



**HAL**  
open science

## Modélisation de l'organisation technique de la production dans l'entreprise agricole : la constitution de systèmes de culture du Bassin Parisien

Christine Aubry, Anne Biarnès, Françoise Maxime, François Papy

### ► To cite this version:

Christine Aubry, Anne Biarnès, Françoise Maxime, François Papy. Modélisation de l'organisation technique de la production dans l'entreprise agricole : la constitution de systèmes de culture du Bassin Parisien. *Gestion des exploitations et des ressources rurales : Entreprendre, négocier, évaluer*, 31, INRA, 437 p., 1998, *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 2-7380-0843-7. hal-02834755

**HAL Id: hal-02834755**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02834755>**

Submitted on 7 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Modélisation de l'organisation technique de la production dans l'entreprise agricole : la constitution de systèmes de culture du Bassin Parisien

Christine AUBRY\*  
Anne BIARNES  
Françoise MAXIME  
François PAPY

\*INRA, SAD Ile-de-France, BP 01, F-78850 Thiverval-Grignon  
Tél : (+33) 01.30.81.54.31 - Fax : (+33) 01.30.81.54.25 - E-mail : aubry@jouy.inra.fr

## Résumé

L'objectif de cet article est de proposer une modélisation de l'organisation technique de la production dans les exploitations de grande culture. Cette organisation est vue comme un processus de constitution des systèmes de culture dans l'exploitation agricole. En mobilisant les résultats de travaux men es sur diverses décisions techniques des agriculteurs, nous décrivons la constitution des systèmes de culture par un ensemble de variables décisionnelles liées par des contraintes d'origine variée. Les systèmes de culture apparaissent comme la résultante de processus itératifs et hi erarchis es d'attribution de ressources-clés. On aboutit à la constitution de blocs de culture, ensembles de parcelles portant une même succession de cultures, et de lots de culture, ensembles de parcelles relevant d'un même itinéraire technique pour une culture donnée. Ce modèle, fond e sur le concept de systèmes de culture, peut être un support pour étudier l'intégration de nouvelles contraintes de production dans les exploitations agricoles. Nous montrons, sur un exemple, l'utilité du modèle de représentation propos e pour analyser les influences d'impératifs exogènes à l'exploitation.

**Mots-clés :** Organisation de la production, systèmes de culture, entreprise agricole, décision, contraintes, Bassin Parisien.

## Abstract

**Modelling the technical organisation of production in farms : cropping systems in the Bassin Parisien.** *The purpose of our work was to model the technical management of crop production on arable farms. We regard technical management as a process by which the cropping systems (« systèmes de culture ») are generated on a farm. The cropping systems is defined here as a group of fields managed identically regarding (i) the choice of crops and crop sequence (ii) the choice of technical management for each crop in the crop sequence, i.e. the timing, sequences and modalities of technical operations. The proposed conceptual model of the way the cropping systems are generated on the farm is based on earlier work on the technical decisions of farmers. Network analysis of hierarchic constraints often used in production management studies in other enterprises is also used in the model. The farm's cropping systems are a result of iterative decision processes for allocating key-resources. The decisions lead to defining cropping blocks (all the fields managed under the same crop sequence on the farm) and cropping lots (all the fields carrying a given crop managed with the same technical operations) on the farm. In the present context, arable farms need to be studied as open systems that are strongly dependant on external constraints (quality requirements for products, environmental regulations, etc.). An example is given which demonstrates the usefulness of this conceptual model to analyse these constraints. The model, based on the above definition of the cropping systems, may be used to measure the capacity of a farm to absorb new production constraints.*

**Keywords:** Production management, cropping systems, farm enterprise, decision, constraints, Paris Basin.

### **Système de culture - Cropping system**

Les deux termes de « système de culture » et de « cropping system » ont des sens différents (de Bonneval, 1993). Ainsi que le fait remarquer Sebillotte (1990), le débat est ancien de savoir s'il faut appliquer le concept à un espace cultivé de manière identique, comme le préconise de Gasparin au milieu de XIXe siècle, ou à l'unité de production comme le défendent, un peu plus tard, Moll et Heuzé.

En 1975, lors de la création du nouveau département d'Agronomie de l'INRA, un groupe d'agronomes a proposé, dans la lignée de la conception de Gasparin, une première définition, affinée ensuite par Sebillotte en 1990. Pour exprimer que le concept vise expressément la manière dont on cultive les parcelles, ce dernier définit le système de culture comme suit : « c'est l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manière identique. Chaque système de culture se définit par (i) la nature des cultures et leur ordre de succession (...), (ii) les itinéraires techniques appliqués à ces cultures » (c'est-à-dire les suites logiques et ordonnées des interventions culturales).

Si, en France, des économistes utilisent « système de culture » dans le sens de Moll ou de Heuzé, dans le monde anglosaxon, « cropping system » ne semble recouvrir que ce sens. Fresco (1984) fait le point de la définition du concept de « cropping system » en se référant à des publications de Ruthenbergs et Zandstra. Pour Ruthenberg, le « cropping system » est l'un des deux grands sous-systèmes de l'exploitation agricole, l'autre étant le « livestock system ». Zandstra précise la définition comme suit « c'est l'activité de production végétale de la ferme qui comprend tous les facteurs de production de l'ensemble des cultures, incluant les facteurs physiques et biologiques aussi bien que les facteurs technologiques (travail de gestion et d'exécution) ».

A partir de ces définitions, il est clair qu'il y a plusieurs « systèmes de culture » dans une exploitation, au sens des agronomes français, mais un seul « cropping system ». La meilleure traduction anglaise de système de culture paraît être « crop management system ».

*The terms « système de culture » and « cropping system » express different contents (de Bonneval, 1993). Sebillotte (1990) remarked about the long-standing debate on whether the concept should apply to an area of land cultivated identically as advocated in the mid-nineteenth century by the French agriculturalist de Gasparin, or to the production unit (the farm), as propounded by Moll and Heuzé, other French agronomists, some years later.*

*When INRA created the Agronomy Division in 1975, a group of agronomists concerned by the unclear focus of the term, proposed a definition in line with de Gasparin's views. This was later refined by Sebillotte (1990). To emphasize that the concept applies exclusively to the way fields are being cultivated, he defined the « système de culture » as follows : « it designates the set of technical interventions applied to fields treated identically. Each « système de culture » is thus characterized by (i) the type and sequence of crops grown on these fields ; (ii) the different technical itineraries applied to these crops » (i.e. the logical and ordered sequences of operations).*

*While some French economists use the term « système de culture » in the sense initially formulated by Moll and Heuzé, « cropping system » as used in the Anglo-Saxon world seemingly refers exclusively to this meaning. The definition was reviewed in 1984 by Fresco who referred to publications by Ruthenberg and Zandstra. For Ruthenberg, the « cropping system » designates one of the two major farm sub-systems, the other being the « livestock system » refines this definition as follows : « A cropping system comprises the farm's plant production activity, encompassing all the factors of production of all the crops, including the physical, biological and technological factors (management and operations) ».*

*From these definitions, there follows for a French agronomist, as a farm may include several « systèmes de culture », while making up one « cropping system » only. The best translation in english of « système de culture » seems to be « crop management system ».*

## 1. Des exigences nouvelles sur les processus de production agricole

Dans les pays développés, l'agriculture doit faire face à des contraintes imposées par la société : le consommateur et les acteurs du secteur agro-alimentaire ont des exigences de qualité sur les produits agricoles, toujours plus fortes et plus nombreuses. Pour les entreprises de collecte et les industries alimentaires, la spécificité des produits agricoles devient alors un enjeu concurrentiel. Les pouvoirs publics tentent en outre de maîtriser les effets néfastes de l'activité agricole sur des biens publics comme la ressource en eau, la composition de l'air, la biodiversité, les paysages, etc. La maîtrise des pollutions et le respect de l'environnement constituent aujourd'hui un enjeu majeur des relations entre la société et son agriculture.

Ces exigences nouvelles pour l'agriculture ne portent pas seulement sur les caractéristiques intrinsèques des produits consommés ou sur la qualité, plus ou moins mesurable, de l'environnement. Elles s'expriment aujourd'hui très directement sur les manières même de produire dans l'exploitation agricole : les entreprises de collecte ou de transformation considèrent en effet comme plus économique de garantir, *via* des cahiers des charges techniques, une production répondant à des normes établies au préalable, plutôt que d'obtenir la qualité voulue par le tri d'une production de masse. Les exigences environnementales, quant à elles, s'expriment à travers tout un arsenal réglementaire national et européen qui recommande des pratiques culturelles particulières, circonscrites à des zones géographiques délimitées.

Dès lors, un objectif pour la recherche est de comprendre leurs répercussions sur les activités de production dans l'exploitation. Comment l'agriculteur intègre-t-il ces exigences diverses dans ses décisions de production ? Comment gère-t-il les éventuelles incompatibilités entre elles ? Quelles répercussions ont-elles sur le fonctionnement global de l'exploitation ? Pour apporter des éléments de réponse à ces questions, nous

proposons dans cet article de construire un modèle conceptuel représentant l'organisation technique de la production dans l'exploitation agricole : grâce à ce modèle, nous pouvons identifier les décisions techniques concernées par les exigences précédentes et analyser les contraintes qu'elles font porter sur les décisions. Cette représentation modélisée de l'organisation technique de la production dans l'exploitation mobilise certains de nos travaux récents et s'appuie sur le concept agronomique de systèmes de culture (cf. Encadré).

Après avoir précisé notre problématique et nos choix méthodologiques, nous expliciterons le modèle de constitution de systèmes de culture dans l'exploitation, que nous illustrerons sur un exemple avant d'en discuter l'intérêt scientifique et technique.

## 2. Problématique et méthodologie

Les décisions mises en cause par ces exigences nouvelles sur les produits et les manières de produire sont diverses et portent sur différents horizons de temps. Elles impliquent en effet des choix sur le long terme comme le choix des productions, la politique commerciale, les choix d'investissements dans le foncier, la définition de la nature et du niveau des ressources productives.

Ces exigences nouvelles concernent aussi les choix de planification et d'ordonnancement, dans le temps et dans l'espace, de la production sur la durée d'un cycle : remise en cause des assolements, des quantités ou qualités visées des produits, des modalités techniques sur les cultures, de leur succession dans le temps. Ces choix relèvent de la gestion de la production, qui a pour objet la recherche d'une organisation efficace de la transformation des ressources productives en biens ou en services (Giard, 1988). Ce sont ces décisions de production que nous aborderons ici, en supposant données celles qui engagent l'exploitation sur le long terme. En procédant ainsi, nous formulons l'hypothèse que l'agriculteur, face à des situations complexes, série

les difficultés et établit des hiérarchies entre niveaux de décision. En particulier, une fois les ressources productives constituées pour un pas de temps pluriannuel, une fois effectués les choix des productions et des grandes orientations commerciales, la gestion de la production s'opère dans le cadre de ces décisions d'amont, ainsi que l'a montré L.G. Soler (1990) dans les exploitations de grande culture du Bassin Parisien.

### **2.1. L'organisation de la production comme combinaison de systèmes de culture**

Nous proposons de considérer l'organisation de la production dans l'entreprise agricole comme la combinaison d'une organisation spatiale et temporelle de la mobilisation des ressources productives. En effet, dans les systèmes de production de grande culture qui nous occupent plus spécifiquement ici, l'agriculteur doit déterminer, sur une période annuelle, les surfaces consacrées aux différentes espèces cultivées choisies, la localisation dans l'espace de ces surfaces, la nature des interventions appliquées aux espèces choisies, le positionnement de ces interventions dans le temps et leur distribution dans l'espace. En termes agronomiques, cela signifie que l'organisation des décisions de production dans l'exploitation peut être analysée à travers le concept de systèmes de culture.

Ce concept permet de distinguer, dans un territoire agricole, des sous-ensembles homogènes du point de vue des pratiques culturales qui leur sont affectées (cf. Encadré). En effet, un système de culture est défini, pour un ensemble de parcelles, traité de manière identique, par les modalités techniques mises en œuvre, à savoir :

- (i) le choix des cultures et de leur ordre de succession ;
- (ii) le choix des itinéraires techniques, définissant, pour chaque culture, des combinaisons logiques et ordonnées de techniques culturales qui permettent de contrôler le milieu et d'en tirer une production donnée (Sebillotte, 1978, 1990).

Dans cette définition, on entend par culture les modalités techniques de conduite propre à une espèce végétale du fait de ses exigences physiologiques, ainsi que les variantes introduites par des contraintes différenciées (liées par exemple aux marchés visés).

Sur le territoire d'une exploitation agricole, l'agronome distingue autant de systèmes de cultures qu'il y a de surfaces traitées de manière homogène. Ce concept est utilisé pour porter un diagnostic agronomique des effets des successions de cultures et des itinéraires techniques sur le milieu et le peuplement cultivé (Doré *et al.*, 1997) ; il permet de concevoir, sur des bases expérimentales, des modèles de conduite technique de cultures et de successions de cultures (Meynard, 1998). Nous l'utilisons ici pour rendre compte, selon une vision d'agronome, des décisions techniques des agriculteurs concernant les relations des cultures les unes avec les autres et les opérations culturales sur chaque culture. Au sein d'une exploitation agricole les conduites et les affectations spatiales des cultures sont très dépendantes les unes des autres.

### **2.2. Représentations des décisions techniques de l'agriculteur**

Au cours des dernières années, certaines décisions techniques des agriculteurs en grande culture ont été étudiées et leurs processus de décision formalisés par des modèles conceptuels. En particulier, ont été représentées les décisions d'utilisation de la ressource terre à travers les décisions d'assolement (Maxime *et al.*, 1995 ; 1997), celles d'allocation des ressources en main d'œuvre et matériel aux différentes cultures à travers l'organisation du travail (Papy *et al.*, 1988 ; Attonaty *et al.*, 1993), celles de répartition entre productions d'une ressource en eau limitée (Leroy *et al.*, 1996) et celles portant sur les modalités et les positionnements temporels des opérations culturales sur la sole d'une culture (Aubry, 1995 ; Aubry *et al.*, 1998).

Ces travaux présentent de nombreuses similitudes. Ils s'inspirent des courants actuels de recherche en gestion, où la

modélisation est vue comme « *une démarche visant à identifier des problèmes de décision, à les représenter pour en favoriser la résolution* » (Thépot, 1995). La modélisation est fondée sur l'hypothèse que l'agriculteur développe des activités de planification pour agir, et ce d'autant plus que les décisions à prendre présentent un caractère récurrent permettant un processus d'apprentissage et la conception de procédures de routine (Nitsch, 1991 ; Cerf, 1996). Cette planification reste très implicite, donc peu formalisée chez l'agriculteur (Jacobsen, 1994), à l'instar de ce qu'elle est chez les dirigeants de petites et très petites entreprises industrielles ou de services (Robinson *et al.*, 1986 ; Marchesnay, 1993). Cependant, on montre que les agriculteurs formulent des modalités de planification technique lorsqu'on les enquête à partir d'un cadre formel de représentation.

Les travaux précédents représentent les décisions techniques des agriculteurs en se fondant sur le concept de modèle d'action (Duru *et al.*, 1988 ; Sebillotte & Soler, 1990 ; Papy, 1994). Le modèle d'action décrit le programme prévisionnel d'action par des variables décisionnelles et des règles de décision. Cependant, les modèles d'action établis jusqu'ici sont spécifiques aux objets décrits et chacun ne représente qu'un volet de l'organisation de la production dans l'exploitation.

### **2.3. Une approche de la constitution des systèmes de culture par contraintes hiérarchisées**

Pour modéliser de façon globale la constitution des systèmes de culture dans l'exploitation il y a nécessité d'identifier les interactions entre ces niveaux partiels de décision technique. A la suite de Terssac *et al.* (1993), nous proposons d'analyser ces interactions en termes de contraintes. Chaque décision doit satisfaire des contraintes imposées par d'autres décisions et génère en retour des contraintes pour ces décisions. La cohérence du système est

assurée dans la mesure où chaque décision peut respecter les contraintes qui lui sont imposées (Erschler & Thuriot, 1992).

Concrètement, nous partirons des modèles existants mais sans chercher à décrire finement chaque processus décisionnel comme dans les études précédentes : nous nous attacherons ici à identifier les variables décisionnelles et les relations entre elles, au sein et entre ces différents modèles. En reprenant la définition de F. Darses (1994), on parlera de contrainte dès lors qu'il existe une relation entre variables susceptible de jouer sur la détermination de leur valeur. Le sens dans lequel s'établit une relation entre deux variables traduit une hiérarchie entre elles : la valeur de A détermine celle de B ou l'inverse. On s'intéresse ici à l'organisation de ces relations (hiérarchie des contraintes) pour toutes les variables décisionnelles qui décrivent les systèmes de culture. Nous proposerons une modélisation générale des relations possibles entre variables décisionnelles dans l'exploitation de grande culture, sachant que dans chaque exploitation, ces relations peuvent jouer dans un sens particulier, donnant ainsi lieu à une hiérarchie particulière entre les variables.

Nous distinguerons (i) des contraintes internes aux systèmes de culture, qui mettent en jeu des relations hiérarchiques entre variables décisionnelles décrivant les systèmes de culture, (ii) des contraintes externes qui relient des décisions d'amont et l'une ou l'autre de ces variables. Les contraintes externes peuvent être endogènes à l'exploitation (caractéristiques du système de production, objectifs de production de l'agriculteur, etc.) ou exogènes, lorsqu'elles sont imposées à l'exploitation par l'extérieur (exigences de collecteurs, réglementations, etc.). Dans le cas des contraintes externes, nous considérons d'emblée une relation hiérarchisée, les décisions d'amont contraignant les décisions portant sur les systèmes de culture.

### 3. Un modèle de constitution des systèmes de culture dans l'exploitation

Le modèle porte sur les successions de cultures d'une part, les itinéraires techniques d'autre part, les unes et les autres étant localisés dans le territoire de l'exploitation.

#### 3.1. Les décisions d'assolement : un processus de constitution de successions de cultures et de blocs de culture

Décider d'un assolement consiste à déterminer les surfaces des différentes cultures et à localiser ces cultures dans

l'espace au cours d'une année donnée : c'est donc organiser la mobilisation de la ressource terre<sup>1</sup>. Il s'agit d'un processus de décision itératif (Rellier et Marcaillou, 1990) qui aboutit à la partition de l'espace cultivé de l'exploitation en blocs de culture (Maxime *et al.*, 1995 et 1997). *Un bloc de culture est un ensemble de parcelles culturales sur lesquelles est pratiquée une rotation-cadre, c'est-à-dire un ensemble de successions de cultures construites autour des mêmes cultures-pivots.* F. Maxime *et al.* (*op.cit.*) ont montré que la constitution des blocs de culture dans l'exploitation se fait à partir de la détermination, pour chaque culture, des valeurs de quatre variables décisionnelles interdépendantes (Figure 1) : la zone cultivable ( $V_A1$ ), le délai de retour ( $V_A2$ ), l'ensemble des précédents possibles ( $V_A3$ ) et la taille de la sole ( $V_A4$ ).

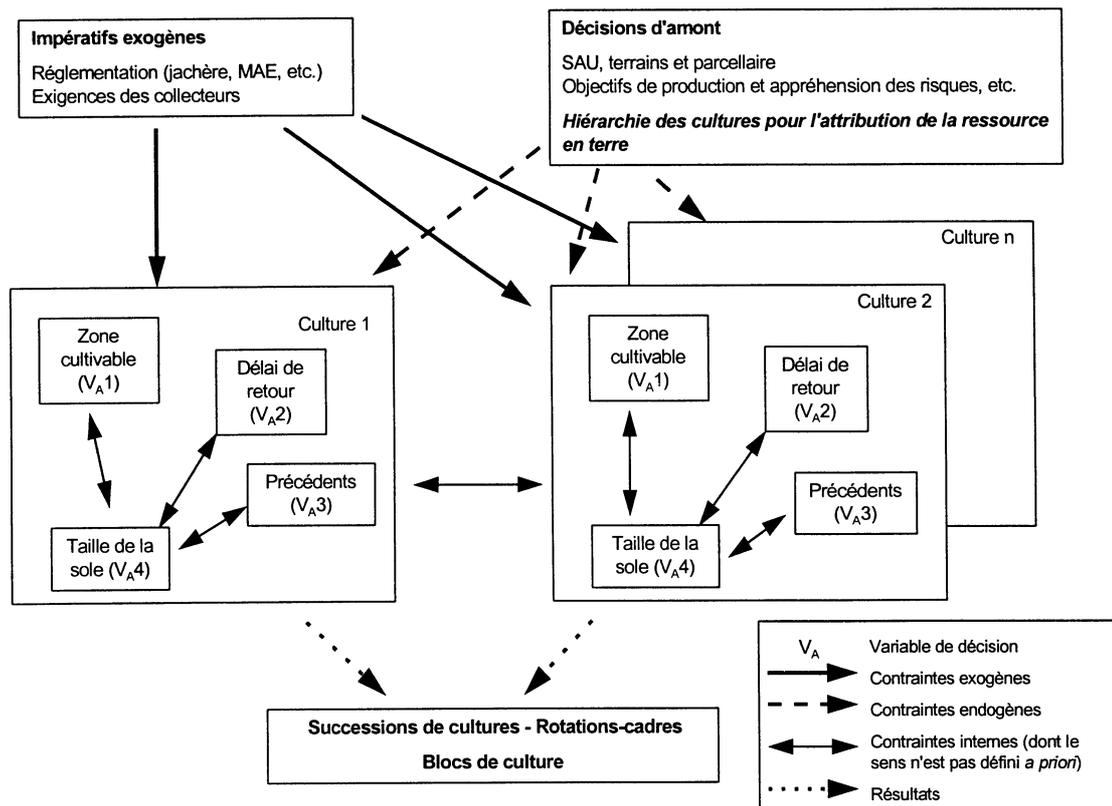


Figure 1 : Constitution des blocs de culture

<sup>1</sup> Rappelons qu'ici nous ne traitons que les cas de grande culture, c'est-à-dire où le territoire de l'exploitation est intégralement ou très majoritairement constitué de terres labourables utilisées pour des cultures annuelles.

### 3.1.1. La zone cultivable d'une culture

Elle comprend les parcelles de l'exploitation jugées par l'agriculteur favorables à la culture, et éventuellement, celles où la présence de la culture est, selon lui, tolérable. L'agriculteur détermine cette zone (i) grâce à sa connaissance des caractéristiques de ses terrains et de son parcellaire (ii) à partir des besoins de la culture tels qu'il les connaît ou les estime, compte tenu de ses objectifs de production. La zone cultivable d'une culture peut être aussi imposée ou limitée par des contraintes exogènes : par exemple, exclusion obligatoire du maïs des zones soumises à réduction d'intrants ou à proximité immédiate de captages d'eau.

### 3.1.2. Le délai de retour et les précédents possibles

Toute culture modifie les états physique, chimique et biologique du sol et réagit aux états créés par la culture qui l'a précédée. Les agronomes ont traduit ces interactions entre milieu et culture par les notions d'*effet précédent* et de *sensibilité du suivant* : l'*effet précédent* représente les variations des états du milieu d'une parcelle entre le début et la fin d'une culture ; la *sensibilité du suivant* représente l'ampleur des réactions d'une culture à la diversité des états du milieu laissés par la culture précédente (Sebillotte, 1990). Pour l'agriculteur, ces notions sont prises en compte à travers deux principes :

- (i) il doit définir le délai de retour d'une culture sur elle-même. Ce délai de retour est très lié aux risques phytosanitaires engendrés par la répétition d'une même espèce sur la même parcelle. L'agriculteur peut apprécier seul les risques qu'il accepte de courir, et/ou intégrer des contraintes exogènes : incitations ou obligations de réduire les traitements phytosanitaires, exigence du collecteur sur la qualité du produit final, etc. ;
- (ii) il choisit les effets précédents et suivants à favoriser ou à éviter, compte tenu de ses objectifs de production, en définissant des couples de cultures dont la succession temporelle est possible ou non. Il définit ainsi pour chaque culture un ensemble de

précédents cultureux possibles. Ces précédents peuvent aussi être imposés ou limités de façon exogène, afin d'éviter certains risques sur le produit (pas de précédent pois pour l'orge de brasserie, car le transformateur recherche une faible teneur en protéines des grains).

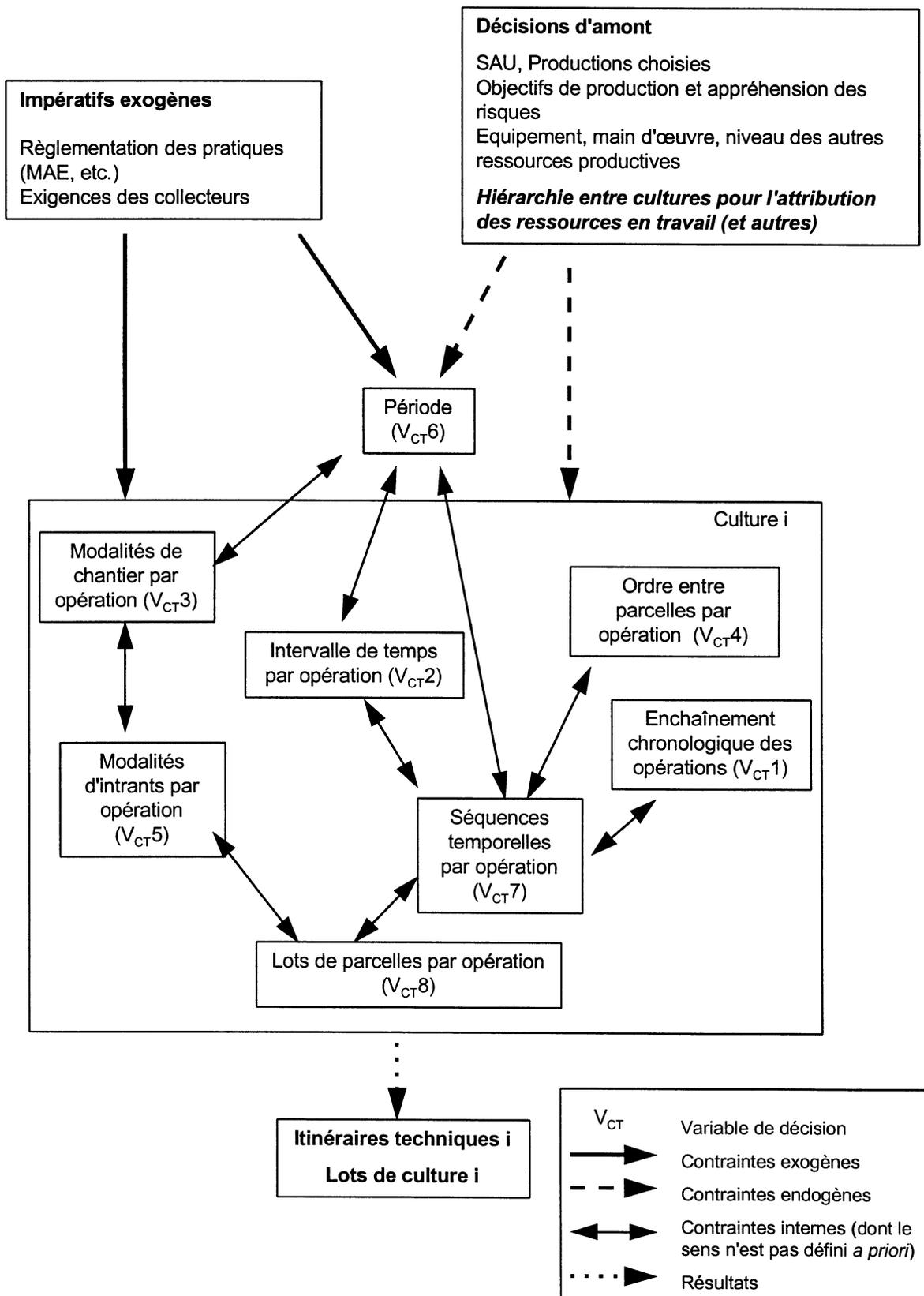
### 3.1.3. La taille de la sole

La sole d'une culture est l'ensemble des parcelles qui lui sont consacrées dans l'exploitation lors de chaque cycle culturel. La taille maximale de la sole d'une culture correspond au rapport de la surface de sa zone cultivable par son délai de retour minimum. La variable « taille de la sole » peut donc être contrainte par les deux variables précédentes. Elle dépend aussi des ressources productives disponibles dans l'exploitation (terre, travail) et de contraintes exogènes (quotas de production, surfaces imposées par contrat). Dans certains cas, la taille imposée d'une sole peut contraindre à son tour le délai de retour ou la zone cultivable : pour aboutir à une taille donnée de sole, il faudra adapter en conséquence l'une de ces variables, voire jouer sur les deux à la fois.

### 3.1.4. La constitution des successions de cultures et des blocs de culture

La mise en relation de ces variables pour toutes les cultures de l'exploitation permet de constituer les blocs de culture, par un processus itératif de raisonnement d'un ensemble de contraintes, compte tenu d'une hiérarchie faite entre les cultures pour l'attribution de la ressource en terre (Maxime *et al.*, 1995). Cette hiérarchie dépend le plus souvent du degré de rentabilité économique des cultures dans l'exploitation et(ou) de l'importance des exigences exogènes pesant sur chacune d'elles.

Ainsi, l'agriculteur cherche souvent à maximiser la taille de la sole des cultures les plus rentables, prioritaires pour l'affectation de la ressource en terre. Leurs variables décisionnelles sont instanciées en priorité et de façon à limiter les risques de ne pas atteindre les objectifs de production visés. La taille de



**Figure 2 :** Constitution des lots de culture

la sole d'une culture prioritaire peut ainsi n'être définie que par le rapport de sa zone cultivable et de son délai de retour. Les variables des autres cultures résultent alors des choix précédents : la taille des soles est limitée par la surface totale restant à affecter, les zones cultivables peuvent comporter des parcelles d'aptitude inférieure, les délais de retour peuvent être moins stricts et les précédents choisis parmi ceux restants.

La définition « en cascade » de ces variables par culture permet d'aboutir à des rotations-cadres fondées sur les cultures prioritaires, les autres pouvant être interchangeables dans l'ordre de succession (Maxime *et al.*, 1997). Ces rotations-cadres sont localisées dans l'espace en fonction des zones cultivables de chaque culture constitutive. On aboutit ainsi à la constitution des blocs de culture.

### **3.2. Les décisions de conduite technique des cultures : un processus de constitution d'itinéraires techniques et de lots de culture**

Les études réalisées sur la gestion d'une sole dans l'exploitation agricole (Aubry, 1995 ; Aubry *et al.*, 1998) ont montré que l'on peut représenter les décisions de conduite technique d'une sole par un jeu de variables reliées entre elles et déterminant les dates et les modalités des opérations culturales sur la sole (Figure 2). Ce faisant, on s'intéresse aux contraintes de temps et de ressources productives, à l'instar de ce qui se rencontre dans l'industrie pour les décisions de production (Erschler & Thuriot, 1992). La détermination des valeurs de ces variables de conduite technique d'une sole aboutit à constituer différents itinéraires techniques et les lots de culture correspondants. Un lot de culture est un ensemble de parcelles d'une sole qui, tout au long du cycle cultural, reçoit le même itinéraire technique, donc les mêmes opérations culturales aux mêmes dates et selon les mêmes modalités.

#### **3.2.1. Dates et modalités d'opérations culturales**

Pour la totalité d'un cycle cultural, l'agriculteur conçoit un enchaînement chronologique d'opérations culturales (variable  $V_{CT1}$  sur la Figure 2). L'ordre de succession entre opérations culturales peut refléter une contrainte interne logique (récolter un précédent avant de semer le suivant) ou bien des contraintes externes liées aux objectifs et appréhensions du risque, propres à l'agriculteur ou imposés de l'extérieur. A l'échelle d'une sole, l'agriculteur peut prévoir un ou plusieurs ordres possibles d'opérations selon la diversité de ses objectifs ou des risques qu'il veut éviter.

Pour chaque opération de chaque culture, l'agriculteur détermine un intervalle de temps ( $V_{CT2}$ ) délimité par une date de début et une date de fin possibles ou souhaitables compte tenu des objectifs de production et du rôle pressenti de l'opération considérée dans ces objectifs : par exemple, en Picardie, les agriculteurs considèrent le mois d'octobre la période souhaitable pour le semis du blé si l'on vise les meilleurs rendements possibles.

Pour chaque opération, il faut aussi définir les modalités de chantiers ( $V_{CT3}$ ), combinaisons des moyens en main d'œuvre et en matériel nécessaires pour réaliser l'opération. Un chantier peut concerner une opération élémentaire (un épandage d'engrais, un passage de charrue) ou combiner plusieurs opérations élémentaires (chantiers combinés de travail du sol et semis). Les opérations s'étalant dans le temps amènent à prévoir un ordre de passage entre parcelles de la sole pour la réalisation de l'opération ( $V_{CT4}$ ). Enfin, lorsque les opérations culturales nécessitent l'utilisation d'intrants, l'agriculteur définit, pour chaque opération, les modalités retenues sur la sole ( $V_{CT5}$ ), c'est-à-dire les natures d'intrants à utiliser ainsi que leur quantité.

Ces variables de conduite d'une sole ne sont bien sûr pas définies indépendamment les unes des autres. Comme le montre la Figure 2, elles sont reliées par un réseau de contraintes internes. Ainsi les dates et modalités de désherbage d'un blé sont-elles intimement reliées, car le choix d'un produit et sa

dose dépendent fortement de la date prévue de l'opération.

### **3.2.2. Opérations culturales et organisation globale du travail**

Dans l'exploitation, il y a fréquemment, à une époque donnée de l'année, plusieurs opérations à faire sur différentes cultures, dans un laps de temps donné et avec des moyens limités en main d'œuvre et en matériel. Lorsque les intervalles de temps choisis pour ces diverses opérations se recoupent, et lorsque les chantiers constitués pour chacune font appel à une même ressource (équipement ou main d'œuvre), ces opérations ne peuvent être menées simultanément : il y a alors concurrence de travail. Dans ces cas, il faut organiser l'allocation de la ressource en travail en déterminant des ordres de priorité entre ces opérations : le temps est découpé en périodes ( $V_{CT6}$ ), chacune caractérisée par des règles d'arbitrages entre cultures et un enchaînement induit des opérations à faire (Attonaty *et al.*, 1993 ; Chatelin & Mousset, 1997). Une opération non prioritaire pendant une période donnée peut alors être réalisée de façon discontinue : son intervalle de temps est alors découpé en séquences ( $V_{CT7}$ ), s'intercalant entre les opérations prioritaires sur d'autres cultures. Ainsi, on rencontre souvent plusieurs séquences de semis de blé à l'automne, alternant avec des récoltes prioritaires de cultures de printemps (betteraves, maïs, pomme de terre). Le séquençage d'opérations peut être imposé de l'extérieur, notamment par des industriels. Ainsi, les sucreries exigent, sur chaque sole de betteraves, plusieurs récoltes à dates programmées, pour faciliter leur propre calendrier d'approvisionnement ; sur l'exploitation, il en résulte des périodes où la betterave est prioritaire en cas de concurrence de travail.

Organisation globale du travail sur l'exploitation et conduite technique de la sole d'une culture sont toujours étroitement liées (Aubry & Chatelin, 1997) mais le sens des contraintes de l'une sur l'autre peuvent varier au cours du cycle. Le niveau d'une ressource productive joue ainsi comme contrainte externe sur les décisions de conduite technique des cultures dans l'exploita-

tion, et ce, d'autant plus que les cultures ne sont pas prioritaires quant à l'affectation de cette ressource. La hiérarchie établie par l'agriculteur entre cultures pour l'attribution des ressources productives limitantes est, là encore, une clé d'entrée pour comprendre la constitution des systèmes de culture dans l'exploitation.

### **3.2.3. La constitution des itinéraires techniques et des lots de culture**

Les enquêtes réalisées pour différentes cultures annuelles montrent que les dates et les modalités des opérations culturales ne sont pas conçues par l'agriculteur à l'échelle de chaque parcelle de la sole, mais à l'échelle de lots de parcelles ( $V_{CT8}$ ). Par exemple, un agriculteur ne définit pour le blé que deux ou trois programmes fongicides (modalités et dates), qu'il affecte à autant de lots sur la base de l'appartenance des parcelles à une séquence de semis, à un groupe de variétés, à un précédent cultural, etc.

Le nombre et la composition des lots de parcelles peuvent varier au cours du cycle cultural selon l'opération considérée : une parcelle peut appartenir à un lot pour une opération et à un autre lot pour une autre opération. Le lot de culture est l'ensemble des parcelles ayant été allotées ensembles tout au long du cycle. La valeur opératoire de ce concept tient au fait qu'il existe en général un nombre restreint de lots de culture dans une exploitation, qui correspondent à un nombre équivalent d'itinéraires techniques, c'est-à-dire de façons de combiner logiquement dates et modalités des opérations culturales successives sur la sole.

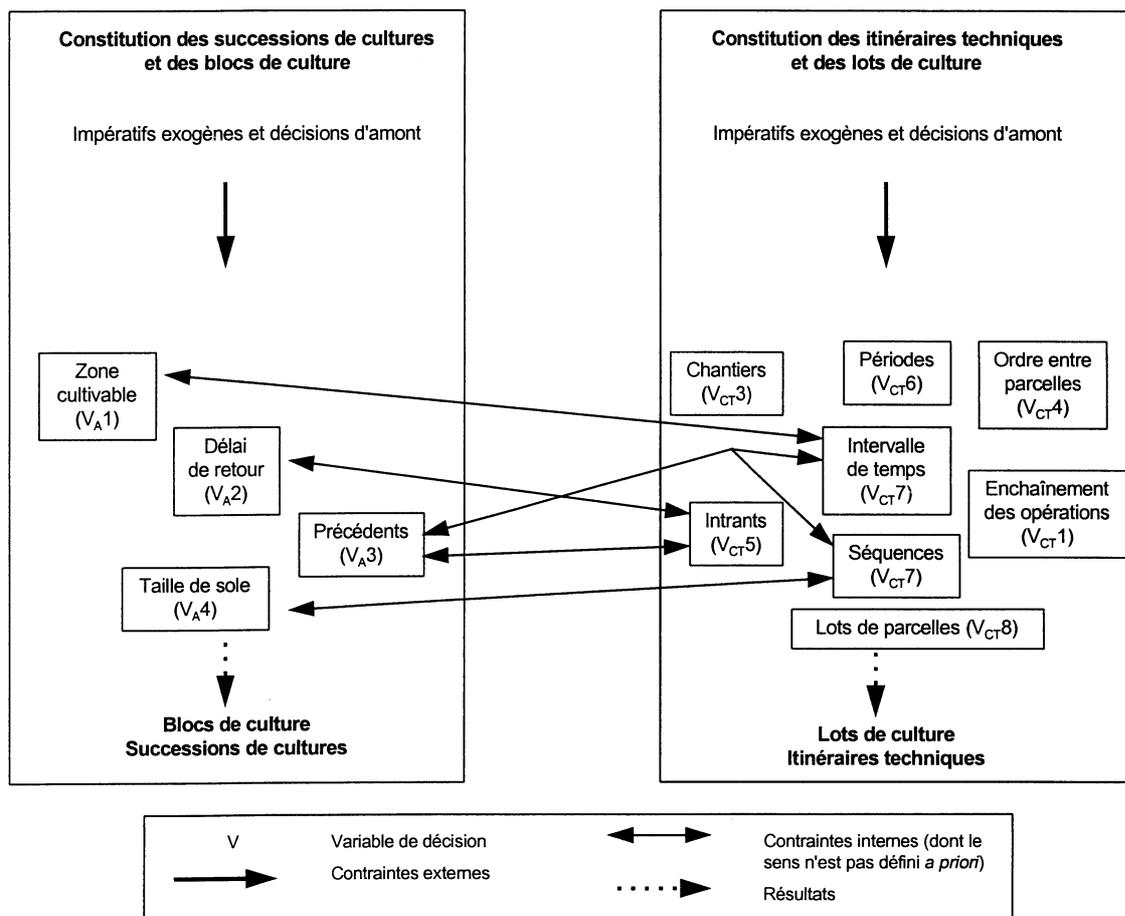
### **3.3. Mise en relation des deux processus**

Les processus de constitution des successions de cultures et des blocs de culture, d'une part, des itinéraires techniques et des lots de culture, d'autre part, ont été présentés séparément car ces deux composantes du concept de systèmes de culture résultent de décisions prises sur des pas de temps différents. Elles mettent en jeu des

ressources productives en partie différentes, ce qui leur confère une autonomie relative. Il n'en reste pas moins que des contraintes réciproques peuvent exister entre ces composantes (Figure 3).

Ainsi, taille des soles et organisation du travail sont reliées. La taille d'une sole impose une durée minimale pour chaque opération culturale donc une demande en travail. Elle joue sur les éventuelles concurrences de travail entre cultures : sur une sole de petite taille, on pourra plus facilement accepter de diminuer la vitesse d'un chantier en libérant un poste de travail pour pouvoir mener simultanément une autre opération, tout en réalisant l'opération dans le temps voulu. A l'inverse, les soles de cultures non prioritaires sont parfois limitées pour diminuer la charge globale en travail à certaines périodes, ou des cultures peu rentables maintenues lorsqu'elles

permettent d'étaler le travail dans l'année. Itinéraires techniques et blocs de culture sont aussi en relation. Par exemple, une décision de récolte tardive sur certains terrains peut induire l'exclusion d'une culture suivante (parcelles argileuses récoltées tard, où l'implantation d'un blé se ferait dans de mauvaises conditions) ; limiter les produits phytosanitaires sur une culture peut se répercuter sur le choix des cultures suivantes. A l'inverse, la localisation d'une sole dans plusieurs blocs de culture, *via* l'appartenance de ses parcelles à différentes successions de cultures, peut induire plusieurs séquences temporelles pour ses opérations culturales, plusieurs modalités pour une opération etc.; le faible délai de retour souhaité pour une culture rentable peut ne pas permettre une conduite technique économe en intrants ou certaines pratiques culturales imposées.



**Figure 3 :** Illustration de quelques relations possibles entre constitution des blocs de culture et constitution des lots de culture

## 4a. Répartition des terres de l'exploitation

	Superficie totale (ha)	Limons argileux (ha)	Limons (ha)	Cranettes (ha)
SAU totale	176	64	102	10
Z1 irrigable	130	64	66	0
Z2 non irrigable	46	0	36	10

## 4b. Définition des variables

Culture x débouché	Délai de retour (DR)	Zone cultivable (ZC)	Précédents	Taille sole	Contraintes majeures
PdT	4 ans	Z1 + Z2 - cranettes ZC = 166 ha	blé, BS	Max = 166/4 = 41 Sole = max = 41 ha	DR de 4 ans pour éviter la gale
PdT FL	4 ans	ZC - Z2 - Limon ZCFL = 64 ha	BS	Max = 64/4 = 16 ha Sole = max = 16 ha	ZC et les précé- dents strictement définis pour obte- nir des tubercules de couleur claire
PdT B	4 ans	ZC - Z2 ZCB = 130 ha	blé	Max = 130/4 = 32 ha Sole = 5 ha (contrat)	Irrigation obliga- toire (contrat)
PdT C	4 ans	ZC - Z2 ZCC = 130 ha	blé	Max = 130/4 = 32 ha Sole = 3 ha (contrat)	Irrigation obliga- toire (contrat)
PdT F	4 ans	ZCF = ZC = 166 ha (irr et non irr.)	blé	Max = 166/4 = 41 ha Sole = max - soles des autres PdT	
BS	4 ans	Z1 + Z2 - cranettes ZC = 166 ha	blé	Max = 166/4 = 41 ha Sole = 38 ha (quota)	Sole à son maximum (quota)
Haricot	7 ans	Z1 ZC = 130 ha	blé, PdT	Max = 130/7 = 18 ha Sole = 16 ha (contrat)	Irrigation obligatoire ; DR mini de 7 ans obligatoire (con- trat) ; sole à son maximum (contrat)
Blé	2 ans 1 an si besoin	Z1 + Z2 ZC = 176 ha	tous	Sole de blé + jach = solde = SAU - PdT - BS - Har. Sole de blé fonction du % jachère obligatoire	Culture non prioritaire

## 4c. Blocs de culture résultants

Bloc	Succession	Localisation	Types de PdT
Bloc 1	BS-PdT-blé/har-blé	64 ha de limons argileux de Z1	PdT FL
Bloc 2	BS-blé-PdT-blé/har	102 ha de limons de Z1 et Z2	PdT F,C,B
Bloc 3	blé-jachère ou jachère fixe	10 ha de cranettes de Z2	-

## Légende :

PdT = pommes de terre ; BS = betteraves sucrières ; Har. = haricot ; ZC = zone cultivable

PdT F = pommes de terre destinée au marché du frais, sans lavage des tubercules

PdT L = pommes de terre destinées au marché du frais, avec lavage des tubercules

PdT C = pommes de terre destinées à l'industrie de la chips

PdT B = pommes de terre destinées à l'alimentation des bébés

**Figure 4** : Constitution des blocs de culture dans l'exploitation

### 3.4. Conclusion partielle

Ainsi, la constitution de systèmes de culture dans l'exploitation peut-elle se représenter sous forme de réseau de contraintes, c'est-à-dire de relations hiérarchiques liant des variables décisionnelles identifiées. La hiérarchie entre variables décisionnelles dépend notamment de l'existence de hiérarchies entre cultures pour l'attribution des ressources productives. C'est en repérant l'ensemble des contraintes et leur sens de propagation dans une exploitation que l'on peut évaluer les marges de manœuvre disponibles pour intégrer de nouvelles exigences portant sur les cultures et pour proposer, le cas échéant, une réorganisation de la production. C'est ce que nous allons illustrer à l'aide d'un exemple.

## 4. Exemple d'adaptation des systèmes de culture à la valorisation d'une production

Dans une exploitation du Santerre (Picardie) produisant pommes de terre, betteraves, blé et haricots de conserve, l'agriculteur a diversifié les débouchés de la culture de pomme de terre, sur laquelle nous focalisons ici l'analyse : marché du frais non lavé<sup>2</sup> (noté ultérieurement F), marché du frais lavé (FL), industrie de la chips (C) et industrie des aliments pour bébés (B). Ces débouchés correspondent à des formes de coordination variées avec l'aval (contrats ou non) et à des cahiers des charges différant sur la spécification des produits (calibres, aspect, matière sèche, résidus dans les tubercules, etc.), les services à fournir (conditionnement, durée et modalités de stockage, dates de livraison), les exigences en matière de conduite technique. Les débouchés industriels imposent certaines pratiques culturales (variété, irrigation, modalités de fertilisation azotée, de fongicides, etc.) ; mais l'agriculteur s'impose aussi des

obligations techniques pour accroître ses chances de satisfaire les exigences sur les produits dans les débouchés non industriels (FL notamment).

L'agriculteur se pose la question des possibilités d'augmentation de la production de pommes de terre FL, débouché sécurisant par rapport au marché très instable du frais classique, et plus souple, tout en étant un peu moins rémunérateur que les contrats industriels. En effet, si le produit obtenu ne satisfait pas entièrement aux critères souhaités, le négociant prend malgré tout en charge la marchandise pour le marché du frais non lavé. Dans les créneaux industriels, la qualité demandée doit absolument être obtenue. L'agriculteur souhaite donc développer ce débouché FL, tout en maintenant les contrats avec les industriels.

Nous analyserons les possibilités et les conséquences d'extension des FL, en utilisant le modèle de constitution des systèmes de culture exposé ci-dessus. Nous montrerons que les blocs de culture et les lots de culture seraient modifiés par une extension, mais pas les itinéraires techniques. Nous pourrions chiffrer l'augmentation possible de la surface en FL compte tenu des différentes contraintes identifiées.

### 4.1. Une révision nécessaire des blocs de culture

L'exploitation (Figure 4) est constituée de 176 ha de SAU. Les terrains sont majoritairement favorables aux cultures retenues, mais l'irrigation n'est possible que sur une partie d'entre eux (Zone 1). Pour l'agriculteur, la pomme de terre est nettement prioritaire pour l'attribution de la ressource en terre, compte tenu de sa rentabilité et des exigences des contrats. Viennent ensuite la betterave et le haricot, puis le blé et la jachère. La constitution des blocs de culture est donc dominée par la taille et la localisation de la sole de pomme de terre ainsi que par son délai de retour.

Pour cette culture, l'agriculteur fixe un délai de retour à 4 ans afin de limiter les risques phytosanitaires, car certains débouchés (FL, B) exigent un tubercule exempt de gale. La zone cultivable de la

<sup>2</sup> Les tubercules de pomme de terre peuvent être vendus aux consommateurs lavés (marché du frais lavé) ou non (marché du frais non lavé).

pomme de terre n'exclut que les terres caillouteuses sur calcaire (« cranettes ») ; délai de retour et zone cultivable déterminent seuls la taille de la sole de cette culture rentable. Les précédents possibles sont le blé et la betterave. Cependant, zones cultivables et précédents varient selon les débouchés : les parcelles non irrigables ne peuvent être occupées que par des pommes de terre F, les autres débouchés exigeant l'irrigation, du fait du cahier des charges exogène (C, B) ou de l'agriculteur lui-même (FL). La zone cultivable des FL est restreinte aux parcelles limono-argileuses irrigables et l'agriculteur s'impose un précédent betterave<sup>3</sup>.

Les tailles des soles des autres cultures prioritaires pour l'attribution de la ressource en terre (betteraves, haricots) sont maximisées et correspondent approximativement aux contrats passés avec les industriels. Les valeurs des variables décisionnelles pour le blé et pour la jachère résultent des choix effectués sur les autres cultures et de la contrainte réglementaire « taux de jachère ».

On aboutit dans l'exploitation à trois blocs de culture : par rapport aux pommes de terre, l'un concerne spécifiquement les FL ; le second concerne, en zone irrigable, les trois autres pommes de terre, et seulement les pommes de terre F en zone non irrigable ; le dernier est conçu spécifiquement pour les sols de « cranettes » et porte des successions céréalières.

La sole totale de pommes de terre et celle de la pomme de terre FL sont à leurs niveaux maximaux, en l'état actuel des contraintes qui portent sur elles. En conséquence, l'extension des FL ne peut se faire sans modification des contraintes. Le délai de retour, déduit du cahier des charges de la culture, ne peut pas être modifié ; de même, l'agriculteur se faisant obligation

d'irriguer ne peut envisager une extension de la sole des FL qu'en prenant sur la zone irrigable de l'exploitation. Mais dès lors, il se heurte aux deux autres contraintes internes jouant sur la taille de la sole des FL : la restriction de la zone cultivable aux seuls limons argileux, et la restriction des précédents possibles aux seules betteraves. Du point de vue de l'agriculteur, augmenter la taille des FL suppose d'accepter de prendre plus de risques sur l'obtention de la couleur claire des tubercules, en remettant en cause les contraintes de précédent et(ou) de zone cultivable. Si l'agriculteur lève ces deux contraintes, et compte tenu de l'objectif de maintenir le niveau actuel des soles sous contrats industriels, l'augmentation de la sole FL ne pourrait se faire qu'aux dépens des seules pommes de terres F situées sur les terres irriguées, soit 8,5 ha au maximum. Les successions actuelles de culture pourraient être conservées, mais réparties moins strictement dans l'espace et moins inféodées à un débouché : le premier bloc de culture n'aurait alors plus lieu d'être différencié du second quant à son affectation spatiale et aux pommes de terre qu'il concerne. Sans détailler ici, on peut montrer que cette souplesse sur les blocs de culture se retrouverait aussi sur l'organisation du travail à l'automne, en autorisant un ordre moins strict des récoltes de betteraves selon les types de sol.

#### **4.2. Des itinéraires techniques conservés, mais une répartition différente en lots de culture**

L'agriculteur est confronté à des exigences spécifiques pour la conduite technique de chacun des types de pommes de terre. Conformément au modèle présenté ci-dessus, on constate (Figure 5) qu'il simplifie fortement la conduite à l'échelle de la sole : par opération, il ne définit qu'un ou deux lots de parcelles, en se fondant sur une obligation technique exogène lorsqu'elle existe ; seul le choix variétal, toujours spécifié dans les débouchés, et pour partie la densité de plantation, qui lui est liée, sont conçus débouché par débouché.

---

<sup>3</sup> Cette restriction provient d'une règle empirique, à savoir que l'exigence de couleur claire des tubercules émise par le négociant pour ce débouché a, selon l'agriculteur, plus de chance d'être satisfaite en sols de texture lourde et derrière une culture de betteraves qu'en sols plus légers ou derrière un blé. Cette conviction est partagée par d'autres agriculteurs de la région mais, à notre connaissance, son fondement n'a pas été validé expérimentalement

Débouchés	Débouché 1 (Frais F)		Débouché 2 (Lavées FL)		Débouché 3 (Chips C)		Débouché 4 (alimentation bébés B)
Opération							
Plantation (positionnement)	Tout en suivant, à partir du 10 avril, dès la récolte des betteraves terminée. Limons argileux en premier.						
Plantation (variétés)	Estima	Binjtje	Fran.	Nico.	Saturna		Binjtje
Plantation (densité) (10 <sup>3</sup> pieds/ha)	31	34	48	34			
Buttages (positionnement)	Tout en suivant, sans ordre de passage particulier. 1er buttage juste après la plantation, 2e juste après l'azote.						
Azote (positionnement)	Tout en suivant, juste après le premier buttage, sans ordre de passage particulier.						
Azote (modalités)	180 U					140 U	
Désherbage	Même produit et même dose partout, tout en suivant, juste après le second buttage, sans ordre particulier.						
Irrigation	Non	Oui Tour d'eau = une fois par semaine du 10-15/6 au 15/8, tout en suivant, sans ordre particulier.					
Fongicides (positionnement)	1 fois/15 jours du 1/06 au 31/08.	Une fois par semaine, après irrigation, du 1/06 au 31/08.			Une fois par semaine après irrigation, du 1/06 au 15/07		
Fongicides (modalités)	Manèbe, dose fixe.					Diango, dose fixe.	
Défanage	Chimique. Ordre de passage suivant ordre de récolte						
Récolte (positionnement)	Tout en suivant à partir du 10-15 septembre, ordre de passage suivant ordre de livraison et de déstockage.						
	IT 3 (F sec)	IT 2 (F irr, FL, C)				IT 1 (B)	

Fran. = Francine ; Nico. = Nicola ; F = Frais , sec = non irrigué, irr = irrigué ; FL = frais lavé haut de gamme ; C = Chips, B alimentation bébés ; IT = itinéraire technique

**Figure 5** : Itinéraires techniques pour la pomme de terre

Sur l'ensemble de la sole de pommes de terre, et bien qu'il vise quatre débouchés, l'agriculteur ne conçoit que trois itinéraires techniques. Il les différencie par la présence ou non d'irrigation, par la fertilisation azotée et par les traitements antifongiques. Seul un itinéraire technique (IT 1) est spécifique d'un débouché, les pommes de terre B, pour lesquelles le cahier des charges est le plus contraignant pour les pratiques culturales. Un autre itinéraire technique concerne les pommes de terre non irriguées destinées au marché du frais (F non irrigué, IT 2) et un troisième est constitué pour toutes les autres pommes de terre (C, F irrigué, FL, IT 3). L'itinéraire technique 1 est planifié en tant que tel par l'agriculteur ; pour les autres, seules certaines opérations sont

explicitement combinées (irrigation et protection fongicide).

A ces trois itinéraires techniques correspondent trois lots de culture. On constate dans ce cas qu'il n'y a pas correspondance stricte entre blocs de culture et lots de culture : une parcelle peut appartenir à un bloc donné et être conduite de façon similaire à celle d'une autre bloc (cas des FL et des F irriguées, par exemple). A l'inverse, des parcelles appartenant au même bloc de culture peuvent être conduites différemment (cas des F irriguées et des B).

L'extension de la pomme de terre FL ne devrait se traduire par aucune modification de la constitution des itinéraires techniques. En effet, cette extension équivaldrait simplement à une substitution de tout ou partie des pommes de

terre F irriguées (IT 3) par des pommes de terre FL, conduites de la même manière, à la variété près. Seule la composition des lots de culture et leur proportion respective serait modifiée dans la sole totale de pommes de terre, suite aux modifications des blocs de culture.

Ainsi, en modélisant l'organisation actuelle des systèmes de culture dans l'exploitation, on peut identifier les variables et les relations directement mises en cause par une évolution souhaitée, ici au niveau stratégique ; on peut dès lors faire fonctionner le modèle pour simuler les conséquences de cette évolution sur la réorganisation des systèmes de culture.

## 5. Discussion

Partant de modèles partiels de représentation des décisions techniques de l'agriculteur, nous avons élaboré un modèle global d'organisation de la production sous la forme de constitution des systèmes de culture dans l'exploitation agricole. Les systèmes de culture apparaissent ainsi comme la résultante de processus itératifs et hiérarchisés d'attribution des ressources disponibles entre cultures et au sein de chacune. Ces processus passent par la mise en cohérence de contraintes d'origine variée, c'est-à-dire par un réseau de relations hiérarchiques entre variables décisionnelles. On aboutit à la constitution de blocs de culture, ensembles des parcelles portant une même succession de cultures, et de lots de culture, regroupant les parcelles qui relèvent d'un même itinéraire technique. Le modèle proposé ici constitue une vision agronomique de la gestion de la production dans l'exploitation. Cependant, il permet de rendre compte de certaines dépendances et autonomies dans la gestion combinée production unitaire/ensemble des productions dans l'exploitation.

En analysant les systèmes de culture par ce modèle nous pouvons, comme nous l'avons illustré, évaluer des marges de manœuvre disponibles dans l'exploitation pour intégrer de nouvelles exigences. On peut alors repérer les

contraintes majeures vis-à-vis du scénario étudié et discuter leur remise en cause. Cette analyse des décisions techniques en termes de contraintes d'origine variée est aujourd'hui importante : les exploitations agricoles doivent en effet être suffisamment souples pour adapter l'assolement et les conduites techniques aux fluctuations des cours mondiaux, aux règles variables d'accès aux indemnités compensatoires, mais aussi aux conditions de qualité requises sur les produits.

Outre son caractère heuristique, cette représentation des systèmes de culture dans l'exploitation peut avoir plusieurs intérêts opérationnels :

- (i) on a montré l'intérêt de travailler sur des niveaux intermédiaires entre la parcelle et l'exploitation dans son ensemble (soles, lots de parcelles, lots de culture, blocs de culture, etc.). En effet, ces niveaux intermédiaires permettent de faire le lien entre les décisions de conduite technique des cultures et les décisions stratégiques portant sur l'orientation du système de production ou le niveau des ressources productives. Le caractère opérationnel de ce modèle pour le conseil n'a pas été étudié en tant que tel à ce jour. Il serait certainement nécessaire d'adapter le formalisme du modèle pour sa mise en œuvre par un conseiller. Cependant, des expériences fructueuses ont été menées dans l'appropriation par des conseillers de cadres d'analyse du même type concernant l'organisation du travail (Chatelin *et al.*, 1994 ; Mousset, 1997 ; Chatelin & Mousset, 1997) ;
- (ii) les démarches d'assurance-qualité largement pratiquées dans l'industrie tendent aujourd'hui à s'étendre aux exploitations agricoles. Pour répondre à des exigences précises des marchés, collecteurs et transformateurs stipulent fréquemment des obligations techniques dans des contrats qui les lient aux agriculteurs. Délimiter les possibilités de coordination technique entre ces acteurs devient aujourd'hui un enjeu important de recherche et de développement : comment concevoir des préconisations techniques adoptables dans les exploitations ?

Comment choisir, pour l'agriculteur, les productions à soumettre à contrat, pour le collecteur, les agriculteurs à contractualiser ? Quelles formes de coordination adopter entre eux ? Ces questions renvoient à des possibilités de diagnostic sur les marges de manœuvre des exploitations pour intégrer des contraintes exogènes. La représentation que nous proposons pourrait, moyennant adaptation pour cet usage, être un outil à utiliser dans ces négociations ;

- (iii) en matière d'environnement, il est difficile d'attribuer telle pollution à telle intervention technique. Les effets environnementaux des actes techniques ne peuvent s'évaluer qu'en considérant l'interaction entre leur nature et leur localisation spatiale. Même s'il est difficile, pour l'instant, de dire en quels termes précis peuvent se négocier des cahiers des charges environnementaux, il est clair qu'ils doivent porter sur des conduites culturelles localisées dans l'espace. Comprendre et représenter les modalités d'affectation aux parcelles des cultures, des successions de cultures et des conduites techniques dans les exploitations est une étape nécessaire pour élaborer ces préconisations (Martin *et al.*, 1998).

Cependant, ces nouveaux enjeux dépassent l'échelle de l'exploitation agricole que nous avons traitée ici. C'est en effet au niveau d'un bassin d'approvisionnement qu'une entreprise d'aval cherche à gérer une production (Le Bail, 1997), c'est à l'échelle d'un bassin versant ou d'une petite région agricole, que la collectivité va vouloir gérer des problèmes de pollution, d'érosion, etc. Aussi doit-on désormais étudier l'exploitation comme un système ouvert, fortement influencé par des impératifs exogènes sur les manières de produire. Le modèle de représentation fondé sur le concept de systèmes de culture et sur la notion de contraintes d'origine variée nous permet *a priori* de le faire.

## Remerciements

Les auteurs remercient Marianne Cerf et Alain Capillon, ainsi que les lecteurs anonymes, pour leur relecture attentive et leurs conseils.

## Bibliographie

**Attonaty J. M., Chatelin M. H., Mousset J.**, 1993. A decision support system based on farmer's knowledge to assess him in decision-making about work organization and long term evolution. International Seminar of CIGR Models Computer Program and Expert Systems for Agricultural Mechanization, Florenza, Italy, 1-2/10. Actes : 8-22.

**Aubry C.**, 1995. *Gestion de la sole d'une culture dans l'exploitation agricole. Cas du blé d'hiver en grande culture dans la région picarde*. Thèse de doctorat de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, 271 p.

**Aubry C, Chatelin M.H.**, 1997. Farmer's technical decisions representation and decision support. In : ten Berge H. F. M. & Stein A. (éds.) : *Model-based decision support in agriculture*, Proc. of the INRA-KCW workshop on decision support systems, Laon, 22-23 October : 65-71.

**Aubry C., Papy F., Capillon A.**, 1998. Modelling technical decisions for annual crop management. *Agricultural Systems*, 56(1) : 45-65.

**Bonneval L. (de)**, 1993. *Systèmes agraires, systèmes de production. Vocabulaire français-anglais avec index anglais*. INRA éditions, 285 p.

**Cerf M.**, 1996. Approche cognitive de pratiques agricoles : intérêts et limites pour les agronomes. *Natures-Sciences-Sociétés*, 4 (4) : 327-339.

**Chatelin M.H., Mousset J., Papy F.**, 1994. Taking account of Decision-Making Behaviour in giving advice. A real life experiment in Picardie. In : Jacobsen B. H., Pedersen D.E., Christensen J. and Rasmussen S. (éds) : *Farmer's decision-making - a descriptive approach*. Proc. of the 38th EAAE Seminar, Copenhague, Denmark : 369-381.

**Chatelin M.H., Mousset J.**, 1997. Decision support for work organization and choice of equipment. In : ten Berge H. F. M. & Stein A. (éds.) : *Model-based decision support in agriculture*, Proc. of the INRA-KCW workshop on decision support systems, Laon, 22-23 October : 59-64

- Darses F., 1994.** *La gestion des contraintes dans la résolution de problèmes de conception.* Thèse de Doctorat en psychologie cognitive, Université de Paris 8 - Saint Denis, 228 p.
- Doré T., Sebillotte M., Meynard J.M., 1997.** A Diagnostic method for assessing regional variations in crop yield. *Agricultural Systems*, 54 (2) : 169-188.
- Duru M., Papy F., Soler L.G., 1988.** Le concept de modèle général et l'analyse du fonctionnement de l'exploitation agricole. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 74 : 81-91.
- Erschler J., Thuriot C., 1992.** Approche par contraintes pour l'aide aux décisions d'ordonnement. In : de Terssac G. et Dubois P. : *Les nouvelles rationalisations de la production*, Cépadués Editions, pp. 249-266.
- Fresco L., 1984.** *Comparing anglophone and francophones approaches to farming systems research and extension.* Farming Systems Support Project, Networking paper, n°1. 36 p.
- Giard V., 1988.** *Gestion de la production.* Paris, Editions Economica, Coll. Gestion.
- Jacobsen B.H., 1994.** Farmers' decision making behaviour : empirical findings from Denmark. In : Jacobsen B. H., Pedersen D.E., Christensen J. and Rasmussen S. (éds) : *Farmer's decision-making - a descriptive approach.* Proc. of the 38th EAAE Seminar, Copenhagen, Denmark : 77-89.
- Le Bail M., 1997.** *Maîtrise de la qualité des céréales à l'échelle du bassin d'approvisionnement d'une entreprise de collecte-stockage : approche agronomique.* Thèse de doctorat de l'INA-PG, Paris, 238 p. + annexes.
- Leroy P., Balas B., Deumier J.M., Jacquin C., Plauborg F., 1996.** Water management at farm level. In : *The management of limited resources in water. Their agronomic consequences. Final Report of E.U CAMAR 8001-CT91-0109 project* : 89-151.
- Marchesnay M., 1993.** PME, Stratégie et recherche. *Rev. Franç. Gestion*, sept-oct 1993 : 70-76.
- Martin P., Papy F., Souchère V., Capillon A., 1998.** Maîtrise du ruissellement : intérêt d'une modélisation des pratiques de production. *Cahiers. Agricultures* (sous presse).
- Maxime F., Mollet J. M., Papy F., 1995.** Aide au raisonnement de l'assolement en grande culture. *Cahiers Agricultures*, 4 : 351-62.
- Maxime F., Nicoletti J.P., Leroy P., Papy F., 1997.** Donner de la souplesse au choix d'assolement par des rotations-cadres. Colloque "Aide à la décision et choix de stratégies dans les entreprises agricoles", Laon, 10-11 décembre 1996. Actes : 85-99.
- Meynard J.M., 1998.** La modélisation du fonctionnement de l'agrosystème, base de la mise au point d'itinéraires techniques et de systèmes de culture. In : Biarnès A. (éd.) : *La conduite du champ cultivé. Points de vue d'agronomes.* Montpellier, Editions de l'Orstom, coll. *Colloque et Séminaire* : 29-54.
- Mousset J., 1997.** *Mécagro : conseil en agro-équipement dans l'exploitation de grande culture.* Le Biopôle végétal, section Agro-transfert, 338 p.
- Nistch U., 1991.** *Computers and the nature of farm management.* European Seminar on Knowledge Management and Information Technology, Wageningen, 1991.
- Papy F., 1994.** Working knowledge concerning technical systems and decision support. In : Dent J. B. & McGregor M. J. (éds.) : *Rural and Farming systems Analysis. European perspectives.* CAB International, United Kingdom : 222-235 (repris en français In : Biarnès A. (éd.) : *La conduite du champ cultivé. Points de vue d'agronomes.* Montpellier, Editions de l'Orstom, coll. *Colloque et Séminaire* : 245-260).
- Papy F., Attonaty J.M., Laporte C., Soler L.G., 1988.** Work organization simulation as a basis for farm management advice. *Agricultural Systems*, 27 : 295-314.
- Rellier J.-P., Marcaillou J.-C., 1990.** Modèles de raisonnement en conduite de culture et conséquences pour les systèmes d'aide à la décision. *Agronomie*, 6 : 487-498.
- Robinson R.B., Logan J.E. & Salem M.Y., 1986.** Strategic versus operational planning in small retail firms. *American Journal of Small Business*, 10 (3) : 7-16.
- Ruthenberg H., 1980.** *Farming Systems in the Tropics.* London, Oxford University Press, Third edition, 424 p.
- Sebillotte M., 1978.** Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 78 : 906-914.
- Sebillotte M., 1990.** Système de culture, un concept opératoire pour l'agronome In : Combe L et Picard D. (éds.) : *Les systèmes de culture.* Paris, INRA, coll. *Un point sur...* : 165-196.
- Sebillotte M., Soler L.G., 1990.** Les processus de décision des agriculteurs. Acquis et questions vives. In : Brossier J., Vissac B., Le Moigne J. L. (éds.) : *Modélisation systémique et Systèmes agraires.* Paris, INRA : 88-102.

**Soler L.G.**, 1990. Décisions financières et incertitude dans les exploitations de grande culture. *Rev. Franç. Gestion*, 79 : 47-56

**de Terssac G., Lompré N., Erschler J., Huguet M. J.**, 1993. *La renégociation des contraintes*. Colloque de prospective, Recherches pour l'ergonomie, Université de Toulouse-Le-Mirail, 18-19 novembre 1993. Actes, pp. 199-209.

**Thépot J.**, 1995. La modélisation en sciences de gestion ou l'irruption du tiers. *Rev. Franç. Gestion*, Janvier-février 1995 : 66-70.

**Zandstra H.G.**, 1979. Cropping Systems research for the Asian rice farmer. *Agricultural Systems*, 4, 135-153.

