplement et de l'humidité du sol qui détermine les conditions d'intervention. Mais que ce soit pour raisonner le choix d'un mode de semis du blé (ATTONATY et al., 1980) ou des dates de réalisation de recolte et de semis dans un système fourrager intensif (MATHIEU, 1986), ces méthodes ont, jusqu'à présent, été utilisées pour tester la faisabilité, dans les conditions climatiques données, d'un système technique préconçu.

Les recherches développées depuis quelques années en gestion de l'exploitation montrent l'intérêt et la nécessité de compléter ces approches par une compréhension des pratiques et des décisions des agriculteurs. Cerner du "dedans" les difficultés auxquelles l'exploitant se heurte en tenant compte de ses stratégies et des contraintes qui pèsent sur ses choix, permet de proposer des solutions plus adaptées. C'est pour cette raison que s'est alors posée la question d'une **utilisation des modèles précédents pour simuler les décisions de l'agriculteur et reproduire ses pratiques** de manière à mieux les juger. Cela n'a été rendu possible qu'au prix d'un double progrès dans la maîtrise des langages informatiques (ATTONATY, 1985) et l'analyse des règles de décision des agriculteurs (SEBILLOTTE & SERVETTAZ, 1986). Le travail présenté ici se situe dans la ligne de ces approches (2).

Dans une première partie, nous allons rappeler comment se pose la question des niveaux de matériels et de main d'oeuvre dans les exploitations de grande culture. Nous montrerons alors en quoi une modélisation du fonctionnement de l'exploitation pendant l'automne est une étape importante pour raisonner les niveaux d'équipement.

---

(1) Conçu par un agronome, le concept d'itinéraire technique a été appliqué au domaine de la production végétale. Mais nous pensons qu'il a une portée qui dépasse la simple conduite du champ cultivé pour être un concept de gestion traduisant l'idée d'une programmation du processus producteur dans le temps. D'ailleurs, la formulation donnée en 1974, reproduite ci-dessus, n'en limite pas le champ d'application.

(2) On trouvera dans SEBILLOTTE (1986) une présentation historique des progrès méthodologiques dans l'étude de l'organisation du travail en agriculture.

Dans une seconde partie, nous présenterons le structure du programme élaboré pour simuler ce fonctionnement des activités d'automne. Si, dans sa structure, ce programme peut être considéré comme relativement général (il doit permettre d'aborder les problèmes d'organisation du travail à l'automne dans divers types de systèmes de grande culture), sa mise en oeuvre suppose de le paramétrer dans chaque situation. L'objet de la troisième partie est alors de montrer l'utilisation possible de ce simulateur dans le cas d'une exploitation de grande culture du Noyonnais.

I - L'INTERET D'UNE MODELISATION ET D'UNE SIMULATION DU FONCTIONNEMENT DE L'EXPLOITATION A L'ECHELLE DE LA CAMPAGNE CULTURALE

A - BESOINS EN MATERIEL ET MAIN D'OEUVRE EN GRANDE CULTURE :

L'IMPORTANCE DES CHANTIERS D'AUTOMNE

Le processus de mécanisation et de réduction de la main d'oeuvre est au coeur des évolutions engagées en grande culture depuis le lendemain de la guerre. Plusieurs étapes peuvent être repérées, les dates variant quelque peu selon les régions :

- Dans les années 1960, accroissement des parcs de traction et introduction progressive des moissonneuses-batteuses.
- Vers 1970, mécanisation des récoltes de betteraves sucrières et de pommes de terre.
- De 1970 à 1980, augmentation des puissances de traction, élargissement des outils de travail du sol et de traitement.
- Après 1980, apparition des automotrices pour la récolte des betteraves et accroissement du nombre des appareils d'épandage.

L'ensemble de ce mouvement débouche, par exemple, pour le Plateau Picard et le Noyonnais, sur des situations dans lesquelles les seules charges de mécanisation représentent 25% des charges globales. Si l'on y ajoute les salaires, ces postes représentent 36% du produit brut de l'exploitation. En outre, 35% de la valeur des immobilisations totales peuvent être imputés à des équipements et des matériels (1). A l'heure du développement des automotrices, particulièrement pour les récoltes de betteraves sucrières, mais aussi de l'extension des CUMA et des groupes d'entraide, on comprend que ce thème reste central dans les exploitations de grande culture, d'autant plus que de nombreux changements lui sont liés (productions, techniques...).

Cette évolution s'est accompagnée d'une diminution du nombre de cultures pratiquées, d'une concentration sur les productions les moins exigeantes en travail, ou du moins sur lesquelles la mécanisation rendait possible une forte réduction de main d'oeuvre (REBOUL, 1978). Mais de ce fait, la répartition du travail sur l'année a sensiblement changé. Alors qu'autrefois les travaux étaient à peu près étalés tout au long de la campagne, ils se trouvent aujourd'hui concentrés sur quelques mois : en automne avec les semis de céréales et les récoltes de betteraves, de pommes de terre, de maïs... et au printemps, avec les traitements des céréales, les semis de betteraves, les

---

(1) Source : Analyse de Groupe 1984, Centre de Gestion de l'Oise.

plantations de pommes de terre. La concurrence entre des opérations à réaliser sur de courtes périodes, dans des conditions climatiques parfois défavorables, a ainsi contribué à une augmentation des puissances de traction et des quantités de matériels.

En fait, les deux pointes de travail que nous venons d'évoquer jouent différemment sur les besoins en machines de l'exploitation. Dans les systèmes à dominante céréalière (CAPILLON et al., 1985) et dans ceux à forte présence de cultures industrielles (LAPORTE et al., 1986), la période d'automne est, en effet, décisive à divers égards. Les matériels qui y sont mis en jeu sont, si l'on excepte la moissonneuse-batteuse, **les plus coûteux des appareils présents sur les exploitations.** Ainsi les machines utilisées à cette période représentent plus de 60% des immobilisations en matériels dans les exploitations de grande culture du Plateau Picard et du Noyonnais (1) ; certaines sont spécifiques comme les matériels d'arrachage de betteraves, d'autres, comme les tracteurs de grosse puissance, sont justifiées principalement par les travaux d'automne, même si elles sont utilisées à d'autres moments de l'année (SERVETTAZ & SOLER, 1984).

Mais l'automne est aussi un moment où **tout** le personnel et **tous** les tracteurs sont mobilisés **simultanément** dans les champs et où les opérations se conditionnent les unes les autres dans leur déroulement : il faut avoir : récolté les betteraves pour semer du blé derrière. Par ailleurs, les marges de manoeuvre et d'adaptation des itinéraires techniques y sont sans doute moindres que celles mises en évidence par MEYNARD (1985, 1986), SEBILLOTTE & SERVETTAZ (1987) pour les activités de printemps.

Pour ces différentes raisons, les chantiers d'automne fixent pour une large part, le niveau des besoins en matériel et main d'oeuvre dans de nombreuses exploitations de grande culture. La mise en évidence des marges de manoeuvre suppose donc que **l'analyse porte prioritairement sur le déroulement de la campagne culturale à l'automne.**

B - FONCTIONNEMENT D'EXPLOITATION ET REGLES DE DECISION

Nous avons montré, dans une autre publication, que dans un certain type d'exploitations de grande culture, des écarts sensibles de niveaux de matériel et de main d'oeuvre se traduisaient uniquement par la possibilité de retarder de quelques jours une récolte ou d'attendre des conditions favorables pour l'implantation du blé (LAPORTE et al., 1986). Dans une optique de gestion, il faut produire des méthodes qui permettent de faire ressortir de telles différences, ténues en apparence, mais qui peuvent avoir des conséquences importantes sur l'élaboration du rendement et, par suite, sur les résultats économiques de l'exploitation.

Pour y parvenir, il nous paraît nécessaire de partir d'une analyse du fonctionnement des exploitations. En simulant ensuite ce fonctionnement, il est alors possible de caractériser la stabilité ou la fragilité du système face aux évènements climatiques. A partir de là, on peut analyser et juger les conséquences sur le déroulement des processus de production de telle ou telle modification d'assolement, de technique ou de niveau des facteurs.

---

(1) Données obtenues à partir d'un dépouillement de dossiers du Centre de Gestion de l'Oise.

Par **fonctionnement** nous entendons, avec SEBILLOTTE (1979), "un enchaînement de décisions dans un ensemble de contraintes en vue d'atteindre un ou plusieurs objectif(s) en mobilisant des moyens". **Toute analyse du fonctionnement suppose cependant de fixer, au préalable, le pas de temps auquel on s'intéresse.** On peut en effet étudier le fonctionnement d'une exploitation au cours d'une campagne : une telle période est, bien sûr, justifiée par les rythmes d'implantation et de récolte de certaines productions végétales et les flux monétaires qui leur sont liés. Mais quand il existe de fortes variations interannuelles des résultats techniques ou économiques, l'étude du fonctionnement d'une campagne n'est plus suffisante. L'analyse doit alors porter sur une **succession de campagnes pour comprendre les modalités de passage d'un cycle de production à l'autre, repérer des pratiques qui visent à faire face aux aléas** (DURU et al., 1986 ; AUBRY et al., 1986, 1987). On peut aussi étudier le fonctionnement de l'exploitation sur une période plus courte que la campagne : une période de pointe de travail, par exemple, comme nous envisageons ici de le faire.

Pour préciser cette notion de fonctionnement, nous nous appuyons sur une synthèse réalisée par une équipe d'agronomes (GRAS et al., 1985), et sur une publication réalisée récemment dans le cadre d'un projet de coopération franco-tunisien (AUBRY et al., 1986, 1987). Diverses notions peuvent être définies.

L'opération technique tout d'abord, définie par DEFFONTAINES et al. (1985) comme un ensemble d'actions ayant un sens en lui-même (labour, pâturage, traitement phytosanitaire) et qui font passer la parcelle ou le troupeau d'un état A à un état B. **L'itinéraire technique** ensuite, dont la définition de SEBILLOTTE, 1974, 1978) a été donnée plus haut.

Tels qu'ils sont pratiqués, les itinéraires techniques répondent à deux types de logiques. La première se comprend à l'échelle de la **parcelle culturale**, comme une conduite cohérente de la succession dans le temps des états du champ cultivé (peuplement et milieu) en vue d'un objectif de production. Le concept d'itinéraire technique contient à la fois une idée de programme (pour récolter à telle période, il faut semer, traiter... à telles dates), mais aussi d'adaptation des opérations techniques aux circonstances (état non souhaité du champ à une date donnée, retard...). Mais cette logique n'est pas seule à jouer. D'autres déterminants interviennent. Les activités, qui se déroulent dans le temps, se trouvent parfois placées en concurrence : de la même façon qu'il faut gérer une opération technique sur un ensemble de parcelles, il faut gérer un ensemble d'opérations sur l'exploitation. Ces concurrences, ces interactions dans les pratiques résultent de la nécessité d'affecter à chaque instant et de façon privilégiée à telle ou telle opération, des ressources finies et fixées, au moins sur le pas de temps considéré (foncier, temps de travail, matériel, financement...). Les pratiques sont donc aussi déterminées par les modalités d'affectation des moyens disponibles.

Le concept de **fonctionnement de l'exploitation agricole** caractérise l'articulation entre ces logiques techniques et d'affectation des moyens. Visant en particulier à intégrer le temps dans l'analyse, traduisant cette cohérence qui se construit dans l'action de l'agriculteur au cours de la campagne, elle apparaît comme le concept homothétique, au niveau de l'exploitation, de celui d'itinéraire technique défini au niveau d'un sous-système de production.

Pour une exploitation donnée, le champ des modalités de fonctionnement accessibles à l'agriculteur n'est pas infini. Il est limité par des éléments structurants de deux types :

. La quantité et la nature des moyens disponibles.

. Les règles de décision de l'agriculteur quant à l'affectation de ces moyens ; dans un système de production donné, pour une même quantité de facteurs de production, il peut y avoir différentes modalités de mise en oeuvre, du fait de règles de décision différentes.

Cet ensemble de règles est tout d'abord la **traduction**, au niveau des pratiques productives, des **stratégies à plus long terme de l'agriculteur.** Selon qu'on privilégie une extension foncière, l'accroissement des rendements ou une limitation des risques, ce ne sont pas les mêmes règles de décision qui sont retenues.

Mais ce corps de règles est aussi la **traduction des représentations** de l'agriculteur à propos de ce qu'il convient de faire ou de ne pas faire. En ce sens, il renvoie, d'une part à des normes, à des valeurs, à un système de pensée dont l'origine est sociale (BOURDIEU, 1980 ; DARRE, 1986), d'autre part à l'expérience, aux savoir-faire de l'agriculteur qui, progressivement au cours des années, ajuste l'équipement et la main d'oeuvre aux choix et aux modes de conduite des cultures (SEBILLOTTE & SERVETTAZ, 1987).

On comprend, dans ces conditions, que la mise en évidence des règles de décision de l'agriculteur soit une étape importante pour la compréhension de ses pratiques.

C'est sur la période d'automne, pour les raisons que nous avons énoncées plus haut, qu'il nous faut procéder à une telle analyse, puis à des simulations du fonctionnement de l'exploitation agricole pour dégager les marges de manoeuvre sur le plan de l'utilisation des machines et de l'organisation du travail.

Comme nous allons le voir, l'analyse du fonctionnement au cours de l'automne a essentiellement pour fonction de dégager les règles de décision qui structurent le déroulement des opérations et ce, en fonction du contexte climatique. Les travaux récents déjà signalés de SEBILLOTTE & SERVETTAZ (1987) sur une autre période de l'année, le printemps, mais toujours dans ces systèmes de grande culture, ont mis en évidence l'existence de telles règles. L'étude fait apparaître que pour chacun des agriculteurs suivis, choisis de façon à couvrir une large gamme de situations, il existe un modèle général d'organisation du travail. Caractérisé pour une campagne de semis de betteraves, ce modèle comporte :

- des itinéraires techniques prévisionnels par terrain,

- une organisation des chantiers de travaux,

- des règles de succession de travaux entre blocs et parcelles,

- des règles de stratégies de rechange en cas de mauvaises conditions climatiques, de pannes ou d'accidents.

Simuler le fonctionnement de l'exploitation à l'automne, c'est alors montrer comment, sous l'effet de règles de cette nature, se déroulent et s'enchaînent un certain nombre de travaux quand on fait varier le climat, l'assolement ou les niveaux de matériels et de main d'oeuvre.

C - REGLES DE DECISION ET SIMULATION

Nous venons de souligner que ce corps de règles de décision est pour une part le résultat de l'expérience de l'agriculteur (SEBILLOTTE & SERVETTAZ, 1987). Mais dans un contexte d'évolution rapide des techniques et des matériels, il devient de plus en plus difficile de se faire une idée des **résultats** d'un modèle d'organisation face à la variabilité climatique inter-annuelle. C'est là sans doute l'un des premiers intérêts des méthodes de simulation (ATTONATY, 1986).

Cette dernière remarque précise bien notre objectif. Il s'agit **d'élaborer un outil de simulation qui réalise, dans les mêmes conditions climatiques, les mêmes dates d'interventions que l'agriculteur et permette ainsi d'analyser le système dans des situations climatiques non observables.**

Il faut cependant insister sur l'écart, probablement irréductible, qui existe entre le processus décisionnel de l'agriculteur engagé dans l'action (en "temps réel" diraient DURU et al., 1986) et celui du "pilote" qui commande le déroulement des activités dans un simulateur tel qu'on l'envisage ici.

Les règles de décision de l'agriculteur ne sont pas toujours explicitées d'emblée. En revanche, celles du "pilote" du simulateur ou automate doivent l'être forcément ; elles s'expriment de la façon suivante : **si telles conditions sont remplies, je déclenche telle action** ; lorsque les conditions de plusieurs actions possibles sont satisfaites simultanément, les règles doivent stipuler des **priorités.**

Par ailleurs, le **"système d'information"** (LE MOIGNE, 1982), c'est-à-dire l'ensemble d'indicateurs sur lesquels repose l'activation des règles, varie sensiblement dans les deux cas. L'agriculteur observe à un instant "t" les parcelles ayant subi l'action du climat ; il tire de son référentiel technique des indicateurs d'état et se fonde sur des valeurs seuils pour intervenir (la couleur du sol en surface, sa résistance au coup de botte, lui permettent d'en apprécier l'humidité et la consistance). Il enregistre également l'avancement des chantiers (par exemple la pluie a ralenti la récolte, ce qui peut modifier ses décisions ultérieures). L'automate ne peut agir ainsi. Il doit disposer de sous-modèles qui prévoient au cours du temps l'évolution des états du système, notamment les repères qu'utilise l'agriculteur, et d'autres qui donnent les performances des chantiers en fonction des conditions. Dans l'exemple présenté plus loin, nous verrons que nous nous sommes, pour l'instant, contentés de modèles de prévision très simples, fondés sur les quantités de pluie tombées et les durées d'attente, négligeant pour l'instant l'évapotranspiration potentielle (ETP) ainsi que l'effet de l'état structural initial dont on a pourtant, par ailleurs, souligné l'importance (PAPY, 1984, 1986).

Il faut alors s'assurer que l'écart entre le corps de règles de l'agriculteur et celui qui est intégré dans le simulateur reste compatible

avec la question posée (la détermination des niveaux de matériels et de main d'oeuvre nécessaires sur l'exploitation). C'est à travers deux exigences méthodologiques qu'on tente d'y parvenir.

- D'une part, **le modèle de simulation est à construire avec l'agriculteur** : c'est avec lui qu'on élabore les règles du pilote du simulateur, auxquelles on impose de ne pas être contradictoires entre elles, ni avec la réalisation pratique des opérations techniques.

- D'autre part, on cherche à rapprocher le plus possible le déroulement des activités établies par simulation au déroulement réel de la campagne sur quelques années connues.

C'est finalement par ajustements progressifs qu'on débouche sur un simulateur qui reproduit de manière satisfaisante les pratiques de l'agriculteur. Il reste que l'utilisation du modèle ainsi élaboré est soumise à deux hypothèses fortes :

- Lorsqu'on emploie, sur de longues séries climatiques, le modèle construit à partir d'un petit nombre d'années, on suppose que les règles de l'automate qui incluent, rappelons-le, des lois d'évolution des sous-systèmes techniques, restent satisfaisantes dans des conditions climatiques différentes. A noter que plus les lois d'évolution d'états du système ont été établies de façon empirique, plus l'hypothèse est risquée, et à l'inverse, plus ces lois sont déterministes et aisément validables, plus l'hypothèse est acceptable.

- Lorsqu'on essaie d'envisager des modifications dans le système considéré, il faut admettre que les règles de décision restent valables quand on change (de manière limitée, il est vrai) l'assolement ou la surface exploitée.

La validité de ces hypothèses ne peut alors être établie que dans la pratique, c'est-à-dire dans la capacité du modèle à produire des résultats qui améliorent les conditions dans lesquelles l'agriculteur prend ses décisions.

II - PRESENTATION DU PROGRAMME DE SIMULATION

A - LA MISE EN OEUVRE INFORMATIQUE

Le programme de simulation est constitué d'un calendrier qui se déroule au jour le jour et d'un pilote qui affecte à chaque journée une ou plusieurs activités. La structure du programme a été élaborée sur un exemple réel par une équipe comprenant des techniciens (agronomes et économistes) et un informaticien qui a créé le programme. La difficulté de faire préciser d'emblée toutes les règles de décision de l'agriculteur et de donner des lois correctes d'évolution du système dont nous avons dit qu'elles étaient nécessaires à la construction du corps de règles de l'automate a conduit l'informaticien à travailler de façon hétérodoxe. Il a effectué presque en même temps analyse fonctionnelle et programmation ; il s'agit d'une programmation **"boule de neige"**, articulée autour de réunions de travail. A l'issue d'une séance, la synthèse était faite sous forme d'une ébauche de programme.

Cette approche hétérodoxe supposait un langage de programmation qui permette, au prix d'un minimum d'effort, d'écrire des programmes dont les grandes lignes soient compréhensibles par des non-informaticiens. On a donc cherché à faire l'économie de la rédaction d'organigrammes, longs à construire, difficiles à comprendre et peu aptes à la modification, et à éviter l'utilisation de pseudo-codes à la syntaxe incertaine et pas toujours très lisibles. Par ailleurs, une telle approche impliquait une perpétuelle remise en question des programmes déjà écrits. Il fallait donc travailler dans le cadre d'une **programmation structurée** pour pouvoir disposer d'une série de programmes de petite taille, faciles à modifier sans être obligés d'utiliser une documentation longue à écrire et jamais à jour.

Enfin, il a fallu tenir compte des contraintes de matériel : un micro-ordinateur suppose un langage rapide et peu gourmand en mémoire. Le langage C, qui nous utilisions de façon courante par ailleurs, nous a paru répondre à ces conditions, au prix de quelques aménagements :

- **Des instructions exprimées en français.** Par l'emploi du préprocesseur, les instructions telles que "IF", "ELSE", "WHILE", "FOR"... ont été redéfinies et transformées en "SI", "SINON", "TANT QUE", "FAIRE"... ;

- **L'utilisation de noms compréhensibles** pour définir les différentes fonctions et variables. Ainsi "pluie (j)" est un vecteur qui fournit la pluie tombée le jour "j", alors que "sompluie (j-3, j-1)" est une fonction qui fournit la somme des pluies tombées entre "j-3" et "j-1", bornes comprises.

Mais, ainsi que nous l'avons signalé plus haut, pour arriver à ce que le déroulement des chantiers calculé par le modèle s'ajuste à celui réalisé réellement, il fallait prévoir la possibilité de nombreux allers et retours. Ces derniers ont été rendus possibles par la conception qui a été faite du programme, comme un ensemble de modules indépendants les uns des autres.

B - LA STRUCTURE GENERALE DU PROGRAMME

En définitive, la structure de base est composée des fonctions suivantes :

- **"lirdon"** qui est une fonction de lecture qui recherche dans le fichier les différentes données nécessaires : surfaces à récolter et à semer, vitesse d'exécution des différents travaux, date du début de leur exécution, pluviométrie journalière ;

- **"inifférié"** qui initialise le tableau "Type jour (j)" où est indiqué que le jour est dimanche, samedi ou férié ;

- **"simuler"** qui enclenche une boucle faisant dérouler les jours entre les dates choisies de début et de fin de la saison à étudier (1). Cette dernière fonction examine d'abord si le jour est férié, auquel cas le programme principal fait appel à la fonction **"chférié(j)"**. Celle-ci est un chantier fictif qui a pour seule action d'actualiser le journal des travaux effectués en indiquant que le jour"j" on n'a rien fait puisqu'il est

---

(1) C'est une analyse préalable du fonctionnement de l'exploitation qui permet de retenir ces bornes. On doit prendre comme début une date antérieure à la pointe de travail et où l'état du système est relativement comparable d'une année à l'autre.

férié. Si le jour est ouvrable, "**simuler**" renvoie à une fonction spécifique à chaque période. Ceci est fait en confrontant la date aux jours de début et fin de chaque période. La fonction demande l'exécution des travaux prévus dans la période. Le programme regarde alors si tous les travaux sont finis, auquel cas il s'arrête, sinon il passe au jour suivant (cf. Listing 1).

. Enfin une fonction **d'édition** qui affiche les résultats sous une forme brute ou plus évoluée en mobilisant des fonctions qu'on ne détaillera pas ici.

```
simuler()
{
FAIRE
   {

SI(typjour[j]=='d' OU typjour[j]=='f')
     chferie(j);

                                  /* avant 15 septembre */
SINON SI (j ( jpfec)
    period1(j);
                                  /* avant premiere pesee geometrique*/
SINON SI (j)= jpfec   ET   j ( jpgeodeb)
    period2(j);
                                  /* avant premier semis d escourgeon*/
SINON SI (j)= jpgeodeb ET j (jpsemesc)
    period3(j);
                                  /* avant premier semis de ble */
SINON SI (j)= jpsemesc ET j (jpsemble)
    period4(j);
                                  /* a partir des semis de céreales */
SINON SI (j)=jpsemble)
    period5(j);


    SI( pdtc.fin==OUI &&  pdtf.fin==OUI  &&  bett.fin==OUI &&
          esc.fin==OUI &&  blei.fin==OUI &&  ble2.fin==OUI)
        break;
    SINON
        j++;
    }
    TANTQUE(j(=jfin);

}
/*-------------------------------------------------------------*/
```

LEGENDE

cheferie : Chantier férié
jpfec : Jour possible de pomme de terre fécule
jpgeodeb : Jour possible de début de pesée géométrique
jpsemec : Jour possible de semis d'escourgeon
jpsemble : Jour possible de semis de blé

LISTING 1 - ECRITURE DE LA FONCTION "SIMULER" (POUR L'EXEMPLE PRESENTE EN III)

Nous l'avons déjà souligné, le découpage du temps en périodes traduit l'existence de règles qui peuvent varier au fur et à mesure du déroulement des travaux. Pour chaque période, une fonction (activée par **"simuler"**) détermine le nombre d'heures de travail par jour et fait exécuter les opérations selon les priorités définies par l'agriculteur. Prenons un exemple : de la période qui va des premiers semis d'escourgeon aux premiers semis de blé, on travaille en principe 8 heures par jour ; mais si les pommes de terre ne sont pas totalement récoltées, on travaille 10 heures par jour. Si à ce jour, il faut effectuer une pesée géométrique, on appelle une fonction spécifique de la pesée. Comme toutes les fonctions d'exécution de tâches, elle va diminuer le nombre d'heures ouvrables du temps nécessaire à l'exécution de la tâche et inscrire dans le journal l'opération effectuée, le temps qui y a été consacré et plus spécifiquement indiquer les hectares de betteraves qu'on peut maintenant récolter. Sinon elle fait récolter les pommes de terre, d'abord celles de consommation puis celles de fécule, en faisant appel à des fonctions **"chantiers"** : chpdtc (), chpdtf(). Cela étant fait, elle regarde si c'est un samedi (en cas de retard, on récolte la pomme de terre le samedi, mais on ne sème pas d'escourgeon), elle appelle les fonctions **"chantiers"** correspondant aux semis d'escourgeon puis de récolte de betteraves (cf. Listing 2).

```
/*-------------------------------------------------------------------*/
period4(j)
int j;
/*
entre semis d escourgeon
    et
premier semis de blé
*/
{
heure=8.;
SI (pdtc.fin==NON OU pdtf.fin==NON)
    heure=10.;

SI (j==jpgeo)
    chpgeo(j);
chpdtc(j);
chpdtf(j);
SI (pdtc.fin==OUI ET pdtf.fin==OUI ET typjour[j]=='s')
       chferie(j);
SINON
    {
    chseesc(j);
    chbett(j);
    chrienfait(j);
    }
}
/*-------------------------------------------------------------------*/
```

LEGENDE

pdtc : Pomme de terre de consommation
pdtf : Pomme de terre fécule
jpgeo : Jour pesée géométrique
chpgeo : Chantier de pesée géométrique
chpdtc : Chantier de pomme de terre de consommation
chpdtf : Chantier de pomme de terre fécule
chseesc : Chantier de semis d'escourgeon
chbett : Chantier de récolte de betterave
chrienfait : Rien à faire

LISTING 2 - ECRITURE D'UNE FONCTION "PERIODE" :

ENTRE LES PREMIERS SEMIS D'ESCOURGEON ET LES PREMIERS SEMIS DE BLE

* La fonction **"période"** renvoie donc principalement à une fonction **"chantier"** qui doit être maintenant précisée. Celle-ci a pour objectif de faire exécuter une tâche, en choisissant éventuellement ses modalités d'exécution, de permettre l'exécution de la tâche suivante pour la culture considérée ou celle qui lui succède, de diminuer le nombre d'heures de travail restant dans la journée et de consigner dans le journal les travaux effectués.

Un premier exemple simple est la fonction de semis d'escourgeon. Appelée systématiquement par la fonction **"période"**, la fonction chantier vérifie tout d'abord qu'il reste des escourgeons à semer et suffisamment de temps pour commencer le travail dans la journée. Dans cette perspective, on a défini pour chaque chantier un minimum d'heures nécessaires, appelé **"minitem"**, pour attaquer un chantier. Enfin elle vérifie les conditions climatiques en regardant la pluie du jour et des 4 derniers jours. Si le travail est possible, elle calcule la vitesse d'exécution, fait exécuter les semis et actualise le journal des opérations. Enfin, elle regarde si tous les escourgeons ont été semés et, dans ce cas, l'indique en mettant "esc.fin" = OUI (cf. Listing 3).

```
/*-------------------------------------------------------------------*/
chseesc(j)
int j;
                              /*semis escourgeon */
{
float execut();
float surface,vitesse;
int spluie;
SI (esc.fin==OUI)
    RENVOYER;
SI (heure(esc.minitem)
    RENVOYER;
SI  ( pluie[j](10 ET  ((pluie[j-4]+pluie[j-3])(20 ) ET ((pluie[j-2]+pluie[j-1])(=10 ) )
    {
    vitesse=sjseesc/8.;
    surface=execut(&esc,vitesse);
    actuajour(j,esc.nom,surface);
    SI (esc.fait)=esc.surface)
       esc.fin=OUI;
    }
}
/*-------------------------------------------------------------------*/
```

LEGENDE

chseesc : Chantier de semis d'escourgeon

esc.minitem : Minimum d'heures nécessaires pour entreprendre le semis d'escourgeon

LISTING 3 - ECRITURE D'UNE FONCTION "CHANTIER" : SEMIS D'ESCOURGEON

* La fonction **"chantier"** fait elle-même appel à deux fonctions : **"actuajour"** se borne à inscrire dans le journal des opérations, qui sera repris à l'édition des résultats, qu'on a travaillé le jour "j" sur les escourgeons et qu'on a exécuté une certaine surface. En revanche **"execut ()"** est plus complexe ; elle compare la surface qu'il est possible de réaliser dans le temps disponible à la surface qui reste à récolter ou semer selon le cas. Si la première est inférieure à la seconde, elle emploie toutes les heures à exécuter la tâche, dit qu'il ne reste aucune heure disponible et augmente la valeur de la surface réalisée. En cas inverse, elle calcule le nombre d'heures restant en fin de journée une fois la tâche exécutée, et augmente la valeur de la surface réalisée.

Toutes les fonctions "chantiers" ont les mêmes caractéristiques que celles concernant les semis d'escourgeon. Elles peuvent être cependant plus complexes :

. Quand les modalités ou les vitesses d'exécution varient selon la pluviométrie (on définit alors par exemple une surface de betteraves récoltable en bonnes conditions et une autre en mauvaises conditions).

. Quand il y a des interactions entre opérations sur précédents et suivants. Pour réaliser des semis de blé, le programme doit vérifier que les surfaces correspondantes ont été effectivement libérées (fonction **"précédent"**).

* *

*

Cette programmation modulaire, qu'on vient de présenter rapidement, fait l'économie d'un vaste organigramme difficile à modifier, en repoussant dans chaque fonction des règles de décision. Ecrit en langage "C", elle demande une centaine de K-octets de mémoire, et nécessite environ une minute pour simuler jour par jour le fonctionnement de l'entreprise pour une campagne d'automne. Cette souplesse d'utilisation est, nous l'avons souligné, une nécessité pour procéder aux ajustements progressifs nécessaires à l'élaboration définitive du modèle.

Le programme proposé simule au cours du temps l'évolution de l'organisation du travail sur une période donnée de l'année. Sa mise en oeuvre et son utilisation sont forcément spécifiques d'une exploitation. Sur un exemple nous allons montrer comment procéder et à quel type de questions il permet de répondre.

III - APPLICATION DU PROGRAMME DE SIMULATION AU CAS D'UNE EXPLOITATION DE GRANDE CULTURE DU NOYONNAIS (Oise)

A - PRINCIPE DE MISE EN OEUVRE

Insistons encore une fois sur le fait que l'application du programme à une exploitation particulière et donc la caractérisation des variables (règles de décision, vitesse de chantiers...) qui définiront son fonctionnement sont le résultat des confrontations entre deux types d'acteurs :

- **L'agriculteur** qui fournit les données du système à étudier et qui, explicitant ses décisions sous forme de règles, contribue à construire le pilote du simulateur.

- **Un ou plusieurs techniciens**, qui cherchent à comprendre comment l'agriculteur conduit son exploitation, l'amènent à expliciter ses règles de décisions, s'assurent de leur cohérence interne et ajustent pas à pas le modèle par comparaison du déroulement qu'elles permettent de prévoir à ce qui est effectivement réalisé.

Nous avons utilisé cette démarche pour analyser l'exploitation que nous allons maintenant présenter. Après avoir mis en place un enregistrement du travail au cours des automnes 1985 et 1986, nous avons construit avec l'agriculteur un modèle adapté à son exploitation. Les dates de début et de fin des différents chantiers, obtenues par enquêtes pour les années 1983 et 1984, ont été également utilisées.

B - PRESENTATION DE L'EXPLOITATION ET DE QUESTIONS A ETUDIER

L'exploitation prise comme exemple se trouve sur le Plateau d'ATTICHY, au sud de NOYON (Oise). C'est une exploitation de grande culture où Betteraves sucrières (BS) et Pommes de terre (PdT) tiennent une place importante. Les éléments caractérisant la structure de l'exploitation, les quantités et la nature des moyens disponibles apparaissent sur le Tab. 1. Le matériel utilisé à l'automne est classique.

ASSOLEMENT (1)		SUCCESSIONS (1)	TERRAINS	MAIN D'OEUVRE
Blé d'hiver	153 ha	B - BS - B - PdT sur 57 ha	Limons sains dominants	1 exploitant
Escourgeon	12 ha			4 salariés à temps plein
Pois Protéag.	12 ha	Pois-B-BS-B-Esc sur 12 ha		3 occasionnels pour la récolte de PdT à l'atelier de réception et stockage
PdT Consommation	46 ha	BS-B sur 15 ha		
PdT Fécule	11 ha			*(soit 64 ha/homme)*
BS (Pesée géométrique)	84 ha	Remarque: le blé est donc semé derrière Pois (12ha), PdT (57ha) et BS (84 ha)		
SAU	318 ha			

(1) B : Blé - BS : Betterave Sucrière - Esc : Escourgeon - PdT : Pomme de Terre

TABLEAU 1 - CARACTERISTIQUES DE L'EXPLOITATION AGRICOLE

	MATERIEL	DESCRIPTION DU CHANTIER (Traction, Outil, Chauffeur)	VITESSE DE REALISATION DU CHANTIER (1)
TRACTION	4 Tracteurs 4 RM (110 à 80 CV) 2 Tracteurs 2 RM (70 - 90 CV)		
RECOLTE DE POMME DE TERRE	Arracheuse Chargeuse 2 rangs	. *Arracheuse chargeuse :* *- 110 CV, 4 RM 1 H* + . *Remorque 14 t. :* *- 105 CV, 4 RM 1 H* + . *Remorque 18 t. :* *- 105 CV, 4 RM 1 H* + . *Remorque 14 t. :* *- 80 CV, 4 RM 1 H*	PdT Consommation : 3,5 ha/jour PdT Fécule : 3 ha/jour
RECOLTE DE B.S.	Arracheuse Effeuilleuse 6 rangs Chargeuse	. *Arracheuse effeuilleuse* *- 110 CV, 4 RM 1 H* + . *Chargeuse :* *- 80 CV, 4 RM 1 H* + . *Remorque 14 t. :* *- 80 CV, 4 RM 1 H* + . *Remorque 14 t. :* *- 105 CV, 4 RM 1 H*	En moyenne : 4,2 ha/jour (Maximum relevé : 6 ha/jour)
TRANSPORT	3 Remorques (14 t., 14 t., 18 t.)		
TRAVAIL DU SOL	1) Charrues : 4 socs, 3 socs 2) Stripel *	. *Charrue 3 socs :* *- 105 CV, 4 RM 1 H* . *Charrue 4 socs :* *- 105 CV, 4 RM 1 H* . *H. alt, RP, S. :* *- 110 CV, 4 RM 1 H* *OU* . *Stripel :* *- 105 CV, 4 RM 1 H*	1) 10 ha/jour 2) 15 ha/jour
SEMIS	Semoir combiné : . H. alt, RP, S 3 m . H. alt, RP, S 4m	. *H. alt, RP, S. :* *- 105 CV, 4 RM 1 H*	Maximum avec 2 semoirs : 17 ha/jour Performances les plus élevées et les plus homogènes : de 10 à 15 ha/jour (entre le 10 et le 20/10)

LEGENDE : *(1) Relevés automne 1985*

4 RM : 4 Roues Motrices ; H. alt, RP, S : Herse alternative, Rouleau packer, Semoir

1 H : 1 Chauffeur

* : *Stripel - Equivalent d'un chisel*

N.B. : *Le nombre d'heures de travail sur la parcelle est de 8, ce qui correspond à des journées complètes de travail de 9 heures au minimum.*

TABLEAU 2 - LISTE DU MATERIEL UTILISE - VITESSE DE REALISATION DES DIFFERENTS CHANTIERS

Les caractéristiques des outils et les vitesses de réalisation des différents chantiers sont résumés au Tab. 2. On constate que les chantiers de BS et PdT mobilisent 4 personnes sur la parcelle, le chef d'exploitation assurant un rôle de coordination et de surveillance. Les chantiers de semis de céréales nécessitent 2 ou 3 postes.

Les questions posées à l'origine peuvent être résumées de la manière suivante :

. Les niveaux d'équipement et de main d'oeuvre choisis permettent-ils d'atteindre, avec une fréquence acceptable pour l'agriculteur, ses objectifs de dates et de conditions de réalisation des opérations ?

. Peut-il augmenter la surface cultivée avec les mêmes niveaux de matériels et de main d'oeuvre et les mêmes objectifs quant à la **réalisation des opérations** ?

. A l'automne, quelles sont les périodes les plus fragiles, celles pour lesquelles des conditions climatiques défavorables entraînent une remise en cause importante dans le fonctionnement de l'exploitation ?

C - LA PERIODE D'AUTOMNE : CARACTERISTIQUES ET REGLES DE DECISION

L'analyse du fonctionnement de l'exploitation conduit à dégager les éléments qui structurent les pratiques mises en oeuvre à cette période de l'année :

* L'ASSOLEMENT

Les valeurs du Tab. 1 donnent les surfaces à récolter et à semer pendant cette période.

* LES MOYENS EN MAIN D'OEUVRE ET MATERIEL

Ils ne permettent pas de réaliser deux chantiers, récolte et semis, simultanément. On est dans un système dit "successif" dans lequel ces chantiers alternent nécessairement.

Signalons que, pour une exploitation à système "successif", la SAU est très élevée. Sur le plateau d'Attichy ou dans le Soissonnais, des exploitations de même taille et pratiquant le même type de cultures ont généralement un nombre de postes (hommes et tracteurs) suffisant pour réaliser simultanément deux chantiers différents : récolte de PdT ou de BS et semis de blé, le plus souvent. A ce titre, le cas choisi est un exemple intéressant pour étudier la limite de taille d'exploitation pour laquelle l'organisation du travail de type "chantiers successifs" est acceptable pour un niveau de risque donné.

* LE MODELE GENERAL D'ORGANISATION DU TRAVAIL A L'AUTOMNE

Ce modèle est un ensemble de règles de décision qui s'organisent autour des points suivants :

. **Des itinéraires techniques prévisionnels** (cas général et solutions de rechange) :

- Les semis d'escourgeon, qui succèdent à des blés, sont systématiquement réalisés après un labour.

- Les semis de blé, qui succèdent à des pois, des pommes de terre et des betteraves, sont de préférence réalisés au chisel ; on cherche ainsi à gagner du temps. Toutefois, en conditions humides, ou après une récolte effectuée dans des conditions dégradantes pour la structure du sol (ornières), les blés sont semés après un labour. Labour et semis sont réalisés en suivant. Un état structural défavorable, issu des conditions d'implantation du précédent, peut également amener à réaliser un labour.

. **Des dates clés que l'agriculteur se fixe comme objectif (cf. Tab. 3)**

DATE DEBUT OBJECTIF	CULTURE	CHANTIER	DATE FIN OBJECTIF
1/09 15/09	Pomme de Terre Consommation PdT Fécule	RECOLTE	Terminer la récolte de PdT Consommation et Fécule avant la 1ère Pesée Géométrique de BS (environ le 29/09)
25/09	Escourgeon	SEMIS	
10/10	Blé d'Hiver	SEMIS	Terminer les semis de Blé derrière Pois et PdT avant le 25/10

TABLEAU 3 - OBJECTIFS DE DATES DE REALISATION DES CHANTIERS

. **Des exigences sur les conditions d'intervention.**

Elles sont difficiles à expliciter et à caractériser dans l'absolu, mais peuvent être comparées. On a ainsi constaté que cet agriculteur intervient plus vite après une pluie pour semer du blé que d'autres ayant mêmes terrains, mêmes productions et même taille d'exploitation, mais qui disposent d'un niveau d'équipement permettant de mener simultanément plusieurs chantiers. Ces derniers ont, par rapport au climat, une plus grande marge de manoeuvre. On sait par ailleurs que l'agriculteur récolte les betteraves dans des conditions qu'il n'accepte pas pour les pommes de terre.

. **Des règles de priorités entre les différentes cultures.**

Les PdT de consommation sont prioritaires tant que toute la sole n'est pas récoltée. Les PdT fécule sont récoltées à la suite (mais pas avant le 15/09), même si leur maturité n'est pas totalement atteinte (1). Les pousser plus loin amènerait un report de travail à une époque où le blé va devenir prioritaire. Les semis de blé derrière pois et PdT sont réalisés les premiers. Sauf par rapport à la récolte de PdT si elle n'est pas terminée, ils sont prioritaires pendant une courte période sur la récolte de BS (10/10 au 25/10). On cherche à semer le maximum de blé précoce, au moins les blés derrière pois et PdT. Pour cela l'agriculteur accepte de prendre du retard pour une courte période sur ses récoltes de BS (surfaces pesées, mais non récoltées).

---

(1) Avec les variétés cultivées actuellement sur l'exploitation, la maturité considérée comme optimale se situerait vers la première semaine d'octobre.

Du jeu de ces différents éléments dans le contexte climatique très favorable de l'automne 1985 (1), découle le déroulement des travaux suivants :

. La récolte de PdT de consommation se déroule sans interruption les 2 premières semaines de septembre, celle de PdT fécule suit.

. La première pesée géométrique a lieu le 24/09. Les 2 premières pesées sont arrachées immédiatement et avant le semis d'escourgeon.

. Les semis de blé débutent le 10/10 et finissent le 21/11.

. Les blés derrière pois et PdT sont terminés le 21/10, les blés derrière BS quelques jours après la dernière pesée.

Le modèle général et les règles explicitées par l'agriculteur correspondent donc bien au déroulement de l'automne 1985. Les conditions climatiques très favorables lui ont permis de faire "ce qu'il a voulu, quand il a voulu".

Deux objectifs ressortent en priorité de son discours et de ses pratiques :

. "Sortir" rapidement et dans les meilleures conditions la récolte de PdT.
. Semer le maximum de blé à une date précoce.

D - DESCRIPTION DU MODELE DE SIMULATION

Trois grands types de données ont été introduits pour tenter de simuler le déroulement des interventions, à l'automne, de l'agriculteur considéré.

1) LES ELEMENTS CONCERNANT LE SYSTEME DE PRODUCTION

Assolement, main d'oeuvre et matériel déterminent le volume global de travail à réaliser (nombre d'hectares à récolter et à semer), et le temps minimum nécessaire qu'il faut affecter à chaque opération. Le Tab. 4 résume les données prises pour la vitesse de réalisation des chantiers. Les chiffres ont été établis à partir des relevés et d'une enquête auprès de l'agriculteur effectués à l'automne 1985.

		BONNES CONDITIONS	CONDITIONS MEDIOCRES
RECOLTE PdT	Consommation	3,5 ha/J x 50 t/ha = 170 t/J	2 ha/J x 50 t/ha = 100 t/ha
	Fécule	"	"
RECOLTE B.S.		5,5 ha/J	4 ha/J
SEMIS DE BLE		*Avec chisel*	*Avec charrue*
	Blé/Pois, PdT	15 ha/J	10 ha/J
	Blé/B.S.	12 ha/J	10 ha/J

TABLEAU 4 - VITESSE DE REALISATION DES CHANTIERS DANS LE MODELE

(1) Cf. Annexe 1.

PERIODE TYPE	*CHANTIER A REALISER PAR PRIORITE*	*REGLES DE PRIORITE*	*RETARD TOLERE SUR RECOLTE DE B.S.*	*CONDITIONS DETERMINANT NJ Trav./Semaine NH/Jour*
1 - Entre le début de la récolte de PdT Consommation et le début de la récolte de PdT Fécule	Récolte de PdT de Consommation	—	—	Tant que le Nbre de jours ouvrables jusqu'à la 1ère pesée géométrique > Nbre de jours nécessaires pour récolter la surface restante en PdT, PdT : 5 j/ semaine et 8 h/ jour. SINON : 6 j/ semaine et 10 h/ jour
2 - Entre le début de la récolte des PdT Fécule et la 1ère pesée géométrique	Récolte de PdT Consommation et PdT Fécule	Récolte de PdT Consommation toujours prioritaire sur celle de PdT Fécule	—	
3 - Entre la 1ère pesée géométrique et le 1er semis d'Escourgeon	Jour de pesée géométrique PdT Consommation et Fécule Arrachage BS	→ Obligatoire Durée : 1/2 jour PdT prioritaire sur BS, mais les règles de possibilité d'intervention/Climat plus souples pour la BS peuvent intervertir l'ordre	3 pesées géométriques, soit : 31,5 h	Si PdT Consommation ou Fécule NON TERMINEES : 6 j/semaine et 10 h/jour, SINON : 5 j/ semaine et 8 h/jour
4 - Entre le 1er semis d'Escourgeon et le 1er semis de Blé d'Hiver	Jour pesée géométrique PdT Consommation et Fécule Semis Escourgeon Arrachage BS	→ Obligatoire Durée : 1/2 jour PdT prioritaire sur semis d'Escourgeon Semis d'Escourgeon prioritaires sur BS	Idem	Idem
5 - A partir des premiers semis de Blé jusqu'à la 5ème pesée géométrique	Jour pesée géométrique PdT Consommation et Fécule Semis Escourgeon Semis Blé d'Hiver Arrachage BS	→ Obligatoire Durée : 1/2 jour PdT toujours prioritaires Semis d'Escourgeon et de Blé prioritaires sur récolte BS	Idem	Idem
6 - Juste après la la 5ème pesée géométrique	Jour pesée géométrique PdT Consommation et Fécule Semis Escourgeon Arrachage BS Semis Blé d'Hiver	Surfaces pesées non récoltées en BS deviennent prioritaires sur les semis de Blé d'Hiver	Aucun retard sur récolte de BS	Idem

TABLEAU 5 – CARACTERISATION DES DIFFERENTES PERIODES

2) LA CARACTERISATION DES DIFFERENTES PERIODES

Le but est ici d'organiser la succession des différents chantiers de façon chronologique et cohérente par rapport aux objectifs de l'agriculteur. On a donc découpé l'automne en une suite de périodes, caractérisées par des tâches à réaliser, bornées par des dates clés et répondant à des règles de conduite ou de priorité entre tâches, qui varieront selon le moment où l'on se trouve. Nous avons ainsi défini une succession de 6 périodes (Tab. 5) :

1) Début septembre - Première récolte de PdT fécule,
2) Première récolte des PdT fécule - Première pesée géométrique,
3) Première pesée géométrique - Premier semis d'escourgeon,
4) Premier semis d'escourgeon - Premier semis de blé,
5) et 6) Premier semis de blé et fin des travaux.

A l'intérieur de chaque période, les priorités entre les différentes cultures ont été définies. Par exemple pour la période 4, entre les premiers semis d'escourgeon et les premiers semis de blé, on arrive à l'organisation suivante :

- si c'est un jour de pesée géométrique : faire cette pesée,
- sinon récolte des PdT de consommation s'il en reste,
- sinon récolte des PdT fécule s'il en reste,
- sinon semer l'escourgeon s'il y en a encore à semer,
- sinon récolter les BS si la pesée géométrique a été faite et s'il en reste à récolter.

Ce schéma d'organisation peut se compliquer en faisant apparaître des priorités variables entre les cultures. Ainsi la période suivante où les blés sont semés voit des priorités entre semis de blé et récolte de BS arbitrées par le décalage que s'autorise l'agriculteur entre pesée géométrique et récolte effective des betteraves, le retard permis diminuant au cours du temps. On tolère au maximum 3 pesées de retard, soit 31,50 ha pesés et non récoltés, et ceci jusqu'au 28/10. Cela signifie que les semis de blé sont prioritaires sur les récoltes de BS entre le 10/10 et le 28/10 tant que le retard sur les surfaces pesées ne dépassera pas 31,50 ha.

Ceci doit permettre d'atteindre l'objectif de semer une surface importante de blé derrière pois et PdT avant le 25/10, tout en gardant une règle de sécurité sur le retard permis pour la récolte de BS. Cette règle se renverse à partir de la 6ème pesée, car les risques de sortir les BS dans de mauvaises conditions augmentent au cours du temps et les sucreries doivent être livrées. On ne peut plus accepter de retard sur les arrachages. A partir de cette date, les récoltes de BS deviennent prioritaires sur les semis de blé.

	PLUIE					RESULTAT
	P_{J-4}	P_{J-3}	P_{J-2}	P_{J-1}	P_J	
RÉCOLTE DE POMME DE TERRE		> 15				
				OU	>10	IMPOSSIBLE
		< 5				Bonnes conditions
		< 15 mais		> 5		Mauvaises conditions
RÉCOLTE DE BETTERAVE SUCRIÈRE		> 30				IMPOSSIBLE
		< 15				Bonnes conditions
		< 30 mais		> 15		Mauvaises conditions
SEMIS DE BLÉ /POIS - PDT		et		et		
	> 20		> 15		>10	IMPOSSIBLE
	Si		< 10			Chisel
	sinon					Charrue
SEMIS DE BLÉ /BS						
	>20		>10		>10	IMPOSSIBLE
	Si		< 5			Chisel
	sinon					Charrue

Exemple : Pour un semis de blé/Pois, ou /PdT : si Pluie du jour > 10mm, et si P de j-2 à j-1 > 15mm et si P de j-3 à j-4 > 20 mm : LE SEMIS EST ALORS IMPOSSIBLE. Si ces 3 conditions ne sont pas remplies simultanément, le semis est alors possible. Dans ce cas, si les pluies de la veille et de l'avant-veille (P_{j-1} à P_{j-2} < 10mm), on travaille avec le chisel, sinon, on travaille avec la charrue.

TABLEAU 6 – REGLES D'INTERVENTION EN FONCTION DU CLIMAT EN LIMONS SAINS

P_j, P_{j-1}, P_{j-2}... = Pluie du jour, de la veille... (en mm)

3) LES REGLES D'INTERVENTION DE L'AUTOMATE

A l'issue de cette phase, on dispose d'un découpage de l'automne en périodes caractérisées par des règles de choix des travaux à exécuter. Il est alors nécessaire de chercher à préciser les conditions et les vitesses d'exécution.

Les conditions de travail ont été d'abord fixées de façon assez qualitative par des discussions du type : en conditions normales, on travaille 8 heures par jour, mais en cas de retard, on travaillera 10 heures et même le samedi. Ainsi, pour correspondre aux exigences de rapidité de récolte formulées par l'agriculteur, le simulateur se donne la possibilité d'augmenter le temps de travail journalier si la récolte de PdT est en retard.

Pour juger s'il y a retard, il faut comparer :

- l'objectif qu'on veut atteindre : finir la récolte de PdT avant la première pesée géométrique,
- aux moyens dont on dispose : on récolte 2 ha/jour de 8 heures de travail.

Tant que la récolte de PdT n'est pas terminée, le simulateur regarde chaque jour :

- le nombre de jours ouvrables jusqu'à la première pesée géométrique,
- le nombre de jours de travail nécessaires pour récolter ce qui reste de PdT.

Si le nombre de jours ouvrables est supérieur au nombre de jours nécessaires pour terminer la récolte, on garde le rythme de travail normal, soit 8 heures/jour sur 5 jours/semaine. Sinon, on travaille 10 heures/jour sur 6 jours/semaine.

L'exécution proprement dite des travaux amène à définir les conditions climatiques nécessaires pour travailler, les vitesses d'exécution, voire les types d'opérations techniques à réaliser. On peut donner 2 exemples.

* **Le premier**, simple, est relatif à la **récolte des PdT de consommation.** Tout d'abord, il y a une exigence climatique : la récolte n'est possible que s'il ne pleut pas dans la journée et si l'état du sol l'autorise. Cette description qualitative et peu précise doit pourtant être transformée en une formule plus opératoire, utilisable par le simulateur qui ne dispose que de la **pluviométrie journalière** pour prendre la décision d'intervenir ou d'affecter telle condition d'intervention. On a ainsi été amené à définir un certain nombre de règles d'interventions par rapport au climat à l'aide du référentiel que l'agriculteur a pu nous transmettre, des relevés effectués, et des connaissances agronomiques (Tab. 6).

Ainsi, pour la récolte de PdT, la décision d'intervenir est prise en regardant le cumul des pluies sur les 3 derniers jours (somme des pluies inférieure à 15 mm), et les conditions de la journée (pluie de la journée inférieure à 10 mm). Par ailleurs, la vitesse d'exécution est aussi fonction de l'état du sol. Elle a été schématisée ainsi : si le cumul des pluies sur les 3 derniers jours est inférieur à 5 mm, la récolte se fait dans de bonnes conditions et la vitesse est de 170 t/journée de 8 heures, sinon la récolte se fait dans de mauvaises conditions et la vitesse tombe à 100 t/j.

* **Le second exemple est un peu plus complexe** : non seulement le climat conditionne la possibilité d'effectuer un travail et sa vitesse de réalisation, mais aussi détermine le choix de la variante d'exécution. Ainsi pour la préparation des terres à blé en fonction des conditions climatiques, les travaux du sol comportent un passage de charrue ou de chisel. Bien sûr la vitesse d'exécution dépend des conditions climatiques rencontrées le jour de l'exécution. On a ainsi considéré que si la pluie tombée à "j-1" + "j-2" est inférieure à 10 mm, le travail du sol est fait avec le chisel (donc à une vitesse de 15 ha/j) ; si elle est supérieure à 10 mm, on effectue un labour (soit 10 ha/j).

Une fois tous ces éléments définis, le programme de simulation peut affecter à chaque journée (du 1er septembre à la fin novembre) une ou plusieurs activités (l'unité de temps est l'heure) et calculer un nombre d'hectares récoltés et(ou) semés. Chaque année climatique créant des conditions d'intervention au jour le jour différentes, le déroulement et l'enchaînement des périodes seront également différents.

D - CONFRONTATION DES SORTIES DU SIMULATEUR

AU DEROULEMENT REEL DU CALENDRIER SUR PLUSIEURS CAMPAGNES

Comme on cherche dans cette partie du travail à vérifier si le modèle reproduit les mêmes dates d'interventions que l'agriculteur, on doit imposer au modèle les mêmes dates de début de campagne que celles de l'agriculteur, à savoir respectivement pour 1985, 1984 et 1983, les 2/09, 6/09 et 6/09.

Une sortie synthétique du modèle de simulation reconstitue pour chaque année :

. le déroulement chronologique des différentes interventions, regroupées par culture (Annexe 2.1) ;

. le diagramme des pluies (Annexe 2.2) ;

. les courbes cumulées des hectares récoltés et semés en fonction du temps (Annexe 2.3).

Nous pouvons donc, à partir de ces documents, caractériser :

. les dates de début et fin des différents chantiers,

. l'avancement des travaux appréciés par l'évolution des surfaces récoltées et semées.

Si l'on confronte les résultats du modèle avec ce qui s'est réellement déroulé en 1985 dans l'exploitation, on constate :

. **Une grande similitude de dates de début et de fin** (Tab. 7) ; seul l'ordre chronologique Semis blé/PdT - Semis blé/BS, strict dans le modèle, n'a pas été respecté en 1985 (mais pour une raison "extérieure" au problème étudié: un aménagement foncier à réaliser).

EN 1985		MODELE	EXPLOITATION
Récolte PdT	Début	2/09	2/09
	Fin	25/09	21/09
Récolte BS	Début	26/09	25/09
	Fin	19/11	18/11
Début de semis Blé/Pois, PdT		10/10	10/10
Fin de semis Blé/PdT		17/10	21/10
Semis de B/BS	Début	17/10	(9/10) 18/10
	Fin	20/11	21/11

TABLEAU 7 - COMPARAISON DU DEROULEMENT DES CHANTIERS 1985 REALISES ET SIMULES

. **Une dynamique de semis très semblable** (Fig. 1) :

- Un fort accroissement des surfaces semées en blé entre le 10 et le 20/10. L'avancement des semis de blés de Pois et de PdT dans la simulation reproduit correctement celui de l'exploitation. La priorité sur la récolte de BS apparaît bien dans les deux cas (période d'attente sur les surfaces de BS à arracher). Lorsque ces semis prioritaires sont achevés, on a une alternance Récolte de BS et Semis de blé de BS. La légère avance du simulateur (10 ha, soit 6% de la sole) le 25/10 se maintient, mais ne représente qu'une journée de travail supplémentaire (le 21/11) pour l'exploitant, le simulateur finissant, lui, un jour plus tôt.

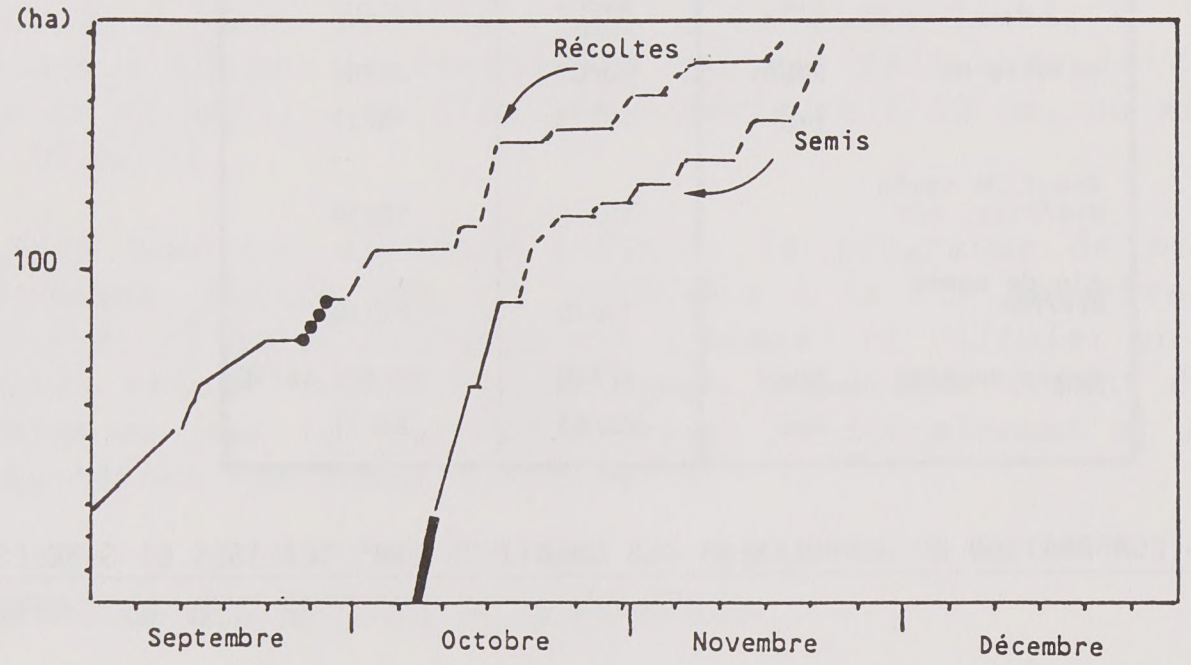
- **Des nombres de jours de semis nécessaires supérieurs pour le modèle, mais répartis de façon analogue à ceux de l'exploitation** (Tab. 8).

Le modèle apparaît donc satisfaisant pour une année comme 1985, où les contraintes climatiques ont été faibles. La simulation obtenue est conforme au modèle général d'organisation du travail que l'exploitant a comme objectif d'atteindre le plus souvent possible.

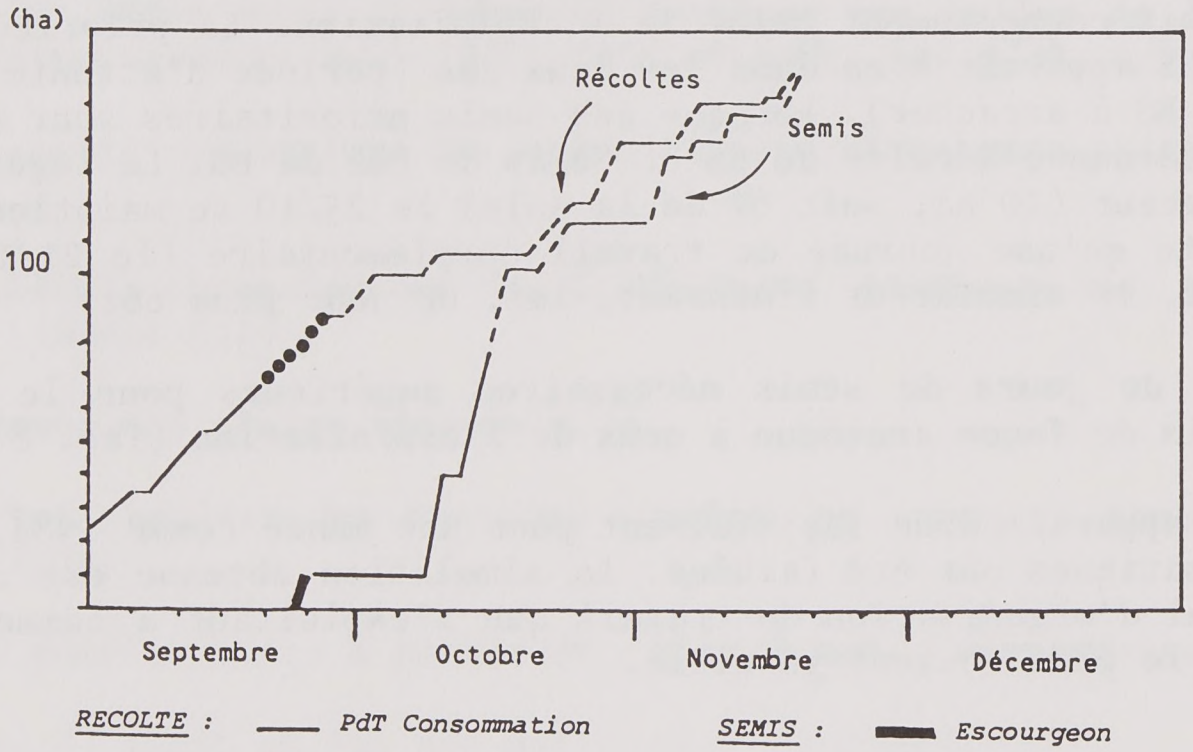
	EXPLOITATION		MODELE	
NOMBRE DE JOURS DE SEMIS	16		19	
dont semis de B / Pois, B/PdT avant le 25/10	6/6	100%	6,5/6,5	100%
dont semis de B /B.S. semés avant le 25/10	3/10	30%	4,5/12,5	36%
entre 25/10 et 10/11	3/10	30%	4	32%
après le 10/11	4/10	40%	4	32%

TABLEAU 8 - COMPARAISON DU DEROULEMENT DES SEMIS DE BLE 1985 REALISES ET SIMULES

I - Déroulement effectif de la campagne dans l'exploitation agricole



II - Déroulement donné par le simulateur



RECOLTE : —— *PdT Consommation*
●●● *PdT Fécule*
--- *BS*

SEMIS : ▬▬ *Escourgeon*
—— *Blé*
--- *Blé/BS*

FIGURE 1 - COURBES CUMULEES DES HECTARES RECOLTES ET SEMES (1985)

Il nous faut maintenant regarder comment la simulation se comporte dans des conditions climatiques différentes de 1985 :

* **En ce qui concerne la récolte de PdT**, culture la plus sensible aux conditions climatiques, on relève les dates suivantes sur 3 années caractérisées par un climat de septembre très différent (Annexe 1) et où les surfaces en PdT de l'exploitant étaient comparables à celles prises dans le modèle (Tab. 9).

ANNEE		MODELE	EXPLOITATION
85	Début	2/09	2/09
	Fin	25/09	25/09
84	Début	6/09	6/09
	Fin	16/10	16/10
83	Début	6/09	6/09
	Fin	30/09	1/10

TABLEAU 9 - COMPARAISON SUR 3 ANNEES DU DEROULEMENT DES RECOLTES DE POMME DE TERRE REALISEES ET SIMULEES

Les écarts sont très faibles à nuls. Le modèle rend donc bien compte de la réalisation du chantier PdT sous différentes conditions climatiques.

* **Considérons aussi les dates de semis de blé en 1984**, année plus humide : on voit que malgré le retard pris sur la PdT, les blés de pois et PdT sont semés pendant le mois d'octobre. Dans la simulation, comme pour l'exploitation, il n'y a pas de retard sur les derniers blés de BS (Tab. 10).

		MODELE	EXPLOITATION
Blé/Pois	Début	16/10	18/10
	Fin	24/10	29/10
B/BS	Début	24/10	2/11
	Fin	22/11	18/11

TABLEAU 10 - COMPARAISON DU DEROULEMENT DES SEMIS DE BLE 1984 REALISES ET SIMULES

Il est vraisemblable que des ajustements plus poussés sur les règles de décision et les vitesses de chantiers en fonction des états du milieu permettraient une adéquation plus fidèle encore du modèle à la réalité. Mais compte tenu des objectifs fixés, il nous paraît suffisant pour être utilisé en tant que tel. Il va nous permettre d'examiner dans quelle mesure les moyens mis en oeuvre et les règles fixées permettent de répondre aux objectifs de date de réalisation des semis, au regard de la variabilité climatique interannuelle.

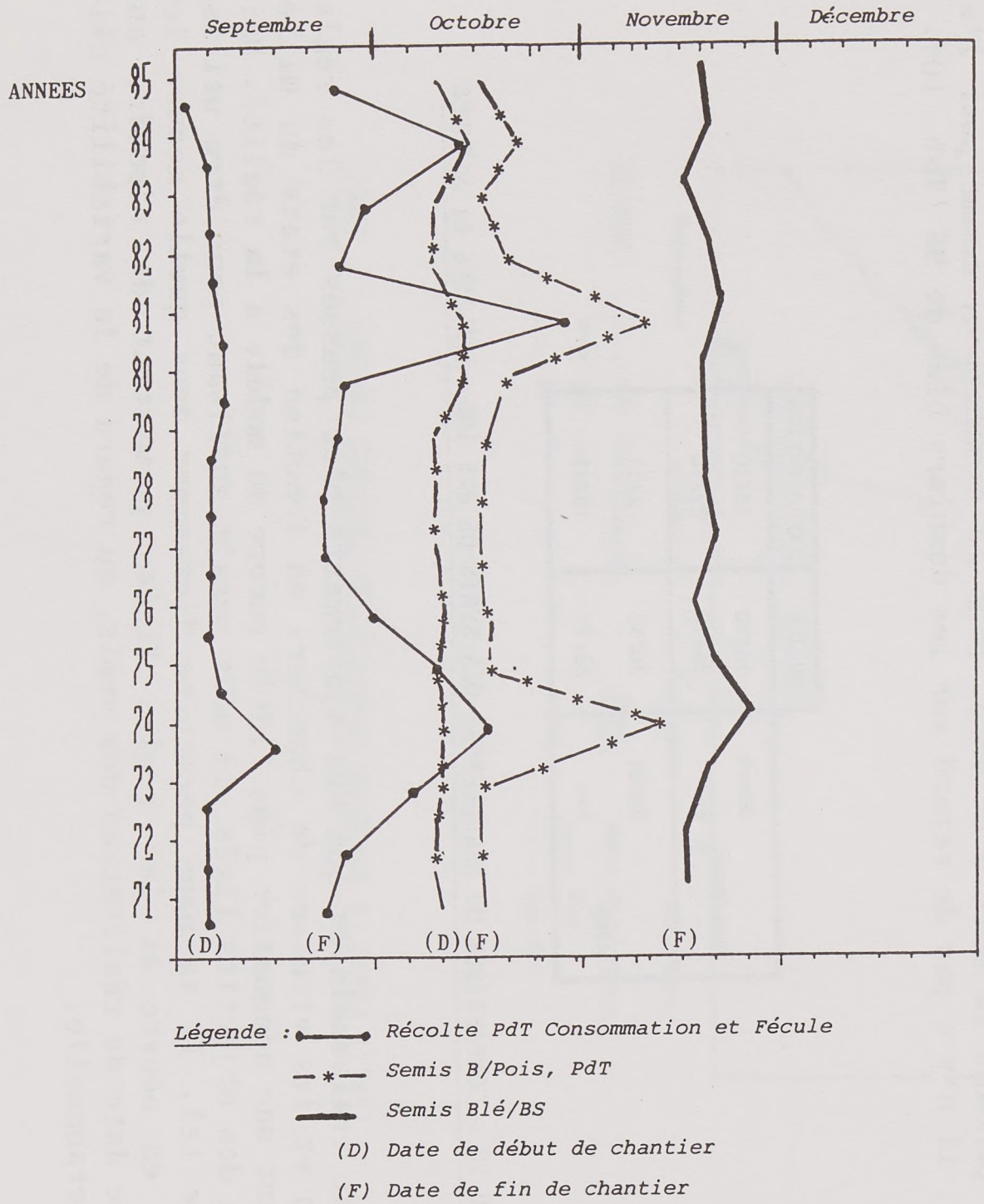


FIGURE 2 - DATES DE DEBUT & DE FIN DES PRINCIPAUX CHANTIERS

(Assolement TO)

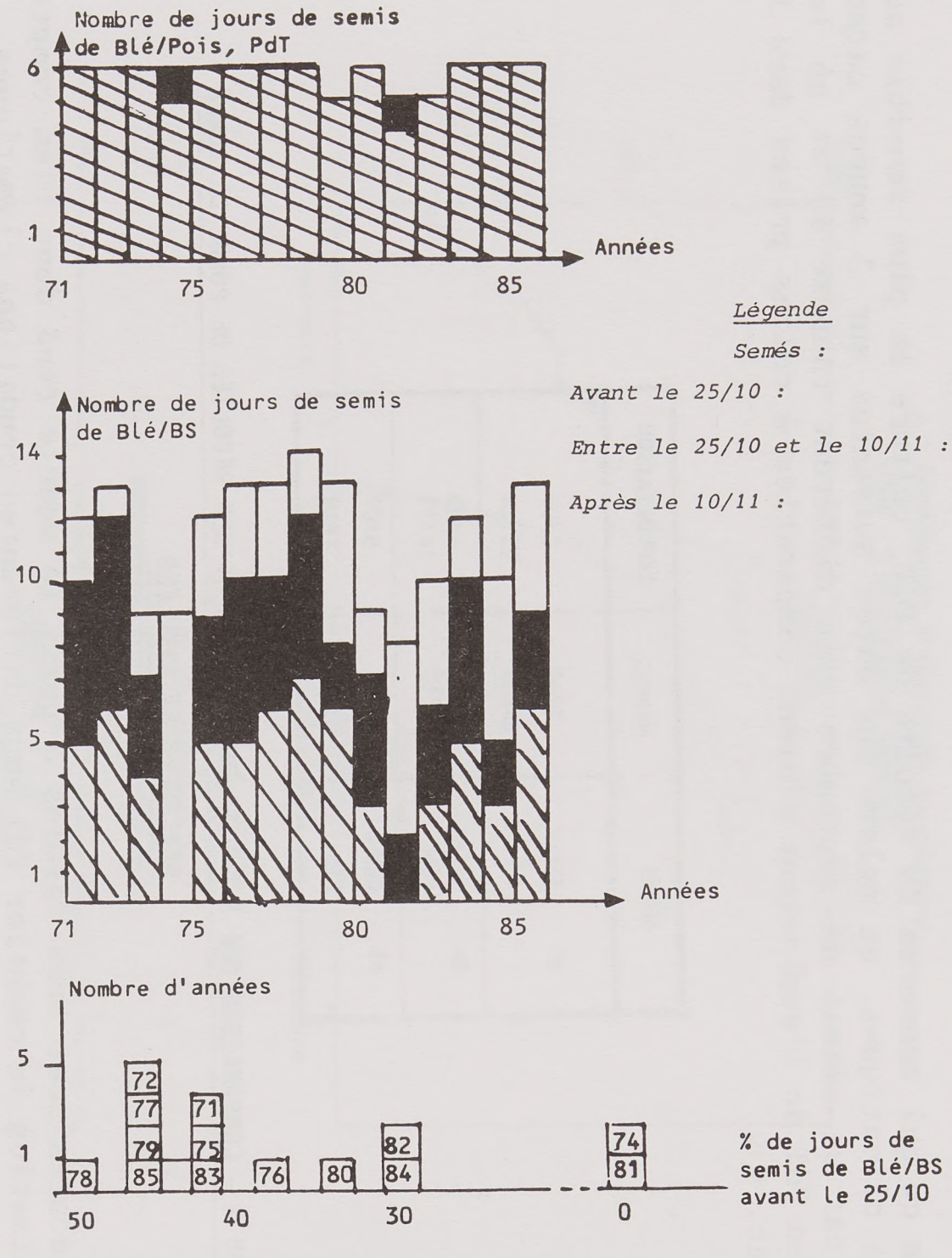


FIGURE 3 - REPARTITION DES JOURS DE SEMIS SUR 15 ANS

(Assolement TO)

F - SENSIBILITE DU SYSTEME AUX ALEAS CLIMATIQUES ;

DISCUSSION DES NIVEAUX DE MAIN D'OEUVRE ET D'EQUIPEMENT

Nous allons maintenant utiliser le modèle de simulation sur un grand nombre d'années climatiques. Rappelons que nous faisons l'hypothèse que tel qu'il a été mis au point sur quelques années d'enregistrement des pratiques, le modèle prend correctement en compte les lois d'évolution d'état hydrique du sol qui constitue le système d'information du pilote du simulateur. C'est évidemment là un point discutable, justiciable à l'avenir de perfectionnement.

S'agissant ici de tester la sensibilité d'une organisation donnée des chantiers d'automne face à la variabilité climatique, notons qu'il est parfaitement justifié de partir d'un même état du système en début de période. On gomme ainsi volontairement tout arrière-effet du climat des saisons antérieures comme, par exemple, un retard dans les moissons à cause de fortes pluies en août ou un retard de maturité des PdT de consommation par suite d'un printemps tardif. On a décidé de commencer la première période le 6/09, date qui s'est avérée la plus fréquemment retenue.

Ainsi, nous avons admis que tous les ans les déchaumages ont été faits à cette date et que les PdT de consommation, ayant été défanées à partir de mi-août, sont récoltables au moins pour les premières traitées.

1) COMPORTEMENT DU SYSTEME SOUS DIFFERENTES CONDITIONS CLIMATIQUES

Si l'on fait tourner le simulateur sur une quinzaine d'années climatiques différentes (1971 à 1985), on constate (Fig. 2) :

- **Une grande stabilité de dates de début et de fin pour 13 années sur 15.** La date de fin de récolte de PdT apparaît la plus variable. Les semis de blé de pois et de blé de PdT commencent toujours le 10/10 et finissent avant le 25/10.

  Trois années se démarquent fortement quant aux dates de début et de fin pour les chantiers de PdT et les semis de blé de pois et de PdT : 1974, 81 et 84, qui se caractérisent par une pluviométrie (Annexe 1) forte et continue en septembre et octobre et cumulent donc un retard pris sur les récoltes de PdT et les premiers semis de blé. Fin octobre et novembre permettant de rattraper ce retard, la date de fin des semis de blé est peu différente des autres années.

- **Des semis précoces (avant le 25/10) en proportion importante.** Hormis une journée en 1981 et 1974, tous les semis de blé de pois et de PdT se déroulent entre le 10/10 et le 25/10 (Histogramme 1, Fig. 3), et une partie plus variable des blés de BS peut également être réalisée avant le 25/10. Pour 9 années sur 15, 40% des semis de blé de BS sont réalisés avant le 25/10. Là encore 2 années se détachent (1974 et 1981) où l'on n'effectue aucun semis de blé de BS avant le 10/11 (Histogrammes 2 et 3, Fig. 3).

- **Un enchaînement Semis-Récolte** très semblable à celui observé en 1985, pour 11 années sur 15 (Annexe 3) : la courbe des cumuls de surface semée se caractérise par une forte pente entre le 10/10 et le 25/10 et rattrape la courbe des surfaces récoltées cumulées à partir du 1/11.

Ainsi, sur 15 ans, le modèle apparaît peu sensible aux conditions climatiques. Les variations de dates sont faibles. La récolte de PdT, chantier le plus sensible à la pluie, ne prend réellement de retard que 3 années sur 15, et quel que soit ce retard, il ne se répercute pas (ou peu) sur les semis de blé de pois et de PdT. L'objectif de semer une surface importante de blé avant le 25/10, au minimum les blés de pois et de PdT, est donc atteint sur toutes les années étudiées.

Il faut cependant noter que la marge de manoeuvre est assez faible. Si l'on regarde le nombre de jours laissés libres, on constate que :

. la possibilité de travailler le samedi pour la récolte de PdT est toujours utilisée (Tab. 11) ;

Nombre de samedis où l'on travaille en septembre	ANNEES	Σ	
0			
1	85-82-80-77-71	5	33 %
2	78-76-72-75-74** 79-83-84*-81*	9	60 %
3	73	1	7 %
4			

TABLEAU 11 - NOMBRE DE SAMEDIS (sur 15 ans) OU L'ON A TRAVAILLE EN SEPTEMBRE

(*) Un samedi du mois a été en plus classé IMPOSSIBLE
(**) Les 2 autres samedis ont été classés IMPOSSIBLES en raison de la pluie

. le nombre de jours libres (autres que samedi, dimanche et fériés), disponibles en octobre pour faire face à une panne ou réaliser d'autres chantiers résultant de retards antérieurs est faible (Tab. 12).

NOMBRE DE JOURS LIBRES DANS LE MODELE EN OCTOBRE (1)	ANNEES	Σ	
0 (< 1/2 journée)	84-83-82-81-75-74 80-73-72	9	60 %
1		0	
2	79-78-77-76-71-85	6	40 %

TABLEAU 12 - NOMBRE DE JOURS DISPONIBLES AUTRES QUE LE SAMEDI EN OCTOBRE (sur 15 ans)

(1) Hors samedis et dimanches

On a donc un système qui "passe", mais qui paraît proche de la **saturation.** Hommes et matériel sont utilisés à plein temps. Cette constatation effectuée, il apparaît intéressant de tester une modification du système afin d'en cerner réellement les limites. "Puis-je augmenter ma surface exploitée avec les mêmes matériels et personnels ?" nous a demandé l'agriculteur. L'exploitation étudiée représente-t-elle la plus grande SAU pouvant être conduite avec chantiers d'automne successifs pour l'assolement considéré, ainsi que nous le suggèrent nos enquêtes sur les systèmes de grande culture ? Le modèle peut nous permettre de répondre à ces questions.

2) CONSEQUENCES D'UNE AUGMENTATION DE SURFACE A EXPLOITER SUR LE DEROULEMENT DE LA PERIODE D'AUTOMNE

Nous avons testé une augmentation de la SAU (+ 18%) avec l'assolement suivant qui garde les cultures dans la même proportion :

BH	: 172 ha	SAU : 374 ha (soit 75 ha/homme)
Esc	: 30 ha	
Pois	: 20 ha	
PdT	: 61 ha	
BS	: 91 ha	

Cet assolement (**T1**) correspond à une augmentation :

. des surfaces à récolter en PdT et BS (+ 4 ha et + 7 ha respectivement) ;
. des surfaces à semer en blé de pois et PdT (+ 12 ha) et en blé de BS (+ 7 ha).

Selon les conditions climatiques il peut représenter, par rapport à l'assolement initial (T0), les quantités de travail supplémentaires suivantes :

. 2 jours de récolte de PdT,
. moins de 2 jours de récolte de BS,
. 1 jour et demi de semis de blé de pois,
. moins d'1 jour de semis de blé de BS.

Le volume de travail supplémentaire apparaît ainsi globalement faible. Si l'on regarde le résultat de la simulation sur les 15 années, on remarque (Fig. 4) :

. **Peu de différence pour les dates de fin de la récolte de PdT.** Comme pour l'assolement initial, 3 années se démarquent (1974, 81 et 84) ; les dates sont légèrement plus tardives pour T1, mais sans conséquences sur le début de semis de blé, pois et PdT.

. **Pour les semis de blé derrière pois et PdT, les objectifs de dates sont plus difficiles à atteindre :** ils se terminent avant le 25/10, 12 années sur 15 au lieu de 13 (en 1984), et le nombre de jours de semis postérieurs au 25/10 est nettement plus élevé en T1 (Histogramme 1, Fig. 5). Le pourcentage de surface semée avant le 25/10 est très faible (10 à 30% de la sole) pour les 3 années. Pour 3 autres années (1984, 83 et 75), seuls les blés de pois, PdT peuvent être semés avant le 25/10 (Fig. 6-a).

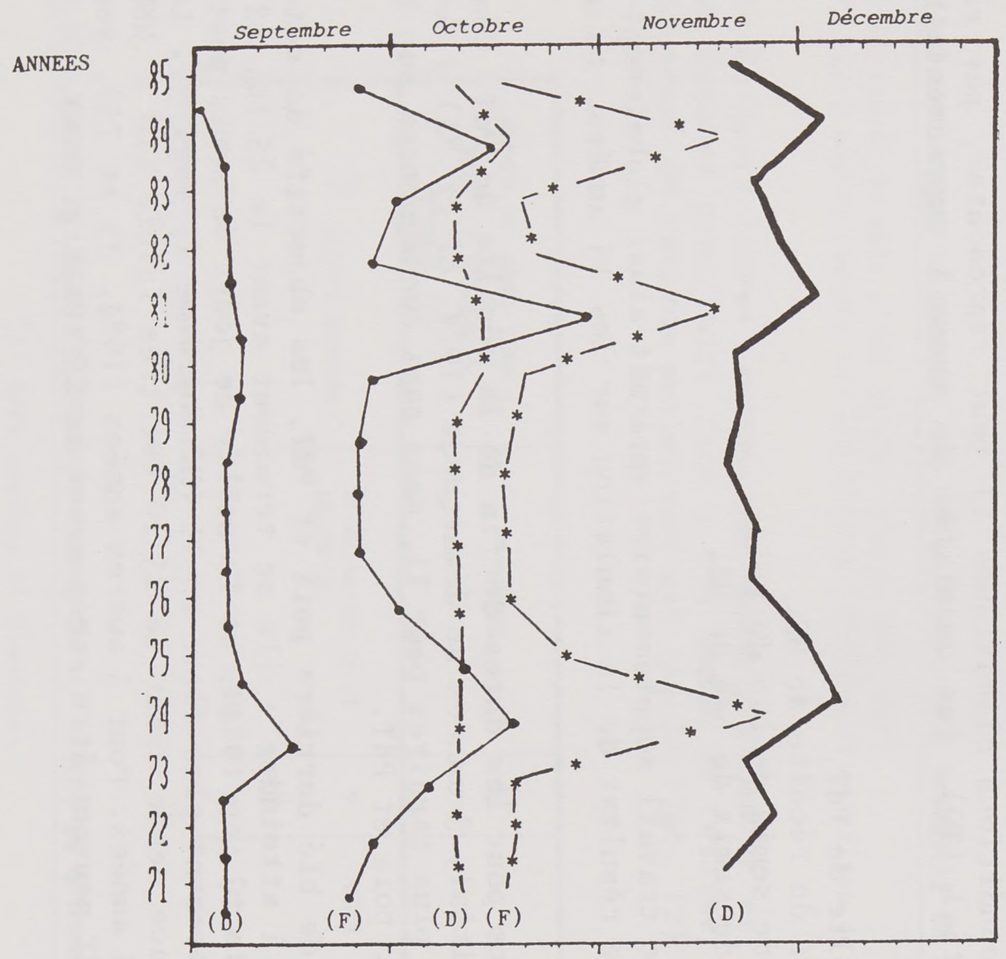
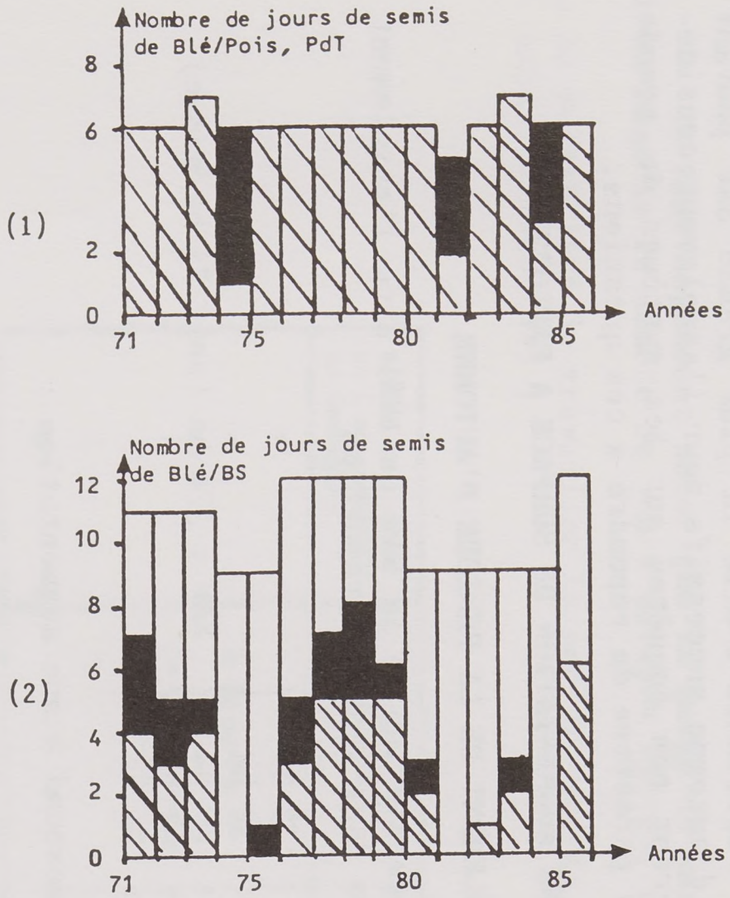


FIGURE 4 - DATES DE DEBUT & DE FIN DES PRINCIPAUX CHANTIERS

(Assolement T1)(Légende : cf. Fig. 2)



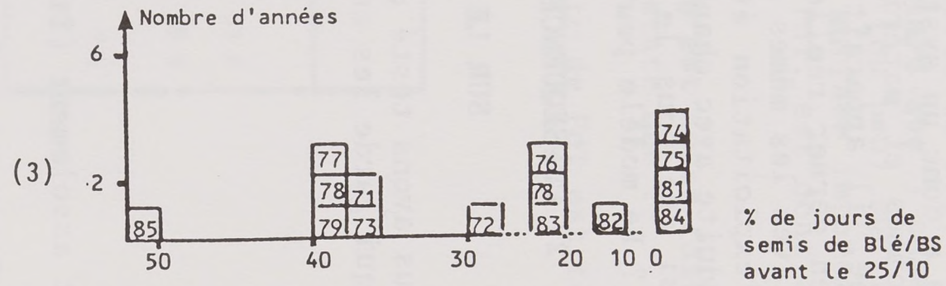


FIGURE 5 - REPARTITION DES JOURS DE SEMIS SUR 15 ANS

(Assolement T1)(Légende : cf. Fig. 3)

. **Cette difficulté à semer un pourcentage élevé de la sole de blé tôt s'accroît considérablement pour les blés de BS.** En effet, la règle de priorité (maintenue en T1) des semis de blés de pois et PdT entre le 10 et le 25/10 sur la récolte de BS permet aux premiers d'être réalisés au moment voulu, quand l'année est favorable. Mais de toute façon, le retard accumulé de ce fait sur la récolte de BS fait que celle-ci devient prioritaire, avec une surface importante en retard (environ 12 ha/pesée), et ce jusqu'à ce que ce retard soit rattrapé. **L'alternance Récolte de BS/Semis de blé, possible en T0 avec 7 ha de BS en moins, devient ici impossible. Avec l'assolement T1, une grande partie des semis de blé sont donc reportés après le 10/11.** Les courbes cumulées des récoltes et des semis présentent toujours un décalage même une année très favorable (Annexe 4). Le nombre de jours de semis de blé de BS entre le 25/10 et le 10/11 est très faible (Histogramme 2, Fig. 5). Le pourcentage de la sole de blé semé au 10/11 est toujours inférieur à 70% (Fig. 6-b).

FIGURE 6 - POURCENTAGE DE LA SOLE DE BLE :

SEMEE LE 25/10 (a) ; SEMEE LE 10/11 (b)

G - CONCLUSION SUR L'EXPLOITATION ETUDIEE

La simulation présentée ici nous permet d'analyser et de juger l'adaptation du niveau de main d'oeuvre et de matériel de l'exploitation. Ainsi avons-nous mis en évidence que le système actuellement en place peut répondre aux objectifs de l'agriculteur, sous des conditions climatiques différentes. Mais il dispose d'une marge de manoeuvre réduite : les samedis de septembre sont très utilisés et il ne reste pratiquement aucun jour disponible en octobre. Une panne importante ou l'absence prolongée d'un homme peut remettre en cause tout le système une année donnée.

Le fonctionnement du système en place une fois caractérisé, il fallait aller plus loin et mieux définir comment les points de blocage pouvaient apparaître en cas de modification d'un des éléments du système. Une simulation réalisée sur une SAU plus élevée nous a permis de faire rapidement apparaître les limites du système actuel : si une légère augmentation de PdT (+ 4 ha) semble possible, on constate que toute augmentation en BS et blé ne peut être envisagée sans modification des moyens disponibles ou des objectifs que l'agriculteur se fixe. **En raison de l'impossibilité de réaliser simultanément récolte de betterave et semis de blé, le système étudié est particulièrement sensible aux conditions climatiques de fin octobre-début novembre.**

Une première question se pose : les règles que l'agriculteur se donne ne sont-elles pas trop contraignantes ? Elles sont le produit de son mode de représentation des compromis qu'il a à faire. Mais celui-ci ne peut-il pas être remis en cause ? En l'occurrence n'a-t-il pas des exigences exagérées de dates de semis des blés ? Ainsi que nous l'avons explicité au § I-3, il n'était pas dans notre projet de répondre à cette question dans ce travail de recherche, mais soulignons qu'il en a fait ressortir l'importance et qu'elle est à l'étude dans l'Unité SAD de PARIS-GRIGNON (J.M. MEYNARD, travaux en cours).

En admettant que les objectifs de dates que se fixe l'agriculteur soient justifiés, du point de vue de l'organisation du travail, une extension des surfaces suppose : **soit de mener de front plusieurs chantiers** en augmentant le nombre de postes et de tracteurs de grosse puissance ou en réduisant le nombre de postes par recours à l'entreprise ; **soit d'augmenter la vitesse de réalisation des chantiers** qui forment le goulot d'étranglement (achat d'une automotrice).

Mais on peut aussi envisager une modification des objectifs et des règles de décision, en assouplissant, par exemple, les exigences sur les dates de semis, ou en limitant les semis de blé derrière BS.

L'application que nous avons présentée du modèle de simulation à un exemple concret révèle l'intérêt cognitif qu'il représente. En faisant fonctionner un système dans des conditions où on n'a pas l'occasion de l'observer, on augmente la connaissance qu'on peut en avoir sous réserve des hypothèses formulées plus haut. L'agriculteur, aidé des techniciens, peut ainsi se forger une expérience, alors qu'il ne peut pas attendre un grand nombre d'années pour le faire. Ce sont de nouvelles perspectives qui s'ouvrent ainsi et rejoignent les travaux en cours au Laboratoire ESR de GRIGNON (J.M. ATTONATY) sur l'utilisation des systèmes experts pour la gestion des exploitations agricoles.

CONCLUSION GENERALE

La confrontation des recherches actuelles sur le fonctionnement des exploitations d'une part, sur les méthodes de simulation d'autre part, nous paraît être un enjeu important dans le domaine de la gestion de l'exploitation agricole :

. Les analyses de "fonctionnement" doivent, en effet, déboucher sur la modélisation, les simulations à des fins de prévision ou pour "reconstruire des systèmes sur lesquels on ne sait pas expérimenter" (SEBILLOTTE, 1985).

. A l'inverse, il est important que les programmes de simulation sur des thèmes semblables à celui que nous venons d'étudier, s'appuient sur les mécanismes réels de gestion mis en oeuvre dans les exploitations. D'où l'intérêt d'une analyse préalable des "pratiques" des agriculteurs et du fonctionnement des unités de production.

Quelques tentatives ont été déjà faites dans ce sens (outre ATTONATY et al., 1980, DURU & CHARPENTEAU, 1981).

Pour ce qui concerne la question de la mécanisation et de l'organisation du travail en grande culture, cette confrontation a permis l'élaboration d'un outil qu'on peut utiliser dans trois perspectives.

1) C'est un outil d'analyse. Un fait essentiel, nous l'avons souligné, est que la construction du modèle et particulièrement la formulation de règles de décision ne peuvent se faire que par des allers et retours entre les résultats qui sortent du simulateur et l'étude des pratiques et du fonctionnement de l'exploitation. De l'analyse des écarts entre les deux approches naissent de nouvelles questions à l'origine d'une meilleure appréhension de la réalité.

2) C'est un outil de gestion, qui ne repose pas sur un comportement du décideur défini a priori, mais dont la construction se fait, au contraire, autour des règles de décision établies à partir de l'étude de l'exploitation. Il permet alors de raisonner les diverses voies d'évolution possibles sur la base des éléments suivants :

. Le niveau des facteurs de production.

. Les modalités de conduite des cultures et les règles de décision de l'agriculteur.

. Les risques de non-réalisation des objectifs poursuivis du fait des contraintes climatiques.

. Les possibilités de rattrapage, les années où le système "ne passe pas".

Il n'était pas de notre propos de développer ici un calcul économique ou financier. Mais celui-ci devrait s'organiser autour de ces quatre points, permettant ainsi de relier la discussion sur les coûts de mécanisation avec, d'une part une analyse des processus techniques, d'autre part une appréciation du risque et de la sensibilité du système aux aléas climatiques.

Rappelons, une fois encore, qu'un tel modèle de simulation suppose la mise au point de lois d'évolution du champ cultivé. Par ailleurs, les résultats auxquels il permet d'aboutir posent la question de la pertinence des objectifs techniques des agriculteurs et de la mise au point d'itinéraires techniques de rechange. C'est en définitive un outil pour préciser quelles sont les références techniques les plus nécessaires à la gestion de l'exploitation.

L'approche proposée ici veut être finalement une **contribution à un renouvellement des méthodes de gestion qui nous paraît s'imposer aujourd'hui :** aux démarches classiques qui tentent de définir un "optimum" par la seule prise en compte du niveau des facteurs, on essaie ainsi de substituer une approche qui permette de raisonner ensemble le niveau de ces facteurs, les processus de production et la maîtrise qu'en a l'agriculteur.

3) **C'est aussi un outil d'"aide à la prévision".** La mise en évidence d'effets de seuil, de points de blocage, de limitations dans les modifications de tel ou tel élément, peut permettre, en complément d'une analyse des stratégies des agriculteurs de cerner le champ des évolutions possibles et les principales contraintes à lever. C'est l'objet de recherches en cours dans divers systèmes de production de grande culture du Nord du Bassin Parisien.

Reçu : mars 1987
Accepté : mai 1987

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Laurent HEMIDY et Jean-Christophe POUSSIN pour leur contribution à l'élaboration du modèle, ainsi que Marianne CERF, Pierre JULLIAN, Pierre-Louis OSTY et Gilles THEVENET pour les remarques apportées au premier manuscrit. Mais ils veulent tout particulièrement témoigner leur reconnaissance à Jules THIRY pour sa participation patiente à la mise au point de "l'automate"!

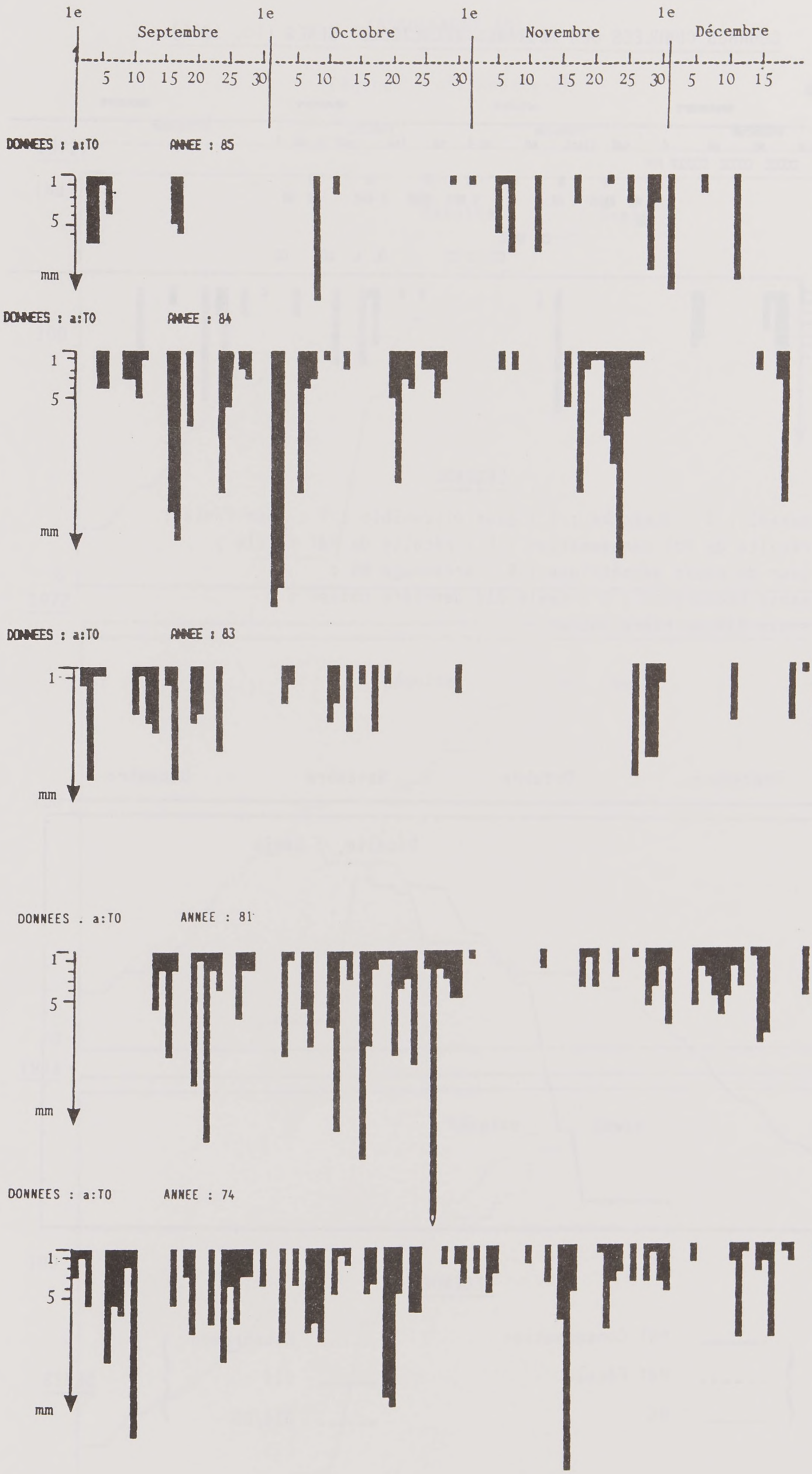
AVIS AUX LECTEURS

La série Etudes et Recherches a pour ambition de publier des articles originaux. Or il se trouve que le travail présenté ici a déjà fait l'objet d'une publication dans la revue Perspectives Agricoles. Les auteurs précisent que l'article prématurément publié à la suite d'un malentendu n'était que la version provisoire et partielle de la présente publication.

*

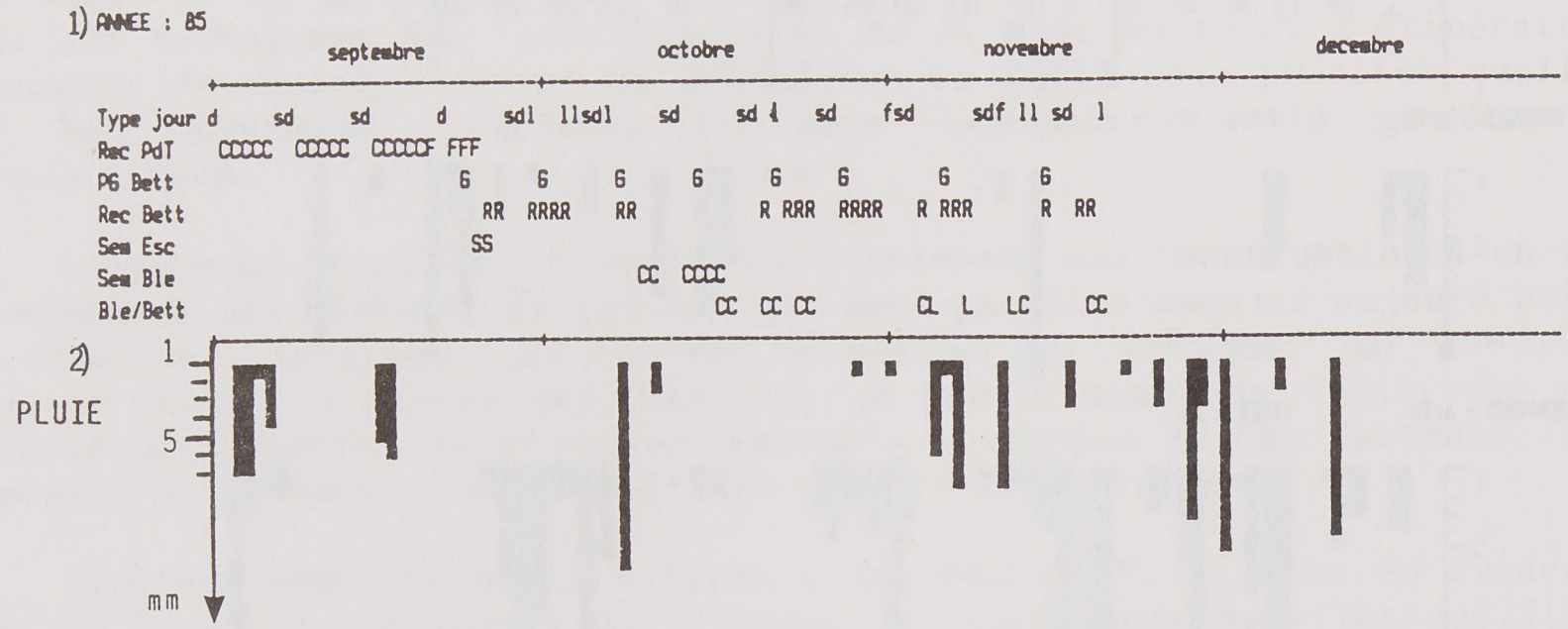
* *

ANNEXE I - PLUVIOMETRIE JOURNALIERE (mm)



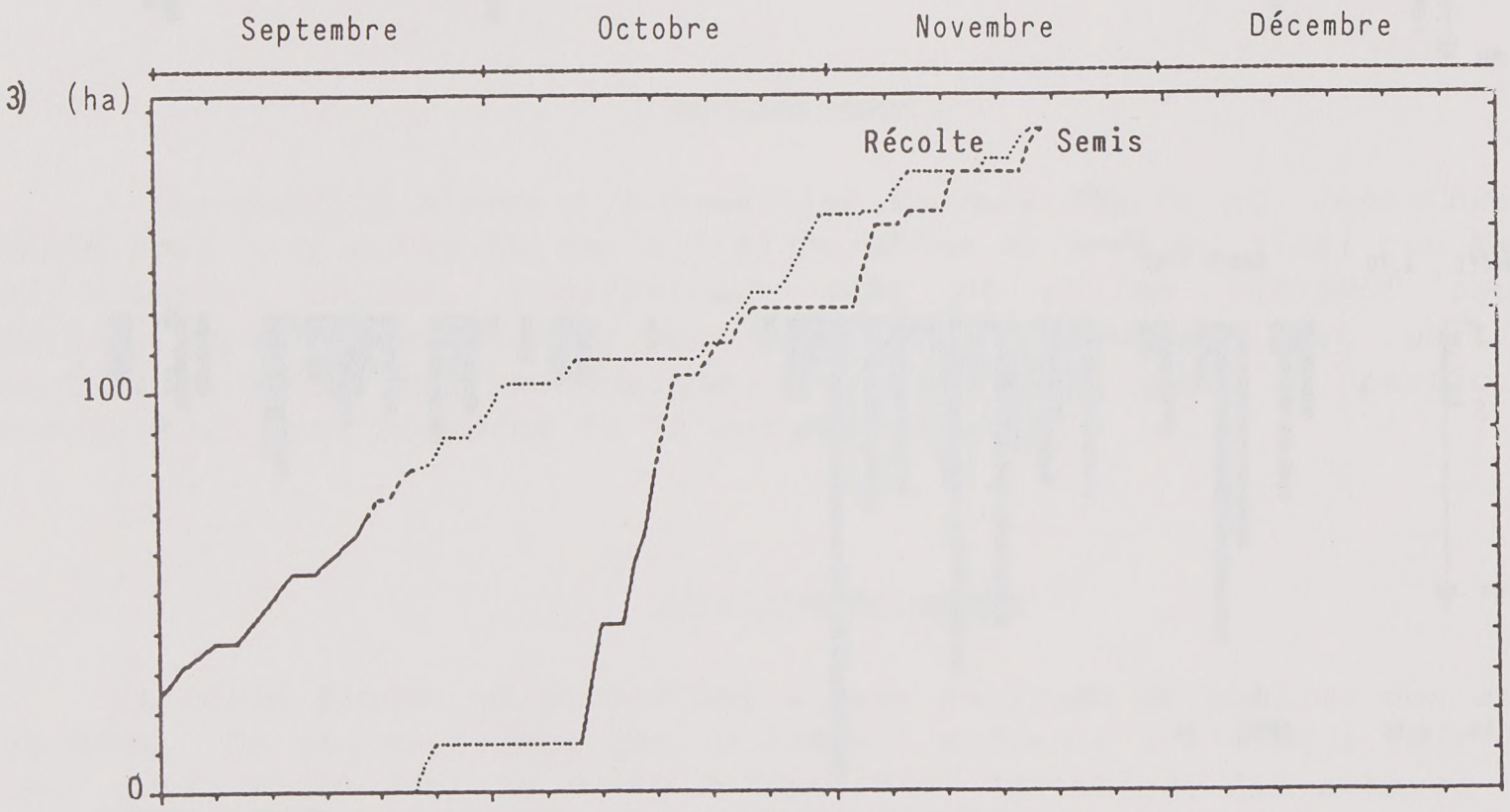
ANNEXE 2 - CALENDRIER DES DIFFERENTS CHANTIERS

COURBES CUMULEES DES HECTARES RECOLTES ET SEMES (TO, 1985)



LEGENDE

s : samedi ; d : dimanche ; l : jour disponible ; f : jour férié ;
C : récolte de PdT consommation ; F : récolte de PdT fécule ;
G : jour de pesée géométrique ; R : arrachage BS ;
S : semis Escourgeon ; C : semis Blé derrière chisel ;
L : semis Blé derrière labour



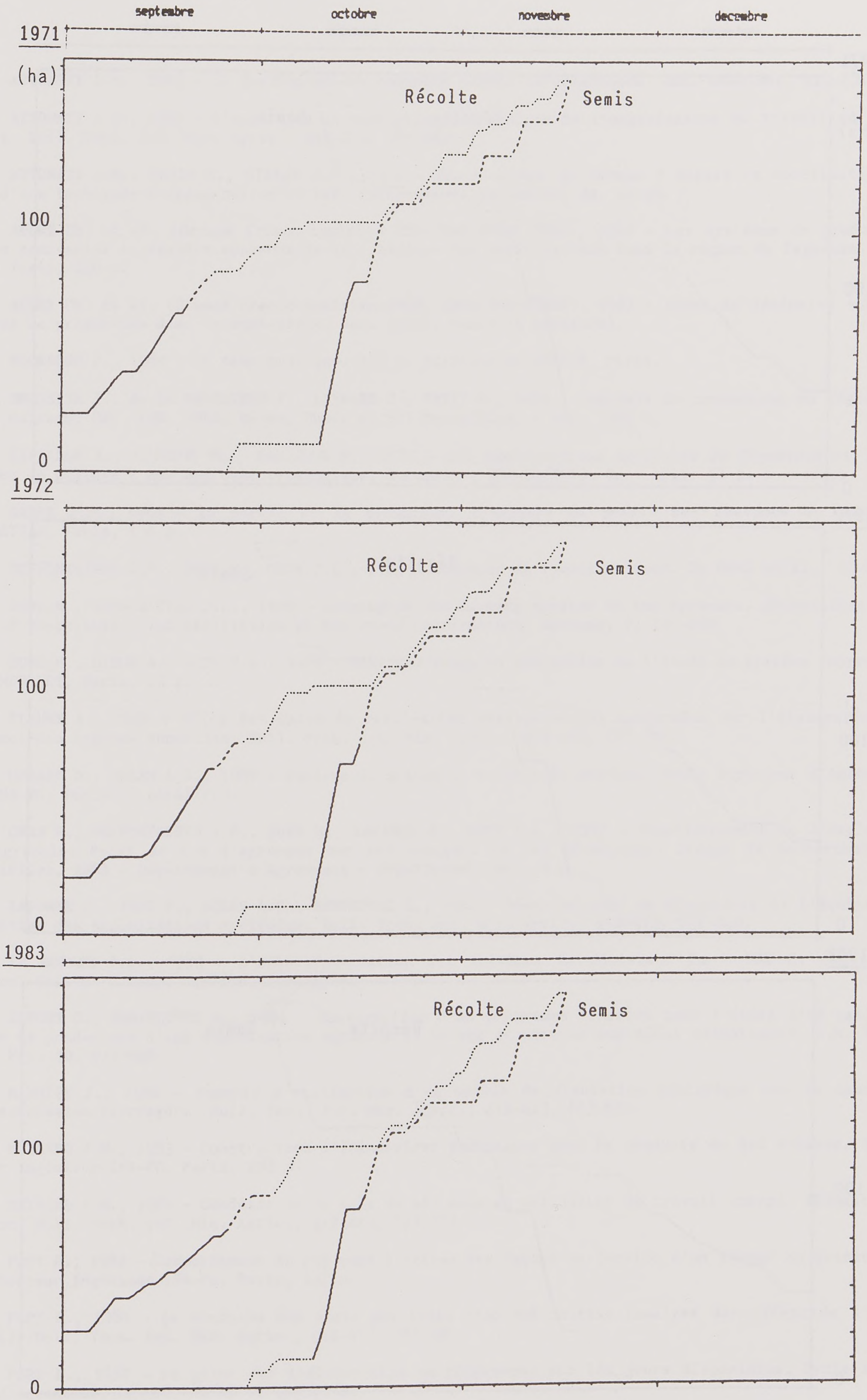
LEGENDE

RECOLTE : PdT Consommation ; PdT Fécule ; BS
SEMIS : Escourgeon ; Blé ; Blé/BS

ANNEXE 3 - COURBES CUMULEES DES HECTARES RECOLTES ET SEMES

(ASSOLEMENT TO)

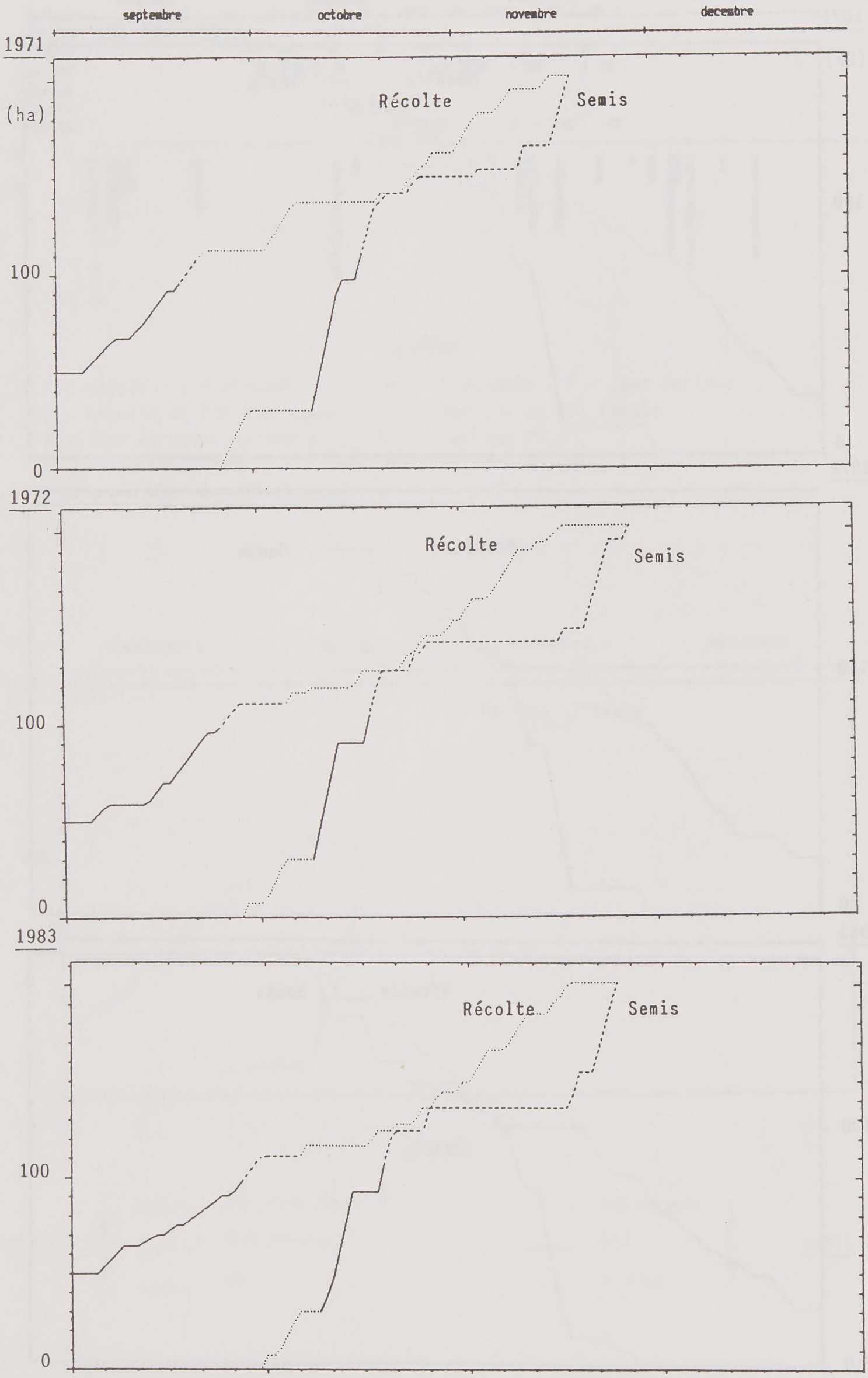
(Légende : cf. Annexe 2)



ANNEXE 4 - COURBES CUMULEES DES HECTARES RECOLTES ET SEMES

(ASSOLEMENT T1)

(Légende : cf. Annexe 2)



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ATTONATY J.M., 1985 - La gestion et les nouveaux moyens informatiques. Ann. Gembloux, 91, 231-244.

ATTONATY J.M., 1986 - L'apport de la simulation à l'analyse de l'organisation du travail en agriculture. Bull. Tech. Inf. Min. Agric., 412-413, 657-662.

ATTONATY J.M., PARIS C., GILLET J.P., 1980 - Semis direct ou labour ? Essais de modélisation du choix d'une technique d'implantation du blé. Perspectives Agricoles, 34, 44-55.

AUBRY Ch. et al. (Groupe franco-tunisien INRA/SAD-INRAT-CRGR), 1986 - Les systèmes de production dans le semi-aride : première approche de la dynamique des exploitations dans la région de Zaghouan. Ann. INRAT, Tunis, 230 p.

AUBRY Ch. et al. (Groupe franco-tunisien CRGR, INRA/SAD-INRAT), 1987 - Actes du séminaire sur les systèmes de production dans le semi-aride. Ann. INRAT, Tunis (à paraître).

BOURDIEU P., 1980 - Le sens pratique. 475 p. Editions de MINUIT, Paris.

BROSSIER J., de la VAISSIERE P., LIENARD G., PETIT M., 1974 - Systèmes de production en région de grande culture. Sér. ESR. INRA, Dijon, Theix et SEI Versailles, 1 vol., 292 p.

CAPILLON A., LETERME Ph., MANICHON H., 1985 - Les exploitations agricoles du Thymerais et leurs systèmes de culture : une approche typologique. Convention INA-PG/ONIC. Doc. mult. 52 p. + Annexes.

DARRE J.P., 1984 - La parole et la technique. L'univers de pensée des éleveurs du Ternois. L'HARMATTAN, Paris, 196 p.

DEFFONTAINES J.P., DURU M., OSTY P.L., 1985 - Concepts de fonctionnement. In GRAS et al., 10-28.

DURU M., CHARPENTEAU J.L., 1981 - Working on the farming systems in the Pyrenees. Elaboration of a model of constitution and utilization of hay stock. Agricultural systems, 7, 137-156.

DURU M., GIBON A., OSTY P.L., 1986 - Pour une approche renouvelée de l'étude du système fourrager. Col. DMDR-MRT, Paris, 15 p.

FLEURY A., 1986 - Effet des dates de réalisation des opérations culturales sur l'élaboration du rendement des espèces annuelles. Bull. Tech. Inf. Min. Agric., 412-413, 705-716.

GODARD D., SOLER L.G., 1987 - Analyse de groupe et conseil de gestion. Cycle Supérieur d'Agronomie de l'INA-PG, Paris (à paraître).

GRAS R., DEFFONTAINES J.P., DURU M., LAFARGE M., OSTY P.L., 1985 - Fonctionnement de l'exploitation agricole. Point de vue d'agronome sur les concepts et les découpages. Groupe de Recherches non sectorielles, INRA - Département d'Agronomie - Département SAD, 49 p.

LAPORTE C., PAPY F., SOLER L.G., SERVETTAZ L., 1986 - Démarche pour un diagnostic de l'équipement en traction des exploitations agricoles. Bull. Tech. Inf. Min. Agric., 412-413, 631-640.

LE MOIGNE J.L., 1983 - L'auto-organisation des systèmes de décision. In : ROY C. (éd.), La Décision, Col. de Cerisy, 141-166. PUF, Lyon.

LEFORT G., SEBILLOTTE M., 1964 - Construction d'un programme linéaire pour l'étude d'un meilleur système de production d'une exploitation agricole et de son adaptation aux aléas climatiques. C.R. Acad. Agric. Fr., 50, 932-946.

MATHIEU J., 1986 - Exemple d'utilisation d'un modèle de simulation historique sur la conduite d'une succession fourragère. Bull. Tech. Inf. Min. Agric., 412-413, 663-670.

MEYNARD J.M., 1985 - Construction d'itinéraires techniques pour la conduite du Blé d'hiver. Thèse Docteur Ingénieur INA-PG, Paris, 297 p.

MEYNARD J.M., 1986 - Conduite de la sole de blé dans un calendrier de travail chargé. Eléments de solution. Bull. Tech. Inf. Min. Agric., 412-413, 727-735.

PAPY F., 1984 - Comportement du sol sous l'action des façons de reprise d'un labour au printemps. Thèse Docteur Ingénieur INA-PG, Paris, 232 p.

PAPY F., 1986 - La conduite des états physiques d'un sol cultivé (analyse des effets de l'état initial). Bull. Tech. Inf. Min. Agric., 412-413, 685-691.

PAPY F., 1987 - Le point sur l'élaboration de références sur les jours disponibles. Cycle Supérieur d'Agronomie, INA-PG, Paris (à paraître).

REBOUL C., 1965 - Les jours disponibles pour les travaux agricoles. Bull. CETA, 1013 et 1013 bis.

REBOUL C., 1969 - Météorologie et jours disponibles pour les travaux agricoles. Bull. Tech. Inf. Min. Agric., 238, 309-320.

REBOUL C., 1977 - Déterminants sociaux de la fertilité des sols. Actes de la Recherche en Sciences Sociales, Paris, 17-18, 85-112.

REBOUL C., 1978 - Déterminants économiques de la mécanisation en grande culture.INRA,Paris, 107 p.

REBOUL C., 1986 - Météorologie et jours disponibles pour l'emploi de la main d'oeuvre et des machines. Bull. Tech. Inf. Min. Agric., 412-413, 679-683.

REBOUL C., MAAMOUN M., DESBROSSES B., 1979 - Météorologie et jours disponibles pour les travaux des champs. Sér. ESR, INRA, Paris, 176 p.

SEBILLOTTE M., 1974 - Agronomie, Agriculture. Essai d'analyse des tâches de l'Agronome. Cah. ORSTOM, Sér. Biol., 24, 3-25.

SEBILLOTTE M., 1978 - Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. C.R. Acad. Agric. Fr., 64, 906-913.

SEBILLOTTE M., 1979 - Analyse du fonctionnement des exploitations agricoles. Trajectoire et typologie. In "Eléments pour une problématique de recherche du Département SAD". Assemblée constitutive du SAD, INRA, Toulouse, 20-29.

SEBILLOTTE M., 1985 - Perspectives pour l'ADANE : Développement - Diffusion - Formation. Texte de la conférence prononcée à l'Assemblée Générale de l'ADANE, 17/06/85. Doc. mult.

SEBILLOTTE M., 1986 - Evolution et actualité de problèmes d'organisation du travail en agriculture. Bull. Tech. Inf. Min. Agric., 412-413, 621-630.

SEBILLOTTE M., SERVETTAZ L., 1986 - Les pratiques de la conduite de la culture de la Betterave sucrière: la prise de décision et ses déterminants. In "Fertilité et Systèmes de production en région de grande culture". Les Colloques de l'INRA (à paraître).

SERVETTAZ L., SOLER L.G., 1984 - L'emploi des tracteurs dans les exploitations de grande culture du Noyonnais. C.R. Acad. Agric. Fr., 70(5), 659-668.

TIREL J.C., 1986 - Conclusion générale du Numéro Spécial du Bull. Tech. Inf. sur l'Organisation du travail et Systèmes de production en Agriculture. Bull. Tech. Inf. Min. Agric., 412-413, 817-820.

* *

*

I.N.R.A. Publications - Rte de St-Cyr - 78000 Versailles
Dépôt légal : 4ème trimestre 1987
ISBN : 2-7380-0009-6

ETUDES ET RECHERCHES

Département de Recherches
sur les Systèmes Agraires et le Développement

Les travaux du Département de Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement sont centrés sur le fonctionnement des systèmes au sein desquels s'organise et évolue l'activité productive des agriculteurs. Trois niveaux sont privilégiés : les pratiques productives, l'exploitation agricole et le système agraire local.

L'ambition de ces recherches est de produire des connaissances et des méthodes opératoires pour les personnes impliquées dans le développement et l'aménagement.

Il s'agit donc de travaux pluridisciplinaires ouverts sur le qualitatif et l'exploratoire.

« *Etudes et Recherches du Département SAD* » est une série qui présente des démarches et des résultats de recherche. Le souci pédagogique complète la volonté d'information.

Si chaque parution peut ne présenter qu'un aspect du champ des recherches du Département, l'ensemble illustrera l'originalité et la cohérence d'un champ scientifique.

Titres parus dans la collection

1 - Fonctionnement de l'exploitation agricole et simulation de son évolution
J. BROSSIER, E. CHIA
1984, 52 p.

2 - Maîtrise de l'excès d'eau. Protection périphérique des parcelles par captage et fossés de ceinture
B. TEILHARD de CHARDIN, J. VERON
1985, 28 p.

3 - Influence du milieu physique et des pratiques agricoles sur la végétation des prairies de fauche des hautes vallées des Alpes du Nord
Ph. FLEURY, J.-M. DORIOZ, B. JEANNIN
1985, 52 p.

4 - Comment étudier des exploitations agricoles d'une région ? Présentation d'un ensemble méthodologique
J.P. DEFFONTAINES, M. PETIT
1985, 47 p.

5 - La variabilité microclimatique en montagne. Son expression par la phénologie du dactyle des prairies permanentes
P. FLEURY
1986, 48 p.

6 - La petite région vue à travers le tissu de ses exploitations. Un outil pour l'aménagement et le développement rural
B. CRISTOFINI
1986, 44 p.

7 - Images de recherche et images de communication
J.P. DEFFONTAINES, C. RAICHON
1986, 48 p.

8 - Potentialités agroclimatiques des prairies permanentes et possibilités de récolte dans le Doubs et le Jura
Anne MATHIEU, H. JUIN, B. JEANNIN
1987, 46 p.

9 - Approche du fonctionnement du système fourrager. Le cas d'exploitations laitières modernisées en zones de coteaux du Sud-Ouest
M. DURU, Geneviève ROHMER
1987, 44 p.