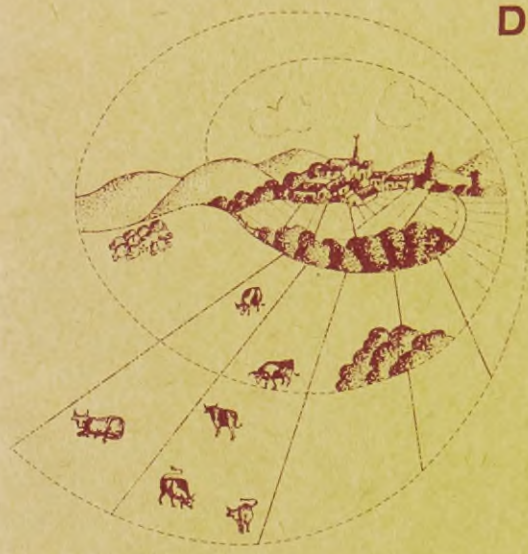


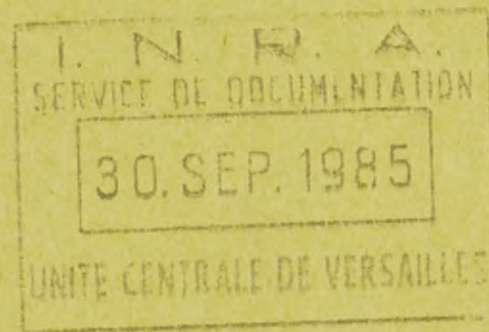


P4339

②

ETUDES et RECHERCHES

Groupe Lorraine



FONCTIONNEMENT DE L'EXPLOITATION AGRICOLE ET SIMULATION DE SON EVOLUTION

- Le système de production d'une exploitation laitière du Barrois - Côte de Meuse (Vosges)
- Première approche de l'influence des quotas laitiers

J. BROSSIER - E. CHIA
avec la collaboration de X. LE BRIS



038859

Octobre 1984

DAD-2



FONCTIONNEMENT DE L'EXPLOITATION AGRICOLE ET SIMULATION DE SON EVOLUTION

- **Le système de production d'une exploitation laitière du Barrois - Côte de Meuse (88)**
- **Première approche de l'influence des quotas laitiers**

J. BROSSIER*, E. CHIA
avec la collaboration de X. LE BRIS*****

* INRA-SAD Versailles - Dijon - Mirecourt

** Ingénieur du Centre de Gestion de Côte d'Or réalisant une thèse de troisième cycle avec l'INRA-SAD

*** ITCF

CONSTRUCTION OF A LEXICAL STIMULATION DEGREE FUNCTION

THESE RESEARCHES WERE SUPPORTED BY THE
FEDERAL GOVERNMENT OF GERMANY
UNDER THE LEADER-SHIP OF THE
DEPARTMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

BY THE
FEDERAL GOVERNMENT OF GERMANY

SOMMAIRE

	pages
Résumé en français,	5
anglais,	6
espagnol	7
Note préliminaire	
I - L'exploitation de Monsieur TOLLOT, une exploitation laitière, quelques problèmes d'évolution	9
A - La région de NEUFHCATEAU	9
B - L'exploitation de Mr et Mme TOLLOT	9
II - Compréhension du fonctionnement technico-économique de l'exploitation. Hiérarchisation des contraintes.	17
A - Le système et ses contraintes avant drainage 1981	18
B - Le système et ses contraintes après drainage 1982	23
III - Simulations de quelques systèmes de production régionaux	29
IV - Influence des quotas laitiers sur les systèmes de production (en 1984).	33
 <u>ANNEXE</u>	
1 - Coefficients techniques du modèle laitier de base	41
2 - Hypothèses sur les systèmes de production viande bovine	45
3 - Programmation linéaire et exploitation agricole : présentation de l'outil.	48

SOMMAIRE

Page

1	Résumé en français
2	anglais
3	espagnol
4	Notes préliminaires
5	I - L'application de l'analyse à l'évaluation
6	II - L'analyse de l'évaluation
7	III - L'analyse de l'évaluation
8	IV - L'analyse de l'évaluation
9	V - L'analyse de l'évaluation
10	VI - L'analyse de l'évaluation
11	VII - L'analyse de l'évaluation
12	VIII - L'analyse de l'évaluation
13	IX - L'analyse de l'évaluation
14	X - L'analyse de l'évaluation
15	XI - L'analyse de l'évaluation
16	XII - L'analyse de l'évaluation
17	XIII - L'analyse de l'évaluation
18	XIV - L'analyse de l'évaluation
19	XV - L'analyse de l'évaluation
20	XVI - L'analyse de l'évaluation
21	XVII - L'analyse de l'évaluation
22	XVIII - L'analyse de l'évaluation
23	XIX - L'analyse de l'évaluation
24	XX - L'analyse de l'évaluation
25	XXI - L'analyse de l'évaluation
26	XXII - L'analyse de l'évaluation
27	XXIII - L'analyse de l'évaluation
28	XXIV - L'analyse de l'évaluation
29	XXV - L'analyse de l'évaluation
30	XXVI - L'analyse de l'évaluation
31	XXVII - L'analyse de l'évaluation
32	XXVIII - L'analyse de l'évaluation
33	XXIX - L'analyse de l'évaluation
34	XXX - L'analyse de l'évaluation

ANNEXE

1	I - L'analyse de l'évaluation
2	II - L'analyse de l'évaluation
3	III - L'analyse de l'évaluation
4	IV - L'analyse de l'évaluation
5	V - L'analyse de l'évaluation
6	VI - L'analyse de l'évaluation
7	VII - L'analyse de l'évaluation
8	VIII - L'analyse de l'évaluation
9	IX - L'analyse de l'évaluation
10	X - L'analyse de l'évaluation
11	XI - L'analyse de l'évaluation
12	XII - L'analyse de l'évaluation
13	XIII - L'analyse de l'évaluation
14	XIV - L'analyse de l'évaluation
15	XV - L'analyse de l'évaluation
16	XVI - L'analyse de l'évaluation
17	XVII - L'analyse de l'évaluation
18	XVIII - L'analyse de l'évaluation
19	XIX - L'analyse de l'évaluation
20	XX - L'analyse de l'évaluation
21	XXI - L'analyse de l'évaluation
22	XXII - L'analyse de l'évaluation
23	XXIII - L'analyse de l'évaluation
24	XXIV - L'analyse de l'évaluation
25	XXV - L'analyse de l'évaluation
26	XXVI - L'analyse de l'évaluation
27	XXVII - L'analyse de l'évaluation
28	XXVIII - L'analyse de l'évaluation
29	XXIX - L'analyse de l'évaluation
30	XXX - L'analyse de l'évaluation

RESUME

La programmation linéaire reste un excellent outil pour organiser les données collectées sur une exploitation suivie par une équipe pluridisciplinaire (unité de recherches SAD VERSAILLES-DIJON) et ainsi comprendre le fonctionnement de l'exploitation et ses modifications éventuelles dues à des changements de l'environnement économique.

L'originalité de ce modèle a été de prendre en compte de façon fine le parcellaire divisé suivant les types d'utilisation et les niveaux de production. Dans la hiérarchie des contraintes, celles qui lui sont liées jouent un rôle déterminant dans le choix du système de production. De nombreuses simulations ont été réalisées avec la participation active de l'agriculteur pour tester ses projets d'évolution. Il apparaît que le modèle décrit assez bien le comportement de l'agriculteur. Par ailleurs, dans le cadre du Forum des Fourrages de l'Est (février 1984), le modèle a été "régionalisé" pour étudier l'intérêt économique d'autres systèmes de production ("grandes cultures", vaches allaitantes...) dans ce type d'exploitation. Des changements de systèmes -faibles ou importants- pourraient être intéressants si la politique laitière et les rapports de prix se modifiaient sensiblement.

Durant l'été 1984, le modèle a été actualisé pour tenir compte précisément des quotas laitiers. Une réduction drastique de la production laitière a été imposée et de nouvelles vaches laitières moins productives ont été introduites dans le modèle. Les simulations réalisées montrent que la réduction se fait en diminuant le nombre de vaches les plus productives et non en diminuant la production laitière par vache. Des substitutions (culture de vente, production de viande bovine) permettent de limiter la chute du revenu.

MOTS CLES

Système de production
Exploitations laitières
Quotas laitiers
Simulation
Programmation linéaire
Lorraine.

SUMMARY

Linear programming is still an excellent tool to organize the data collected in a farm by a multidisciplinary monitoring (Research Unit on Agrarian Systems and Development VERSAILLES-DIJON-MIRECOURT) and to understand the functioning of the farm and its possible shifts caused by changes in the economic environment.

The model takes into account the spatial pattern of the fields and their uses. In the hierarchy of the constraints, those tied to the spatial distribution play a major role in the choice of the farming systems.

Several simulations were realized with the active participation of the farmer to test his strategies of future. The model correctly describes the economic behaviour of the farmer.

Furthermore, in the frame of the "Forum des Fourrages de l'Est" (symposium on forage, NANCY, february, 1984), the model were" regionalized" to study, for the Lorraine area, the economic interest of the other systems if the milk politic and the price ratio were modified.

During the 1984 summer, the model was modified to take into account precisely the "milk quotas". A strong reduction of the milk production was tested and new less productive milk cows were introduced in the model. The realized simulations show that the reduction is got by the number of cows and not by the level of the milk production per cow. Some substitutions (cultures, beef-meat production) allow to limit the income drop.

KEY WORDS

Farming system
Milk production
Simulation
Linear programming
Lorraine, France.

RESUMEN

La programacion lineal constituye aun un excelente metodo, de organizacion coherente de resultados (o indicadores) de una explotacion agricola. De esta manera se puede comprender el funcionamiento de la explotacion y la influencia del medio ambiente economico.

El modelo fue realizado por une equipo pluridisciplinario del S.A.D.(*). La originalidad del modelo reside en la definicion de grupos de parcelas, segun su localizacion y segun su caracteristicas agronomicas.

Diferentes simulaciones fueron realizadas para estudiar el proyecto del agricultor. El agricultor participo activamente a la elaboracion y a la discucion de los resultados. El modelo sirvio de base para analizar las consecuencias (en matiere economica y tecnica) de cambios radicales de orientacion (cereales o bovinos de Carne).

En 1984 la politica Agraria de la CEE introduce las cuotas de produccion de leche. El modelo permitio estudiar la influencia de cuotas. Dos hipotesis fueron establecidas. Reducir el numero de vacas o la cantidad producida, disminuyendo la cantidad de alimentos concentrados.

Las diferentes simulaciones muestran que la solucion la mas "rentable" es la reduccion del numero de vacas y no como se podria pensar disminuyendo la produccion individual. Una aumentacion de las producciones de cereales y de otras producciones animales anexas limitan la caida del ingreso del agricultor.

PALABRES CLAVES

Sistema de produccion
Simulacion
Programacion lineal
Funcionamiento de una explotacion agricola
Produccion lechera
Lorraine (FRANCE)

(*) URSAD : Unidad de Investigaciones sobre los Sistemas Agrarios y el Desarrollo (Departamento del INRA)

NOTE PRELIMINAIRE

L'Unité SAD VERSAILLES-DIJON-MIRECOURT a entrepris depuis deux ans une recherche sur les Systèmes Agraires en Lorraine Méridionale et leur évolution dans une perspective de développement. Cette recherche est réalisée par une équipe pluridisciplinaire réunissant agronomes, zootechniciens, économistes, sociologues en étroite collaboration avec les techniciens de la Chambre d'Agriculture des Vosges et les responsables de la Petite Région de NEUFCHATEAU. La recherche est menée à plusieurs niveaux d'observation et d'analyse -la parcelle, l'exploitation agricole, le village, la petite région- Le thème choisi au départ est la maîtrise de l'excès d'eau. L'étude présentée (2) s'inscrit dans ce cadre : il s'agit d'une analyse fine d'une exploitation, que l'équipe a choisie, pour approfondir **la connaissance du fonctionnement de l'exploitation** et repérer les références techniques et les indicateurs de maîtrise que l'agriculteur utilise ou dont il pourrait avoir besoin. L'agriculteur envisageait après réalisation **d'un programme de drainage** important de modifier son système de production.

A l'occasion du Forum des Fourrages de l'Est, nous présentons les simulations réalisées dans le cadre strict de cette exploitation et celles construites pour étudier des questions d'intérêt régional (3).

En juin-juillet 1984, une réactualisation du modèle pour tenir compte des prix de la campagne 1983-1984 (prix 1984) a permis de tester l'influence de **la politique des quotas** sur le système de production de ce type d'exploitation.

(1) Une première version de cet article a été publiée dans le recueil des communications pour le Forum des Fourrages de l'Est tenu à NANCY les 21-22 Février 1984 (pp.360-393). Dans celle présentée ici on a essayé de prendre en compte la politique des quotas laitiers.

(2) M. BENOIT, P. MORLON, J. VERON, P. PARASSIN et E. MARSHALL de l'équipe SAD ainsi qu'H. BERNOT et A. DEMANGE de la Chambre d'Agriculture des Vosges ont plus particulièrement participé à différentes phases du travail.

(3) Les données de base permettant la "régionalisation" du modèle ont été rassemblées par X. LE BRIS (ITCF).

I - L'EXPLOITATION DE MONSIEUR TOLLOT. UNE EXPLOITATION LAITIERE : QUELQUES PROBLEMES D'EVOLUTION

A - La région de NEUFCHATEAU (4)

Il est très dangereux de définir une exploitation moyenne, car dans cette région on peut repérer, au-delà d'une homogénéité apparente liée à la production de lait, une assez grande diversité. Sur la figure 1 ci-après on a indiqué la valeur moyenne, mais aussi les valeurs qui l'encadrent permettant de regrouper environ les 2/3 des exploitations. On constate la forte proportion de systèmes d'alimentation à base de foin, d'étables anciennes et de traite au parc.

Sur l'encart n° 1, on présente une typologie des exploitations de la région en cinq groupes, construits à partir d'enquêtes exhaustives. L'exploitation étudiée s'inscrit nettement dans le cinquième : exploitation laitière de grande taille sur laquelle l'agriculteur, jeune ou ayant un successeur, pratique de l'ensilage. Il s'agit donc de la "cible" habituelle des organismes de développement. Les problèmes étudiés rejoignent aussi une partie de ceux des exploitations laitières de grande taille, plus traditionnelles, l'étude concerne donc environ 40% des exploitations agricoles de la petite région.

B - L'exploitation de Mr et Mme TOLLOT.

1/ Structure et système de production

Installation : 1965

1 - Famille et facteur travail

Mr et Mme TOLLOT :	plein temps (45 ans)
Mme TOLLOT :	traite et soin aux animaux (presque un mi-temps).
Stagiaire :	6-7 mois par an en été

Total : deux UTH sur l'exploitation

(4) La présentation s'appuie sur les enquêtes réalisées dans la zone de NEUFCHATEAU en 1979 par la Chambre d'Agriculture des Vosges -enquête exhaustive auprès de toutes les exploitations (un millier) des 96 villages des 4 cantons- et en 1983 par L.PASQUIER, étudiant de l'ENSA de RENNES et sur les RGA 1970-1979.

	Valeur moyenne	Valeurs qui permettent de regrouper environ les 2/3 des exploitations		
I - STRUCTURE				
La famille				
Chef d'exploitation (âge)	50	39	-	61
La force de travail				
Nombre d'actifs	1,9	1	-	2,8
Foncier				
Superficie totale	44ha(1)	8	-	80
En propriété	20	0	-	40
II - SYSTEME DE PRODUCTION				
Terres en culture de vente (céréales)	11,2ha	0	-	30
Vaches laitières (Nb)	18 VL	3	-	33
Génisses	17	0	-	34
III - STATUT DU CHEF D'EXPLOITATION				
Marié	77,5 %			
Célibataire	17,3 %			
Veuf	5,2 %			
Avec activité extérieure	15,5 %			
Retraité	11,5 %			
Présence sûre d'un successeur	20 % (2)			
IV - SYSTEME FOURRAGER				
Foin exclusif	72 %			
Présence de maïs ensilage	20,4 %	} certaines exploitations font les deux ensilages		
Présence d'ensilage d'herbe	15 %			
V - MATERIEL ET BATIMENTS				
Etables (1983)				
Entravé traditionnel	57 %			
Entravé moderne ou rénové	28 %			
Stabulation libre	15 %			
Traite au parc	38 % des exploitations laitières (dont 20% de façon très rudimentaire)			

- (1) En 10 ans (RGA) la taille moyenne des exploitations a augmenté de 28%.
En 1983 la superficie moyenne des exploitations à *plein temps* est de 57 ha.
- (2) D'après le RGA, 1979, le pourcentage des chefs d'exploitations de plus de 50 ans sans successeur est de plus de 60%. Si les terres "libérées" étaient reprises par les agriculteurs à plein temps restant, cela doublerait leur superficie.

FIGURE 1 : LES EXPLOITATIONS AGRICOLES (A PLEIN TEMPS ET A TEMPS PARTIEL)

Source : Enquêtes exhaustives réalisées par la Chambre d'Agriculture des Vosges (équipe de NEUFCHATEAU) 1979-1980.

On peut proposer une typologie des exploitations, illustrant leur diversité à partir des critères suivants : (1)

- système fourrager (foin exclusif, foin plus ensilage d'herbe, ensilage de maïs...)
- bâtiments nouveaux ou anciens
- dimension : nombre de vaches laitières et nombre d'hectares
- présence ou absence d'un successeur
- statut : agriculteur à temps complet ou à temps partiel
- âge du chef d'exploitation.

1/ Petites exploitations avec chef d'exploitation à temps complet (19,5%)

2/ Petites exploitations dont le chef d'exploitation travaille dans l'agriculture à temps partiel (15,5%)

Ces deux groupes ont un grand nombre de caractéristiques communes :

- forte proportion de célibataires
- pas de successeur
- bâtiments anciens
- peu d'entraide
- peu ou pas de vaches laitières. Mais il n'y a que 2% des exploitations qui n'ont pas du tout de bovins.

3/ Exploitation de taille moyenne, traditionnelle (24%)

L'agriculteur est âgé (55 ans en moyenne), il ne pratique pas l'entraide entre agriculteurs, il n'a pas de successeur. Il dispose en moyenne de 33 hectares et 12 vaches laitières dans des bâtiments anciens. Son système fourrager hivernal est basé exclusivement sur le foin. Les exploitations de ce groupe se maintiennent.

Groupes 4 et 5 : Exploitations de plus grande taille avec chef d'exploitation à plein temps ayant un successeur.

4/ L'exploitation reste "traditionnelle" (9,5%)

Les bâtiments sont anciens, l'entraide est inexistante, le système d'alimentation hivernale reste le foin exclusif. En moyenne les exploitations ont 62 hectares et 26 vaches laitières. Certaines exploitations sont très performantes.

5/ L'exploitation a adopté l'ensilage (22,5%)

Le chef d'exploitation est jeune en moyenne (45 ans), il a des bâtiments nouveaux, il pratique l'entraide surtout dans des chantiers d'ensilage. Il pratique en effet l'ensilage d'herbe et/ou de maïs. Il dispose d'une superficie de 78 hectares et d'un troupeau de 33 vaches laitières.

Dans ce groupe "moderne", il y a 30 exploitations avec des truies. Notons aussi que près de 20% des exploitations ont des brebis mais très rarement à l'exclusion des bovins.

ENCART N°1 : TYPOLOGIE DES EXPLOITATIONS (REGION DE NEUFCHATEAU)

930 exploitations

(1) Sur l'analyse de la diversité des exploitations agricoles et sur la construction de typologies on pourra se reporter aux travaux de l'équipe INRA-SAD (Equipe INRA-ENSSAA, 1973, Groupe de recherches INRA-ENSSAA, 1977, BROSSIER, PETIT 1977). On pourra aussi lire dans ce volume Forum, l'article de M. PETIT, M. ROUX sur les typologies réalisées à Rambervilliers en 1971 et 10 ans après, et l'article du SUAD du Bas Rhin sur la typologie construite en Alsace Bossue avec la même méthodologie.

2 - Terre (cf aussi figures 5 et 6)

	1980 (avant drainage et derniers échanges)		1983 (après drainage et échanges)	
	Nb de parcelles	ha	Nb de parcelles	ha
Superficie totale	33	72,6	30	72,7
Superficie cultivée (deux qualités de sol)	17	40,6	17	39,8
Superficie cultivable (encore en prairies permanentes)	0	0	10	25,8
Superficie en prairies permanentes non cultivables	16	32	3	7,1

**FIGURE 2 : SUPERFICIE TOTALE ET CULTIVEE DE L'EXPLOITATION DE
Mr et Mme TOLLOT**

3 - Bâtiments (cf figure 4)

Etable A- Stabulation libre à logette avec 44 places pour vaches laitières. Etable éloignée de la maison. (traite au parc pendant les mois d'été).

Etable B- Stabulation pour génisses

4 - Système de production 1981 - 1983 (cf figure 3)

- 44 vaches laitières FFPN + génisses de renouvellement
- Moyenne économique d'étable : 5600 litres
- Alimentation : ensilage de maïs et d'herbe, plus un peu de foin.

2/ Quelques problèmes concernant l'évolution de l'exploitation

- Les conditions de travail

La traite au parc est pratiquée l'été sur cette exploitation en raison du parcellaire, de la disposition et de l'état des bâtiments. Ceci entraîne d'assez mauvaises conditions de travail que Mme TOLLOT souhaite changer.

- L'augmentation de la production

La disposition des bâtiments et l'éloignement des parcelles gênent l'augmentation de la production avec le système d'alimentation actuel. Des modifications sont donc nécessaires.

	1981	1982	1983	1984 (prévision)
Superficie totale	72,6	73,2	72,7	72,7
Cultures (dont céréales+colza)	40,6 (29,4)	43,9 (28,7)	48,6 (21,2)	52,5 (23,5)
Blé d'hiver	6	5,4	5	5
Orge de printemps	11,0	23,3	8,2	10,5
Escourgeon	4,6	-	8	8
Colza	7,8	-	-	-
Maïs ensilage	8,1	8,2	14,8 (a)	11
Prairies temporaires (RGI....)	3,1	7	12,6	18
Prairies permanentes	32	29,3	24,1	20,2
Nombre de VL	44	43	49	plus de 50

(a) une partie du maïs a été vendu.

FIGURE 3 : SYSTEMES DE PRODUCTION PRATIQUES PAR MONSIEUR TOLLOT

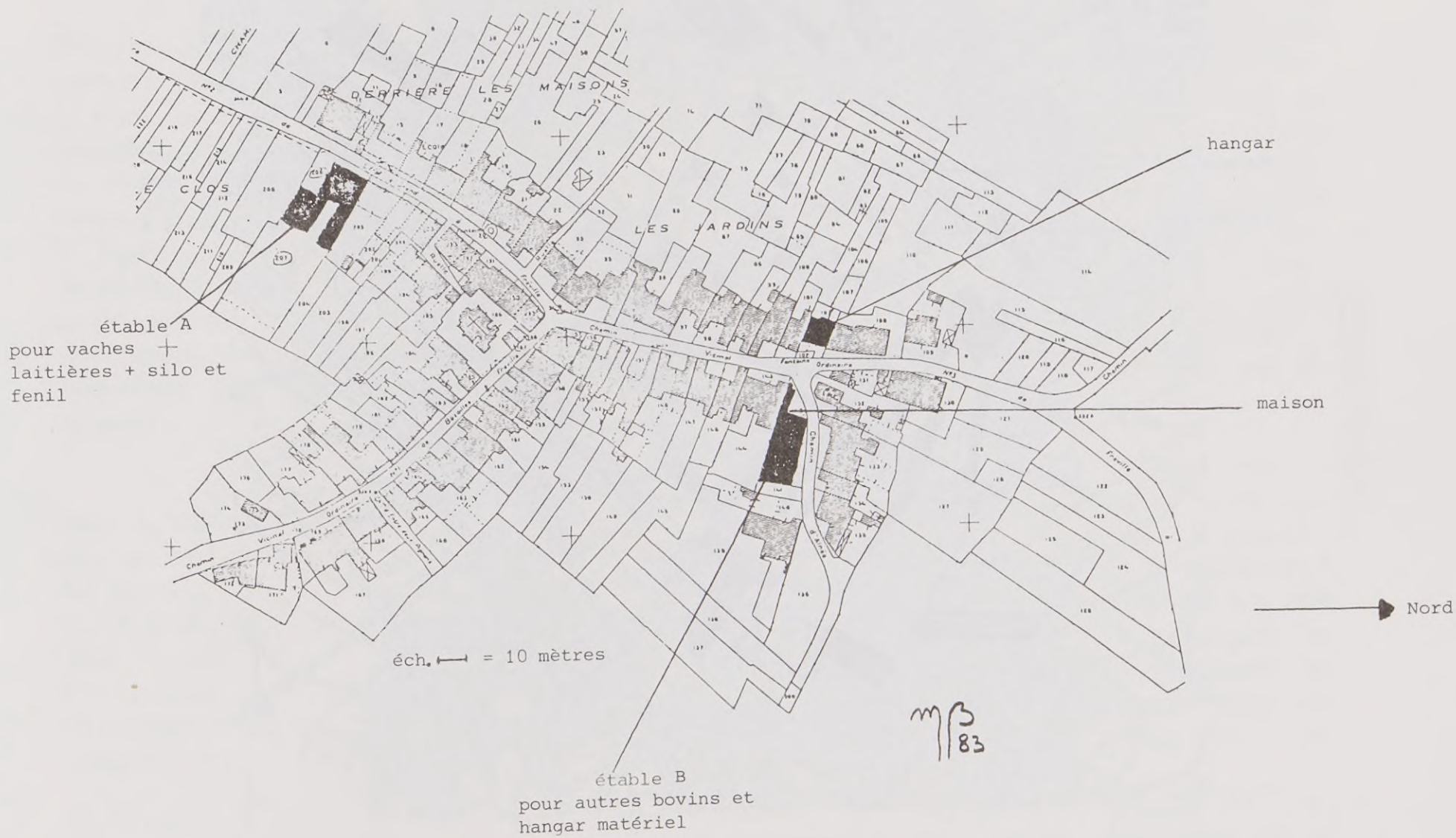


FIGURE 4 : PLAN DES BATIMENTS DE M.G.T. (FREVILLE)

3/ Quelles sont les solutions ?

Pour améliorer le parcellaire, Mr TOLLLOT a fait des échanges amiables et a drainé à l'automne 1981 trente hectares qui donnent un usage plus large des parcelles.

Pour les bâtiments, il y a deux possibilités : agrandissement du bâtiment actuel dans le village ou construction d'un nouveau bâtiment à l'extérieur du village. Cette question doit être reliée à celle du choix du système d'alimentation.

Pour le système d'alimentation en fourrage grossier, le zéro-pâturage dans l'étable agrandie est une solution envisagée.

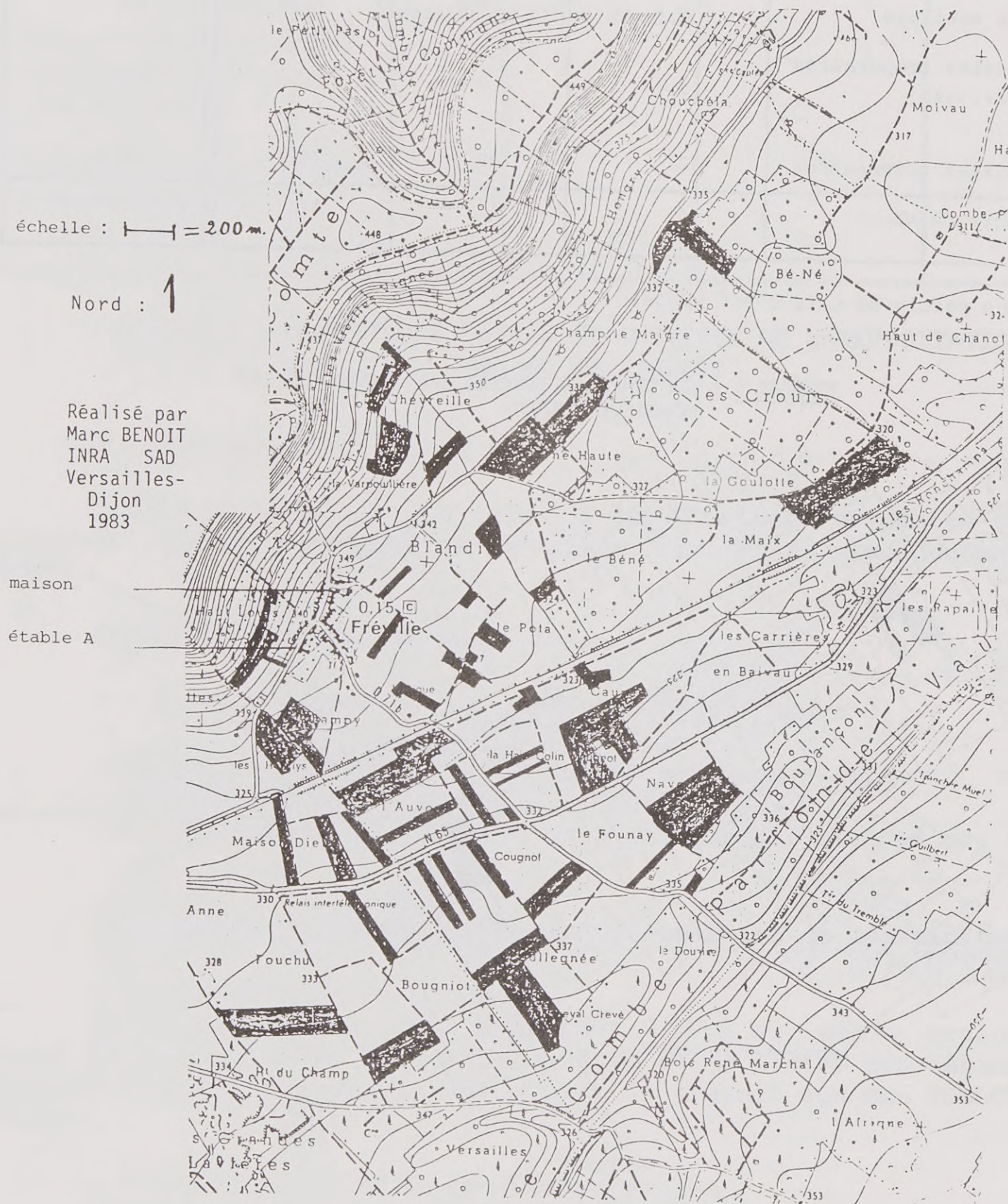


FIGURE 5 : PLAN PARCELLAIRE DE M.C.T. AVANT REALISATION DES ECHANGES PARCELLAIRES A L'AMIALE.

4/ La situation fin 1983

Un nouveau parcellaire plus simple mais qui reste encore très morcelé (cf figure 6).

Agrandissement du bâtiment pour loger 60 vaches laitières et les génisses, salle de traite (en cours)

Zéro-pâturage pour éviter la traite au parc et améliorer la production, (prévu pour 1984).

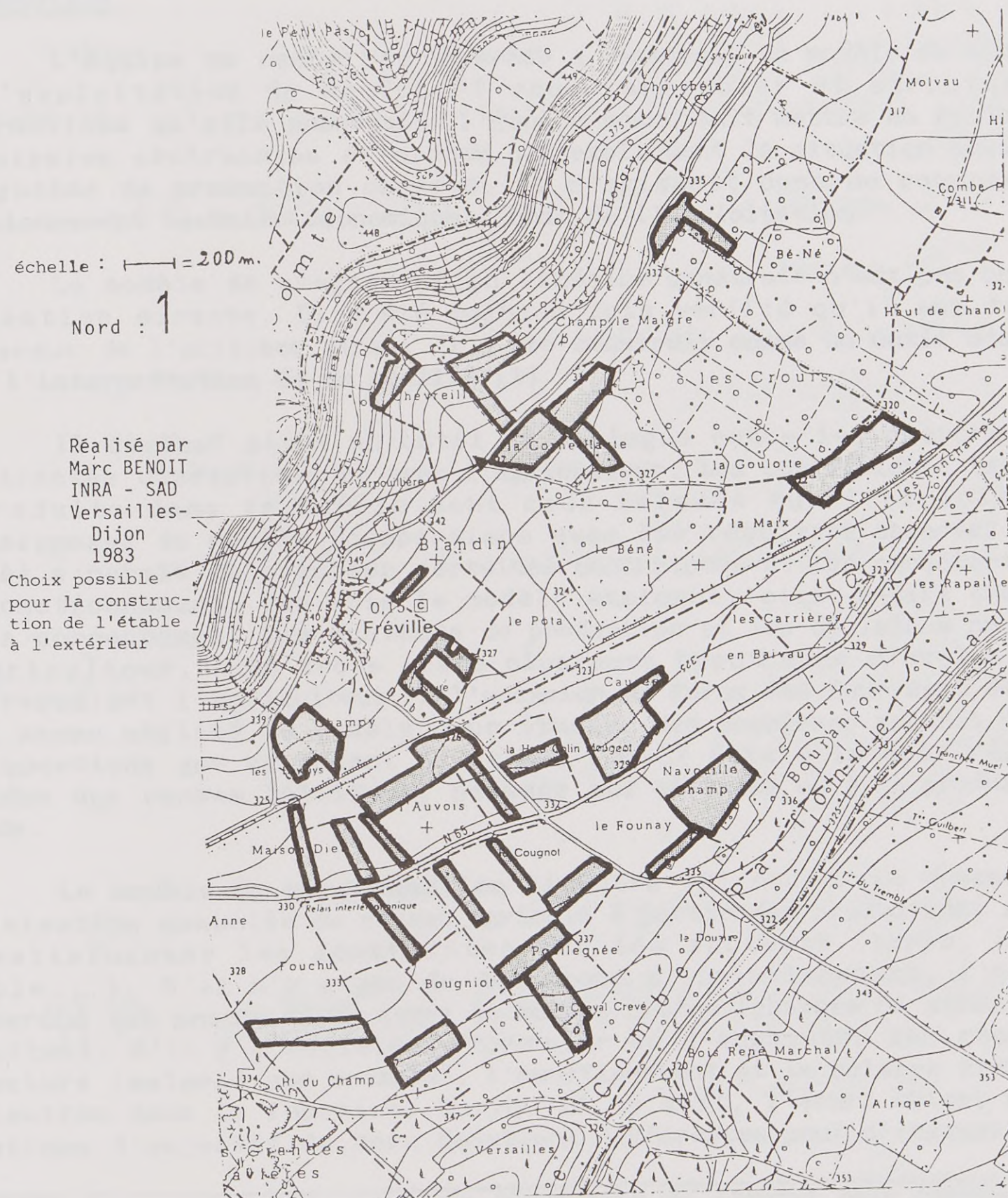


FIGURE 6 : PLAN PARCELLAIRE DE M.G.T. APRES REALISATION DES ECHANGES PARCELLAIRES A L'AMIALE

A) la situation de l'Etat

Le tableau ci-dessous résume les données relatives à la situation de l'Etat en 1990. Les données sont exprimées en millions de francs CFA.

Poste	1990
Produit intérieur brut (PIB)	1 200 000
Produit national brut (PNB)	1 100 000
Produit national net (PNN)	1 000 000
Produit national brut (PNB) - PNN	100 000
Produit national brut (PNB) - PNN	100 000



II - COMPREHENSION DU FONCTIONNEMENT TECHNICO-ECONOMIQUE DE L'EXPLOITATION A PARTIR D'UN MODELE DE SIMULATION. HIERARCHISATION DES CONTRAINTES. EVOLUTIONS POSSIBLES

INTRODUCTION

L'équipe de recherche INRA-SAD a construit un modèle de simulation de l'exploitation de Mr TOLLLOT pour rassembler et structurer les informations qu'elle possédait. L'équipe souhaitait mettre en évidence les principales contraintes et atouts qui expliquent la situation actuelle et le système de production observé. Il s'agissait donc de comprendre le fonctionnement technico-économique global de l'exploitation.

Le modèle de programmation linéaire construit n'est pas un modèle de gestion directe. Il a été maintes fois vérifié qu'il est toujours dangereux de l'utiliser ainsi. **Il a été construit comme un outil d'analyse, pour l'interprétation de la réalité (1).**

Il devient ainsi un outil de dialogue entre les chercheurs des différentes disciplines et avec l'agriculteur. Les coefficients techniques introduits dans le modèle sont ceux relevés sur l'exploitation. L'étalonnage du modèle (comparaison avec les résultats observés dans le passé) a permis de préciser certaines contraintes et les caractéristiques du fonctionnement. Une fois le modèle étalonné, c'est-à-dire traduisant assez correctement les systèmes de production et les décisions passées de l'agriculteur, nous avons testé plusieurs hypothèses d'évolution qui intéressaient l'agriculteur. A l'occasion du Forum des Fourrages de l'Est, nous avons utilisé le modèle pour étudier des problèmes sortant du cadre des questions que se posent Mr et Mme TOLLLOT mais d'intérêt régional : abandon des vaches laitières, passage aux céréales ou à la production de viande.

Le modèle de **programmation linéaire** (2) construit repose sur la maximisation annuelle du revenu agricole à partir des productions choisies en satisfaisant les contraintes sur les facteurs (terre, travail, étable...). S'il n'y a pas de décisions d'investissement, l'objectif recherché est proche d'une somme de marges brutes (charges de structure non déduites). S'il y a décision d'investir ou d'augmenter les charges de structure (salarié par exemple), l'amortissement et le salaire viennent en diminution dans la fonction. Quoiqu'il en soit, l'écart obtenu dans les fonctions d'objectif de deux solutions différentes peut s'interpréter, en

(1) Pour une présentation et une discussion de l'outil voir annexe III, et les publications de BOUSSARD (1970), BROSSIER et al (1974), BROSSIER et al (1978), TIREL (1966).

(2) Cf annexe III.

situation de croisière, comme un écart de revenu. Cette façon de faire **néglige les problèmes de trésorerie et ceux liés aux phases de croissance avant l'obtention d'une situation stable**. Les seules charges de structure prises en compte sont celles liées à une décision possible dans le modèle. Quand le modèle a été utilisé pour tester des systèmes non laitiers il n'a pas été simulé de phase de reconversion. Nous avons fait globalement l'hypothèse que le capital que représentait le troupeau laitier vendu permettait soit d'acheter des vaches allaitantes ou des boeufs, soit de bien s'équiper pour la production de céréales. Autre limite, le modèle construit ne comporte pas d'éléments pour apprécier la variabilité interannuelle (liée au climat par exemple) et par conséquent la sécurité de tel ou tel système.

Ces limites sont importantes, il faut s'en souvenir dans l'interprétation. Il reste que la programmation linéaire permet une approche globale de l'exploitation. Elle y inclut par exemple les temps de travaux et des contraintes rarement prises en compte ou peu opérationnelles dans les études sur exploitation (plans de développement par exemple). Dans ce cas précis, une attention particulière a été apportée à la prise en compte du **parcellaire et des surfaces pâturées par les animaux (chargement)**.

A - Le système et ses contraintes avant drainage - 1981

1/ Les données structurelles (cf première partie)

Deux facteurs ont été analysés avec soin :

- **le facteur travail** : en construisant un calendrier culturel, on a pu repérer huit périodes de travaux et trois périodes de pâturage (cf figure 7). Pour modéliser ce facteur on a cherché à définir les jours disponibles pour les travaux des champs non différables.

- **le facteur terre** : en retenant sept catégories de parcelles.

Terres labourables :

. bonne qualité :	34,8 ha
. qualité moyenne :	5,6 ha

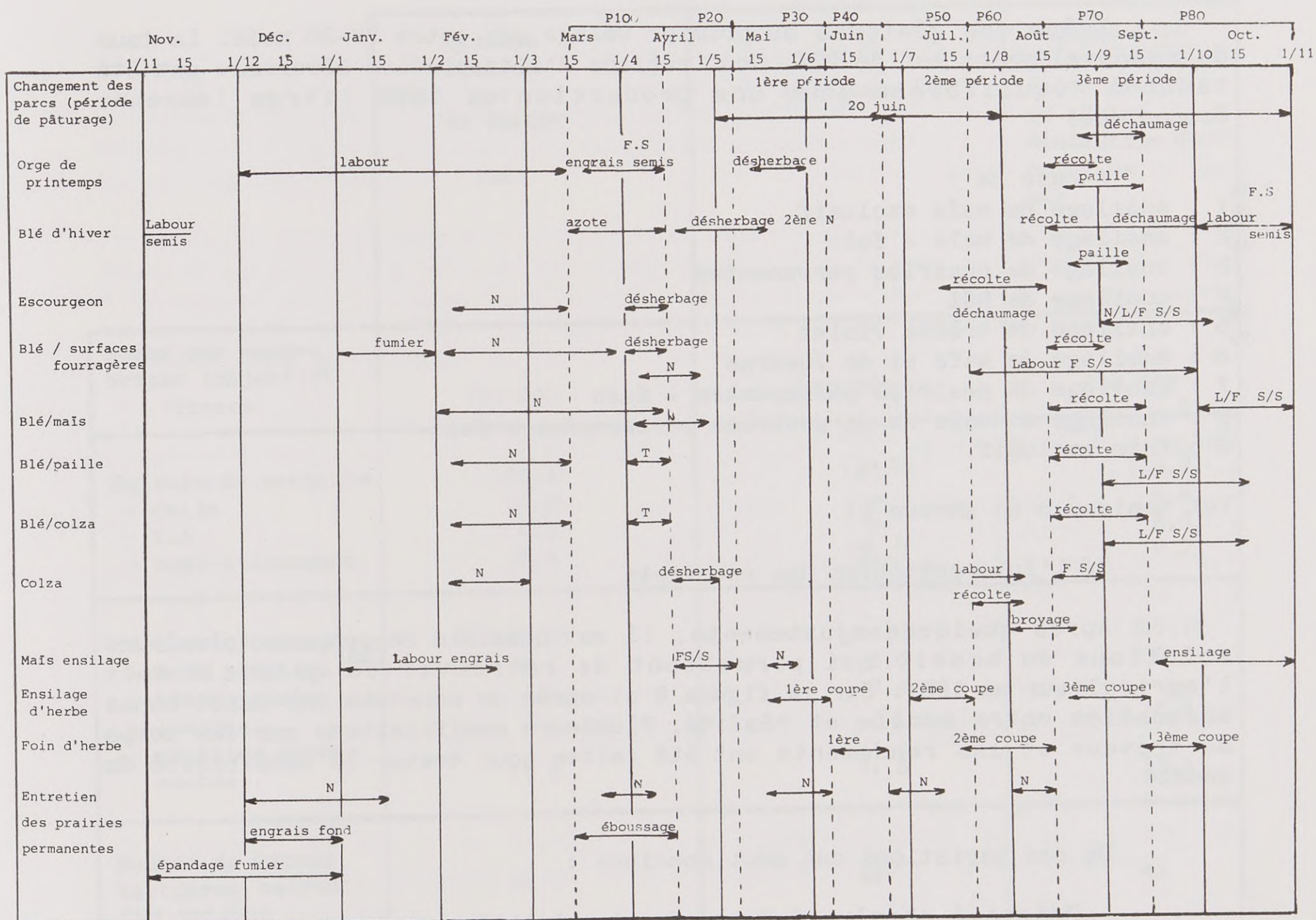
Prairies permanentes :

. usage exclusif pour pâturage vaches laitières et génisses :	11,7 ha
. ensilage, foin ou pâturage pour vaches laitières et génisses :	12,0 ha
. foin ou pâturage de génisses :	3,6 ha
. foin, ensilage ou pâturage de génisses :	1,8 ha
. foin exclusif :	2,8 ha

(en fonction de leur utilisation possible, voir plan parcellaire, fig.6)

2/ Les choix possibles

- Les hypothèses de **prix** se rapportent à l'année 1981 (voir tableau 5 en annexe 1)
- Les **cultures** pratiquées et possibles : colza, orge, escourgeon, blé, maïs, luzerne, prairies temporaires (RGI), trèfle violet. On



F.S. : Façons Superficielles

N : Azote

L : Labour

T : Traitements

S : Semis

FIGURE 7 : CALENDRIER CULTURAL DE DETERMINATION DE PERIODE DE TRAVAIL. PERIODE DE REALISATION DES DIFFERENTS TRAVAUX.

trouvera sur les tableaux 1, 2, 3 et 5 en annexe 1 les principales informations concernant ces cultures (1).

- **Les prairies.** Les cinq types de parcelles ont plusieurs usages possibles. On les a résumés sur le tableau 3 en annexe 1.
- **Le troupeau de vaches laitières et son alimentation.** Les vélages sont groupés les 2/3 en automne, 1/3 en hiver.

L'âge des génisses au premier vélage est entre 26-28 mois. Le taux de renouvellement est de 25%. Neuf rations d'alimentation hivernale ont été testées, équilibrées pour une production de 5600 litres (moyenne économique)

A base de :

- 1 : ensilage de maïs exclusif
- 2 : ensilage de maïs + foin
- 3 : ensilage de prairies permanentes
- 4 : ensilage de RGI
- 5 : ensilage de trèfle violet
- 6 : ensilage de maïs et de luzerne
- 7 : ensilage de prairies permanentes + foin
- 8 : ensilage de maïs et de prairies permanentes + foin
- 9 : foin exclusif.

(cf tableau 6 en annexe 1)

3/ L'interprétation des résultats

Après quelques ajustements, il est possible de proposer plusieurs solutions du modèle qui permettent de retrouver ce qu'avait fait l'agriculteur en 1981. Sur la figure 8 ci-après on constate une assez bonne adéquation entre modèle et réalité. Plusieurs modifications sur les temps de travaux et les rendements ont été faites pour tester la sensibilité du modèle.

De ces variations on peut conclure :

- **Priorité absolue à la production laitière.** L'étable est toujours saturée. Le modèle nous donne le bénéfice annuel qui serait obtenu par l'agrandissement, il est supérieur au coût d'amortissement d'une construction nouvelle.

- **Quasi-équivalence économique des divers types d'assolement céréales-colza.** De faibles variations sur les rendements, les prix et les temps de travaux expliquent la part relative des colza, blé, orge, escourgeon. La superficie totale de ces cultures oscille entre 21 et 30 hectares suivant les solutions du modèle. On constate effectivement que la composition de la sole céréales-colza varie énormément d'une année sur l'autre chez l'agriculteur (figure 3).

(1) Sur les tableaux 1 et 2 en annexe 1 les charges variables se rapportent aux semences, aux engrais, traitements, achats d'aliments, frais vétérinaires. Les charges liées aux consommations de carburant n'ont pas pu être introduites. Cela peut provoquer un biais dans les comparaisons, surtout entre foin, ensilage et pâturage.

		SIMULATIONS (prix 1981)	
		I	II
	Système réalisé par Mr TOLLOT 1981	Référence	Augmentation du rendement colza (+10%) et légère diminution de celui du blé
Somme des marges brutes (objectif) (francs)	330 000	340 000	344 500
Cultures de vente (ha) - colza - blé - orge-escourgeon	(29,4) 7,8 6,0 15,6	(27,7) - 6 21,7	(29,3) 8,6 6,5 14,2
Surfaces fourragères (ha) - maïs ensilage - trèfle violet - luzerne - prairies perma- nentes	(43,0) 8,1 3,1 - 31,8	(44,7) 5,5 7,4 - 31,8	(43,1) 6,4 - 4,6 32,1
Nombre de vaches laitières suivant Les rations : - ensilages maïs et d'herbe, foin - ensilage trèfle violet - foin exclusif	44 44 - -	44 14 18 12	44 30 - 14
Génisses élevées (vente)	13	16 (3)	14 (1)

FIGURE 8 : SYSTEME DE PRODUCTION ACTUEL AVANT DRAINAGE ET
SIMULATION DU SYSTEME (PRIX 1981)

- **Quasi-équivalence des systèmes d'alimentation des vaches laitières.** De faibles variations sur les temps de travaux expliquent l'apparition de tel ou tel aliment. De plus fortes contraintes sur le travail en mai et juin favorisent les rations à base d'ensilage de maïs. Mais on retrouve toujours les trois aliments de base qu'utilise l'agriculteur : ensilage de maïs, ensilage d'herbe et foin. Sur le plan économique, les rations à base d'ensilage de maïs, de trèfle violet et de prairies permanentes, et de foin sont très proches (moins de 20F de différence par vache), plusieurs existent simultanément.

Hiérarchisation des contraintes

Cette relative stabilité du système de production et cette relative variabilité des sous-systèmes d'élevage et céréalier peuvent se comprendre par l'étude des contraintes.

Les contraintes saturées ont un coût économique (coût marginal ou valeur duale) qui indique le poids respectif de chacune d'entre elles. Ce coût dépend de la contribution que chacun des facteurs saturés fournit à l'objectif (marge brute). Il est ainsi possible de calculer la participation de ces facteurs de production à l'obtention de l'objectif (1). Ainsi dans la solution de référence I :

Contribution de chacun des facteurs à l'objectif

. terres labourées	35%
. étable	28,5%
. terres du parcellaire des prairies	28,7(16% pour la seule 3ème période pâturage)
. travail	4,5%
. divers	3,3%

Productivité marginale des différents facteurs à l'unité (1)

Terre

. hectare de terres labourées	3 100 F.
. hectare de terres (qualité moyenne)	2 400 F.
. meilleures parcelles pâturées, fanées, ensilées (ha)	3 300 F. (dont 1 760 F. pour la seule 3ème période)
. autres parcelles pâturées ou fanées (ha)	2 600 F.
. parcelles exclusivement fanées (ha)	1 340 F.
. place d'étable	2 200 F.
. travail (heure)	
* fin mai	31 F.
* début juin	78 F.
* fin juillet-début août	22 F.

Le parcellaire joue un rôle déterminant dans le choix du système de production. Ainsi on constate que les parcelles de prairies permanentes, non labourables, bien situées sur lesquelles l'agriculteur peut aussi ensiler et faner ont une productivité économique marginale supérieure aux

(1) Cette contribution à la marge brute est appelée valeur duale ou coût d'opportunité, cf annexe III.

(1) A titre indicatif on peut rapporter ces prix au fermage et au salaire annuel.

surfaces cultivées non pâturables. Plus précisément ce sont les surfaces pâturables qui fixent l'utilisation du parcellaire et particulièrement les surfaces pâturées en troisième période (16% de l'ensemble de la marge brute). Cette période (août-septembre) est très saturée puisque sa productivité est de 1760 F./ha (plus de la moitié de la productivité annuelle des trois périodes). Les disponibilités durant la troisième période de pâturage sont effectivement limitées pour les vaches et les génisses.

Cet avantage à la production laitière se vérifie aussi par la productivité marginale d'une place d'étable qui est sensiblement supérieure au coût annuel d'amortissement d'une place dans une nouvelle stabulation. A titre indicatif on a "libéré" artificiellement le nombre de places d'étable : jusqu'à 60 places environ, la productivité marginale de la place ne diminue presque pas.

Le **facteur travail** apparaît comme relativement peu saturé. Si des variations sensibles dans les temps de travaux ou dans les disponibilités fournies par la famille changent un peu l'assolement ou le type d'alimentation, elles n'ont pas d'influence notable sur la rentabilité et les résultats économiques.

Cette faible productivité marginale du travail peut surprendre. Rappelons tout d'abord que dans un programme linéaire cette valeur permet de repérer quelle contrainte il faudrait libérer pour augmenter la production. Le facteur travail est souple quand il est fourni par la famille, il s'adapte toujours aux besoins. Nous avons comptabilisé les heures en fonction de ce que fournissaient effectivement les agriculteurs et non en fonction de leur souhait ou de normes théoriques. Comme ils fournissent beaucoup de travail, il n'est pas surprenant que le travail "passe". Mais dans quelles conditions ? Or justement les conditions de travail n'ont pas été introduites dans le modèle. L'agriculteur n'a pas été surpris de constater que le modèle identifiait d'abord les contraintes d'étable et de parcellaire.

En conclusion, **il apparaît que si l'agriculteur veut augmenter sa production, il doit, en dehors de tout agrandissement foncier, jouer sur l'organisation du parcellaire et sur l'augmentation des places d'étable.**

B - Le système et ses contraintes après drainage - 1982

Tel que le drainage a été réalisé à FREVILLE (dans le cadre d'une Association Foncière bénéficiant de subventions) il nous semblait que la décision de drainer ou non n'était pas très difficile à prendre pour Mr TOLLLOT : dans son cas l'intérêt économique et social était évident. Nous n'avons pas véritablement étudié cette décision, mais les résultats obtenus après analyses confirment largement son intérêt économique.

Les nouvelles données

Le drainage de 30 hectares réduit la surface non labourable à 7 hectares. Les échanges à l'amiable que Mr TOLLLOT a réalisés et le drainage qui élargit l'utilisation potentielle des parcelles conduisent à un nouveau parcellaire constitué de quatre catégories de parcelles (au lieu de 7 précédemment).

- . 39,83 hectares labourables mais non utilisables pour le pâturage des vaches laitières (éloignement et route).

- . 25,75 hectares labourables et pâturables
- . 5,03 hectares pâturables et fauchables
- . 2,11 hectares pâturables seulement.

1/ Système avant investissement en bâtiments

La comparaison du modèle avec le système effectivement pratiqué par Mr TOLLOT est plus difficile, car l'influence du drainage sur le système fourrager n'est pas immédiate. Sur la figure 9 on a rassemblé les systèmes pratiqués par Mr TOLLOT en 1982 et 1983 et deux solutions du modèle. Les écarts obtenus montrent le phénomène d'ajustement que le drainage rend nécessaire. Les deux systèmes les plus éloignés sont ceux réels de 1982 et 1983, ceux simulés se trouvant dans une position intermédiaire.

			SIMULATIONS	
			III	IV
	Système réalisé par Mr TOLLOT 1982	Système réalisé par Mr TOLLOT 1983	Système avec étable limitée à à 44 places	Système avec étable non limitée
Somme des marges brutes. Objectif en France.			382 000	395 000
Culture de vente (ha)	(28,7)	(21,2)	(25,5)	(27,5)
- colza			3,2	6,6
- blé	5,4	5	12,8	14,3
- orge-escourgeon	23,3	16,2	9,5	6,6
Surfaces fourragères (ha)	(44,5)	(51,5)	(47,2)	(45,2)
- maïs ensilage	8,2	14,8 (1)	3,8	3,2
- trèfle violet			8,6	5,30
- luzerne				
- prairies tem- poraires	7	12,6	1,9	4,9
- prairies per- manentes	29,3	24,1	32,8	31,8
Nombre de va- ches laitières (2)	43	49	44	49
Nombre de génis- ses élevées (3)			16	11
Nb de VL suivant les rations				
- ensilage maïs et herbe + foin			17	25
- ensilage exclu- sif trèfle			21	13
- foin exclusif			6	11

(1) Une partie du maïs a été vendue

(2) A partir du printemps 1983, l'agriculteur a gardé plus de génisses en prévision de l'agrandissement de l'étable

(3) Dans le système simulé III, 3 génisses sont vendues ; dans le système IV il faut en acheter 4 pour assurer le renouvellement. Ce sont les contraintes de travail qui expliquent ces différences peu importantes.

FIGURE 9 : SYSTEME DE PRODUCTION APRES DRAINAGE (PRIX 1982) (AVANT INVESTISSEMENT BATIMENT)

Le drainage et les échanges parcellaires ne changent pas la hiérarchie des contraintes (figure 10 et 11) constatée précédemment : l'avantage à la production laitière reste fort ; lorsqu'il y a retournement des prairies c'est pour faire des cultures fourragères et non des cultures de vente. Une simulation avec une augmentation des rendements jusqu'à 35% ne montre pas un renversement de la tendance.

	Simulation III
Terres labourées (non pâturables)	34,5%
Bonnes prairies à usage polyvalent (dont 3ème période)	23,5% (13%)
Prairies de moins bonne qualité	4,5%
Etable	24,5%
Travail	11,5%

FIGURE 10 : CONTRIBUTION DES FACTEURS A L'OBJECTIF (en %)

	Simulation III
Hectare de terres labourées (F)	3 300
Hectare de bonnes prairies (dont 3ème période) (F)	3 500 (2000)
Hectare de prairies de moins bonne qualité (F)	2 250
Place d'étable (F)	2 100
Travail (F/heure)	
. fin avril	31
. mai	57
. début juin	172
. 15 août-15 septembre	5

FIGURE 11 : PRODUCTIVITE MARGINALE DES FACTEURS

2/ Le drainage et les échanges parcellaires incitent à modifier les bâtiments (étable) et le système d'alimentation.

Aujourd'hui Mr TOLLLOT a choisi : mais il y a un an il avait, outre la possibilité de rester dans la situation actuelle avec de mauvaises conditions de travail, le choix entre deux types d'étable et d'alimentation (figure 12) :

- **Agrandissement de l'étable actuelle** jusqu'à 60 places avec l'agrandissement des silos et la construction d'une nouvelle salle de traite. L'agrandissement de l'étable n'améliore pas les conditions de travail, le parcellaire étant dispersé, il était nécessaire de changer aussi le système d'alimentation. Il a choisi le **zéro-pâturage** de façon plus ou moins complète.

- **Construction d'une nouvelle étable** à l'extérieur à l'endroit où il dispose de 15 hectares d'un seul tenant. Dans ce cas, il y a deux solutions théoriques pour l'alimentation en été : pâturage ou affouragement en vert. Un rapide calcul montre que cette deuxième solution d'alimentation est actuellement plus coûteuse car les coûts d'investissement sont plus élevés (figure 12).

A ces hypothèses sont liés des temps de travaux différents obtenus à partir d'observations faites chez des agriculteurs en situation comparable.

	Capital	Annuité	
		Totale	Par vache
I - Agrandissement de l'étable traditionnelle (affouragement en vert) Le coût total est évalué à - 340 000 F. pour le bâtiment (6% à 15 ans)	340 000	35 000	
- 160 000 pour le matériel lié à l'affouragement en vert (6% à 5 ans)	160 000	32 550	
TOTAL (F)	500 000	67 550	1125
II - Construction de l'étable en dehors du village (avec pâturage) Le coût total est évalué à - 740 000 pour le bâtiment 500 000 (6% à 15 ans) 240 000 (13% à 15 ans)	500 000 240 000	51 480 36 360	
TOTAL (F)	740 000	87 840	1464
XIII-Construction de l'étable en dehors du village (avec affouragement en vert). Au coût total de la formule II (740 000) il faut ajouter pour le matériel d'affouragement en vert 160 000 F (13% 5ans)	740 000 160 000	87 840 45 490	
TOTAL (F)	900 000	133 330	2222

- Le plan de développement finance à concurrence de 500 000 F. à 6% pendant 15 ans pour le bâtiment et 6% pendant 5 ans pour le matériel. Au-delà de 500 000 F. les taux sont de 13% pour les bâtiments (15 ans) et pour le matériel (5 ans).

- Les prix indiqués tiennent compte du fait qu'une partie du travail de construction est réalisé par l'agriculteur lui-même.

FIGURE 12 : FRAIS D'INVESTISSEMENT BATIMENTS D'ELEVAGE.

Type d'investissement (fig.12)	I ou II	II
Dates de pâturage	Affouragement en vert, surface nécessaire are/vache	Pâturage are/vache
12/5--20/6	18	25
21/6--31/7	30	30
01/8--31/10	40	45

FIGURE 13 : UTILISATION DES PRAIRIES POUR VACHES LAITIÈRES (CHARGEMENT EN ARE PAR VACHE)

- Les nouvelles rations

Dans l'hypothèse d'un **affouragement en vert l'été**, trois formes d'alimentation ont été testées :

1) - Maïs ensilage exclusif l'hiver (13 kg MS/jour + 2,2 kg de tourteau + complément).

- Affouragement en vert l'été (cf figure 13)

2) - Maïs ensilage (4,55 kg MS/jour) + ensilage d'herbe (4,25 kg MS/jour) + foin (3 kg MS/jour) + 0,65 kg/jour de tourteau.

- Affouragement en vert l'été.

3) - Même ration que 2) l'hiver (ensilage de maïs et d'herbe, foin)

- Été : . la première moitié de l'été : affouragement en vert
 . la deuxième moitié : ensilage de maïs
 (13 kg MS/jour + 2,2 kg de tourteau).

Entre les deux investissements, **le modèle choisit l'agrandissement-affouragement en vert sensiblement plus économique et moins exigeant en travail** : la différence de revenu entre les deux solutions est d'environ 10% (figure 14). Il est par ailleurs intéressant de constater que le système choisi donne une marge comparable à celle du système sans investissement, avec des temps de travaux beaucoup moins contraignants (seules les périodes des ensilages d'herbe et de foin sont saturées) et surtout des conditions de travail nettement meilleures.

Le système d'alimentation choisi (figure 14) repose sur l'affouragement en vert l'été et sur une alimentation composite l'hiver (ensilage d'herbe et de maïs, plus foin). L'autre ration hivernale, à base exclusive de maïs, se trouve pénalisée d'environ 130 F. par vache laitière. C'est d'ailleurs vers ce système mixte que semble vouloir s'orienter l'agriculteur.

Dans ce système la hiérarchie des contraintes est toujours la même et donne un avantage à la production laitière. Après amortissement la productivité marginale de chaque place d'étable est encore de 1225 F.

L'installation d'une étable à l'extérieur avec pâturage est moins intéressante. La contrainte la plus importante est le manque de bonnes prairies pâturables, en particulier en troisième période (plus de 4000F. de productivité marginale à l'hectare pour cette période). Certes l'étable à l'extérieur donne des perspectives intéressantes mais l'agriculteur a préféré l'agrandissement de son bâtiment justement parce que le regroupement des parcelles qu'il avait obtenu lui semblait insuffisant et ayant une trop faible sécurité (possibilité de ruptures des échanges à l'amiable, l'agriculteur n'étant propriétaire que de 14 hectares).

	Sans investissement (pâturage)	Agrandissement affouragement en vert	Nouvelle étable pâturage
SIMULATIONS	III	V	VI
Somme des marges (Francs) (2)	382 000	377 200	345 000
Cultures de vente (ha)	(25,5)	(21,9)	(24,2)
- Colza	3,2	1,7	0,7
- Orge	9,5	15,1	12,5
- Blé	12,8	5,1	11
Surfaces fourragères (ha)	(47,2)	(50,8)	(48,5)
- Maïs ensilage	3,8	8,2	3,6
- Prairies temporaires	8,6	6,8	4,0
Trèfle violet	1,9	-	8,2
- Pâturages de bonne qualité (mécanisable)	25,7	25,7	25,7
- Autre pâturage	7,1	10,1	7,1
Nombre de vaches laitières	44	60	57 (1)
Achat de génisses			6
Nb de VL suivant rations			
- Alimentation :			
(n°2: ensilage + foin et zéro-pâturage tout l'été)	-	60	-
- Alimentation avec pâturage	21	-	20
- trèfle violet seul	6	-	12
- foin seul			
- ensilage + foin	17	-	25

(1) Etable non saturée

(2) Dans ces simulations la marge maximisée est égale à :
Produit brut - charges variables - amortissement des investissements
décidés

FIGURE 14 : SIMULATIONS DE SYSTEMES DE PRODUCTION APRES DRAINAGE
(CHOIX DE BATIMENTS D'ELEVAGE). prix 1982

SIMULATIONS	V	VI
Hectare de bonnes prairies à usage polyvalent (dont 3ème période) (F)	4 450 (2 740)	5 690 (4 230)
Hectare de terres labourables (F)	3 350	3 300
Hectare de prairies de moins bonne qualité	3 350	3 000
Place d'étable (F)	1 225	0 (1)
Heure de travail (F/heure)		
. période 30 (mai)	40	58
. période 40 (début juin)	100	174
. période 70 (mi-août à mi-septembre)		8

(1) étable non saturée

FIGURE 15 : PRODUCTIVITE ECONOMIQUE MARGINALE DES FACTEURS
(EN FRANCS PAR UNITE)

III - SIMULATIONS DE QUELQUES SYSTEMES DE PRODUCTION REGIONAUX

A partir de la modélisation du cas concret qui vient d'être présenté et compte tenu de la structure de production de cette exploitation assez fréquente dans la région, il a paru intéressant d'étudier quels résultats on pourrait obtenir avec d'autres spéculations. Afin de donner des éléments de réponse, ou au moins dégager les tendances principales, on a testé des orientations de systèmes répondant aux préoccupations d'agriculteurs du Nord-Est de la France.

Les résultats des simulations réalisées avec les données de l'exploitation sont rassemblés sur la figure 16. Ils sont basés soit sur des vaches allaitantes du type Charolais ou Limousin (avec ou sans engraissement des mâles) soit sur des boeufs de 27 mois de type laitier achetés à l'extérieur à 8 jours (1). En contrepoint, on a présenté un système sans animaux (céréaliier) et on a rappelé le système laitier.

1/ Données et hypothèses du modèle

Les données concernant l'exploitation (surface, bâtiments...) et les hypothèses sur les productions végétales fourragères (niveau de rendement, coût...), sur les temps de travaux sont inchangées par rapport au modèle lait.

La main d'oeuvre disponible est constituée de l'agriculteur et de sa femme à mi-temps. Il n'y a donc ni salarié, ni stagiaire ce qui est le plus fréquent dans la région.

L'annexe II présente les hypothèses spécifiques aux productions de viande bovine.

2/ Modèles réalisés

Nous présentons les simulations suivantes :

- X - Libre : le programme détermine la combinaison optimale entre vaches allaitantes et boeufs pie-noires.
- XI- Vaches allaitantes et engraissement de mâles.
- XII- Vaches allaitantes et vente de broutards.
- IX- Pas d'animaux.

(1) Par ailleurs, les échéances du Forum n'ont pu permettre de tester quelques options supplémentaires :

- achat de broutards de 8-9 mois à l'extérieur et engraissement de taurillons
- engraissement des génisses nées sur l'exploitation et vente vers 25 - 28 mois.
- possibilité de construire un bâtiment.

L'hypothèse d'un système mixte lait-viande n'a pas été retenue.

Comme pour les modèles basés sur la production laitière, la programmation linéaire optimise la fonction économique proche d'une marge brute : la comparaison entre les modèles est donc relative à cette fonction.

Les résultats des simulations sont présentés à la figure 16.

Conditions des simulations	Force de travail	Mr et Mme avec stagiaire (1)	Mr et Mme seuls	Mr et Mme + 1 sala- rié	Mr et Mme seuls			
	Troupeau	Vaches laitières			Pas de vaches	Vaches allaitantes (2) (3)		
	Conditions particu- lières	Passage de référence avant investis- sment (3)			Système "céréali- er" sans animaux (2)	"libre" tout type d'engrais- sment taurillons et boeufs	Avec taurillons sans boeuf	Sans engrais- sment
	Numéros	IV	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Somme des Marges (Francs)		370 000 (1)	314 500	321 500	274 500	340 000	328 000	294 000
Cultures de vente (ha)		(27,5)	(24,8)	(24,9)	(72,1)	(28,6)	(51,1)	(53,2)
- colza		6,6	7,9		18	4,4	10,2	12,4
- blé		14,3		9,9	36	16,2	25,6	27,7
- orge - escourgeon		6,6	16,9	15	18	8	15,3	14,7
Surfaces fourragères (ha)		(45,2)	(41,8)	(47,8)	-	(44,1)	(21,6)	(19,0)
- maïs ensilage		3,2	4,6	3,6	-	3,9	3,1	0,3
- prairies temporaires		10,2	4,3	11,3	-	7,2	4,1	4,1
Terres non utilisées		-	6	-	-	-	-	-
Nombre de vaches laitières		49	36	50	-	-	-	-
Nombre de vaches allaitantes		-	-	-	-	15	37	37
Taurillons		-	-	-	-	6	15	-
Boeufs de 27 mois		-	-	-	-	48	-	-
Rations de vaches allaitantes dominan- tes		-	-	-	-	paille (95%)	paille (70%) ensilage herbe 20%	Paille (60%) ensilage herbe 20%

NOTE IMPORTANTE : Ce tableau a été obtenu à la suite d'un traitement de simulations sur une exploitation et ses contraintes propres. L'extrapolation doit être faite avec beaucoup de prudence.

- (1) Le coût du stagiaire a été déduit de la fonction d'objectif du passage IV pour pouvoir faire des comparaisons entre systèmes.
- (2) Dans ces situations, les rendements et les temps de travaux concernant les cultures végétales de vente sont améliorées pour tenir compte des normes régionales.
- (3) Les systèmes avec vaches allaitantes sont simulés sans investissement nouveaux en matériels et bâtiments, ils doivent donc être comparés avec le système vaches laitière sans investissement.

FIGURE 16 : SITUATION DE DIFFERENTS SYSTEMES DE PRODUCTION (OPTIQUE REGIONALE) PRIX 1982

3/ Discussion des résultats

a) Les modèles "viande"

La comparaison des marges brutes des solutions viande montre un écart faible (12 000F.) entre les solutions X et XI et un écart notable entre les solutions X et XII.

Pour chaque solution, la main d'oeuvre n'apparaît pas contraignante, par contre, le nombre de places pour les animaux apparaît être le facteur le plus limitant des productions animales ce qui révèle une tendance à augmenter le troupeau (figure 17). D'une façon générale, ces solutions retiennent des rations basées essentiellement sur la paille produite sur l'exploitation.

Dans la simulation X où il y a possibilité de faire des céréales, des vaches allaitantes, (avec ou sans engraissement) ou des boeufs laitiers de 27 mois, la solution retenue est un compromis entre activités animales (boeufs, vaches allaitantes avec engraissement) et cultures de vente.

Dans la simulation XI où la possibilité de faire des boeufs est supprimée la solution donne un résultat économique très proche (moins 3%) de celui de la solution X. La solution donne une exploitation céréales-viande avec 75% de la SAU qui est cultivée. Ce type de structure correspond à une valorisation maximale de la paille produite sur l'exploitation.

Dans le modèle XII où il n'y a pas d'engraissement de mâles, l'assolement est semblable à celui de la solution XI avec toutefois la suppression de la surface en maïs. Le résultat économique est alors beaucoup plus faible. (-13,5%).

b) Comparaison avec le système "culture de vente"

La simulation IX avec un système de "cultures de vente" donne une solution proche de la simulation sans engraissement XII (-6,6%). Les deux systèmes sont donc comparables économiquement. Ces solutions sont assez éloignées des systèmes plus intensifs à base d'engraissement ou de production laitière.

Ce système de production a la totalité de la SAU basée sur la rotation colza, blé, blé, orge. Il n'y a certes pas de contraintes pour les temps de travaux. Ce système, reposant uniquement sur trois cultures, peut paraître fragile au regard des aléas climatiques si l'on ne dispose pas d'un volant financier important. Par ailleurs un rapide calcul montre que pour une hypothèse de charges de structures de 2 500 F./ha, le revenu atteindrait 92 000 F./an.

c) Comparaison avec le système "lait".

Un stagiaire rémunéré au SMIC est présent 6 mois sur l'exploitation de Mr TOLLLOT. Sur la figure 16 on remarque que sa disparition (VII) ne permet pas d'utiliser au mieux les facteurs de production (6 ha en jachère, 36 VL) et entraîne une chute de la marge (-15%). Son remplacement par un ouvrier présent toute l'année permet de mieux utiliser les facteurs de production mais la marge brute diminue aussi de 13% (VIII).

Le système à base d'engraissement est supérieur économiquement au système lait s'il n'y a pas de stagiaire (VII) ou s'il faut recruter un salarié (VIII). De plus les systèmes viande sont beaucoup moins contraignants sur le plan du travail (figure 17).

Par rapport au système lait avec stagiaire (IV) où la contrainte travail s'estompe, les solutions viande sont "économiquement" inférieures d'environ 10%.

En résumé, les possibilités d'orientation de ce type d'exploitation après amélioration foncière, sont nombreuses et donnent des résultats de marge relativement voisins (sauf les systèmes céréaliers économiquement moins intéressants).

La prise en compte des charges de structures et en particulier des frais financiers, liés à l'achat des animaux réduirait sans doute les écarts.

L'écart relativement faible entre les solutions lait avec stagiaire et viande à contraintes de travail proches peut surprendre. Il s'explique surtout par le faible coût des rations de bovins viande, basées principalement sur la paille produite par l'exploitation.

L'ensemble des simulations présentées sur le tableau 16 doivent être interprétées avec prudence. Le modèle a été construit pour une exploitation avec ses contraintes propres. Si des changements structurels sont importants, la cohérence d'ensemble peut en être affectée. Ceci est particulièrement vrai pour les simulations VII et VIII qui ne traduisent plus la situation de l'exploitation de Mr et Mme TOLLLOT et sans doute traduisent mal les situations des exploitations laitières de la région Lorraine où le couple d'exploitants travaille sans stagiaire ou salarié.

Il faut aussi rappeler que nous n'avons tenu compte ni des problèmes de reconversion ni de la phase d'installation ou de constitution du système (nous nous situons en phase de croisière). Il est vrai que les productions céréalieres ou de vaches allaitantes demandent moins d'investissement.

Simulation N°	VII (lait sans stagiaire)	VIII (lait avec salarié)	X (vaches allaitantes et engraissement)
Hectare de terres labourables	0	3 200	3 730
Hectare de bonnes prairies à usage polyvalent	1 180	3 720	3 730
Hectare de prairies de moins bonne qualité	950	2 800	3 450
Place d'étable	0	2 000	720
Heure de travail (F/heure)			
- 30 (mai)	104	40	—
- 40 (début juin)	415	169	97
- 60 (début août)	36	—	—
- 70 (mi-août à mi-septembre)	495	25	—
- 80 (mi-septembre à fin oct.)	268	—	—

FIGURE 17 : PRODUCTIVITE MARGINALE DES FACTEURS DE PRODUCTION (EN FRANCS/UNITE)

IV - INFLUENCE DES QUOTAS LAITIERS SUR LES SYSTEMES DE PRODUCTION (EN 1984)

Avec l'application de la politique des quotas laitiers les agriculteurs sont soumis à une importante contrainte qui bloque la production du lait et modifie leurs perspectives d'évolution. Il est encore trop tôt pour savoir quelles vont être les nouvelles orientations : spécialisation ou diversification des productions. Les premières réactions que nous avons pu observer montrent que les agriculteurs veulent d'abord être plus rigoureux dans l'utilisation des concentrés.

Le "modèle TOLLLOT" peut être utilisé pour simuler de façon plus libre les modifications de système entraînées par la politique des quotas. Dans le cas de l'exploitation TOLLLOT, le problème des quotas ne se pose pas réellement aujourd'hui, puisque le plan de développement pour l'agrandissement de l'étable n'a que deux ans et qu'il y a une dérogation pour ce type de situation.

En fait, les simulations réalisées concernent **deux types d'exploitation** qui ont une structure foncière et une force de travail (Monsieur et Madame et un stagiaire 6 mois par an) identiques de celles de l'exploitation TOLLLOT et qui se distinguent par l'étable et le système d'alimentation estivale :

1 - étable de 60 places dans le village. Pour éviter les contraintes de la traite au parc, les vaches sont nourries par affouragement en vert.

2 - étable de 60 places à l'extérieur du village. Les vaches sont nourries au pâturage l'été.

Dans les deux cas l'étude de l'influence des quotas a été faite avec les prix de la campagne 1983-1984 (appelés prix 1984). Comme il apparaît sur le tableau 5 (annexe I), les prix des céréales ont globalement connu une augmentation plus faible que celle du colza et des produits animaux. En dehors de ces changements, le modèle est dans les mêmes conditions et hypothèses que celles décrites dans la partie II B ci-dessus (le système et ses contraintes après drainage - 1982).

En ce qui concerne les quotas nous avons pris une hypothèse sévère de réduction d'environ un tiers de la production. Fin 1983, son troupeau est composé de 60 vaches à 5 600 litres soit 336 000 litres. Or la production de référence retenue est celle de 1982 pour l'exploitation TOLLLOT : 40 vaches laitières à 5 600 litres soit 224 000 litres. Cette réduction drastique ne correspond absolument pas à ce qui va se passer en 1984, mais elle a été choisie pour faire ressortir les principales conséquences de cette nouvelle politique.

			QUOTAS LAITIERS prix 1984	
SIMULATIONS	V (prix 1982)	XIV (prix 1984)	XV	XVI (vaches à 3700l)
SOMME DES MARGES (F)	444 000 (a)	519 000	456 000	390 000
Variation de la marge (par rapport au passage précédent)		+ 75 000	- 63 000	- 66 000
Cultures de vente (ha) colza, orge, blé	(22)	(18)	(29,4)	(17,4)
Surfaces fourragères (ha)	(50,8)	(54,8)	(43,4)	(55,4)
- maïs ensilage	8,3	9,2	6,9	8,4
- prairies temporaires et artificielles	6,8	8,5	4,4	9,8
- pâturage de bonne qualité pour vaches laitières	25,8	25,8	16	25,8
- autres pâturages	10	11,3	16	11,3
Nombre de vaches laitières à 5 600l. (zéro-pâturage) Total	60	60	40	-
suivant l'alimentation				
-ensilage maïs N°1	-	4	-	-
- ensilage maïs-herbe + foin N°2	60	56	40	-
Vaches à 3 700l.				
- ensilage maïs, herbe, foin N°2	-	-	-	60
Achat de génisses Nb	0	0	0	0
Vente de génisses Nb	0	1	10	1
Quantité de concentrés consommés par les animaux				
- orge q	510	493	351	124
- tourteau q	232	239	167	142
Pénalisation du prix du lait provoquée par les quotas (F/l.)	-	-	- 0,68	0

(a) Le chiffre de la marge est différent de celui qui apparaît sur la figure n°14. En effet, pour l'ensemble de ces passages on a considéré que l'étable était déjà renouvelée et qu'il n'y avait pas à déduire de coût la concernant. On a, par ailleurs, vérifié que l'introduction de ce coût ne modifie pas le système de production obtenu, il ne diminue que la somme des marges (1 125 F. par place soit 67 000 F. pour 60 V.L.), on obtient ainsi les 377 000 F. qui apparaissent sur la figure n°14, colonne V.

FIGURE 18 : SIMULATIONS DE DIFFERENTS SYSTEMES DE PRODUCTION LAITIERE A BASE DE ZERO PATURAGE EN FONCTION DES PRIX DE CAMPAGNE ET DU QUOTA LAITIER

Pour limiter la production à 224 000 litres, deux solutions sont possibles : réduction du nombre de vaches ou réduction de la production par vache en distribuant moins de concentré. Pour cela, de nouvelles vaches à production plus faible (3 700 litres) avec les mêmes rations de base et moins de concentré ont été introduites (1). On trouvera sur le tableau 7 (annexe I) les économies de concentrés faites à partir de ces nouvelles hypothèses.

1/ Système d'alimentation à base d'affouragement en vert l'été

L'ensemble des résultats concernant ce type d'exploitation est réuni sur la figure 18.

On remarque, avant quota, que la seule modification des prix des produits (de 1982 à 1984) (simulations V et XIV) entraîne un changement du système de culture : le colza remplace un peu l'orge, les cultures de vente diminuent au profit des cultures fourragères. Il s'agit là de modifications qui confirment la grande sensibilité des systèmes de culture aux variations de prix. L'équilibre entre les productions animales et végétales reste le même. La marge brute augmente de 75 000 F. en deux ans (2).

L'introduction des quotas entraîne une forte chute de la marge qui se trouve pratiquement ramenée au niveau de 1982 (simulation XV). Le système de production est alors sensiblement modifié :

- les vaches laitières choisies restent celles à 5 600 litres, mais le troupeau est réduit à 40 têtes.

- les hectares de pâture libérés par les vaches laitières (plus de 8 ha) sont presque totalement utilisés pour l'élevage des génisses (10 génisses vendues par an) (un hectare de bonne prairies est retourné pour faire des cultures).

- Les surfaces fourragères cultivées sont en partie remplacées par les cultures de rente : augmentation du colza et du blé. Toute l'orge nécessaire pour l'alimentation des vaches laitières est produite sur l'exploitation alors que sans quota, une partie est achetée à l'extérieur.

La contrainte quota entraîne en fait une pénalité de 0,68 F. par litre de lait, ce qui correspond à plus du tiers du prix du litre de lait (3).

(1) L'équilibre global de chaque ration a été respecté pour obtenir des productions de 3 700 litres, sauf pour la ration à base d'ensilage de trèfle violet, riche en protéines, qui produit un minimum de 4 300 litre.

(2) Pour interpréter ce chiffre comme une augmentation de revenu il faut tenir compte de l'augmentation des charges de structure.

(3) Le manque à gagner dû au quota peut être interprété comme une diminution du prix du lait.

			QUOTAS LAITIERS prix 1984	
SIMULATIONS	VI (prix 1982)	XVII (prix 1984)	XVIII	XIX (vaches à 3700l. et à 4300 l.)
SOMME DES MARGES (F)	428 500 (a)	510 000	450 000	400 000
Variation de la marge		+ 81 500	- 60 000	- 50 000
Cultures de vente (ha) colza, orge, blé	(24,2)	(26,5)	(33)	(24,4)
Surfaces fourragères (ha)	(48,6)	(46,3)	(39,8)	(48,4)
- maïs ensilage	3,6	4,2	1,9	3,6
- prairies temporaires et artificielles	12,2	9,1	10,4	12,8
- pâturage de bonne qualité pour vaches laitières	25,8	25,8	17,2	24,8
- autres pâturages	7,2	7,2	10,3	7,2
Nombre de vaches laitières à 5 600l. Total	(57)	(57)	(40)	-
suivant l'alimentation				
- maïs ensilage + foin N°2	12	14	-	-
- trèfle ensilage N°5	20	3	21	-
- ensilage herbe + foin N°7	14	28	12	-
- foin exclusif N°9	11	12	7	-
Nombre de vaches laitières à 3 700l. (ou 4 300l.) Total	-	-	-	(55)
- maïs ensilage + foin N°2	-	-	-	12
- trèfle ensilage (4 300l.) N°5	-	-	-	31
- foin exclusif N°9	-	-	-	12
Achat de génisses	6	6	-	-
Vente de génisses	-	-	3	5
Quantité de concentrés consommés par les animaux				
- orge q.	560	560	418	305
- tourteau q.	123	160	67	60
Pénalisation du prix du lait provoquée par les quotas	-	-	- 0,60	- 0,08

(a) Le chiffre de la somme des marges est différent de celui qui apparaît sur la figure n°14. Pour l'ensemble des passages, on a considéré que l'étable de 60 places était déjà construite à l'extérieur et qu'il n'y avait pas à déduire le coût la concernant. On a, par ailleurs vérifié que l'introduction de ce coût ne modifie pas le système de production obtenu, il ne diminue que la somme des marges (ici de 1 464 F. par vache soit 83 500 F. Pour 57 vaches, on obtient le chiffre de 345 000 F. qui apparaît sur la figure n°14 colonne VI).

FIGURE 19 : SIMULATIONS DE DIFFERENTS SYSTEMES DE PRODUCTION LAITIERE A BASE DE PATURAGES EN FONCTION DES PRIX DE CAMPAGNE ET DU QUOTA LAITIER

Les vaches à 3 700 litres ne sont pas compétitives : l'économie de concentré (150 kg de tourteau et 640 kg d'orge par vache) ne compense pas la perte des 1 900 litres de lait même valorisés un tiers moins cher (1).

Ainsi les vaches à 3 700 litres rapportent environ 1 000 F. de moins par vache.

On a cherché à étudier les conséquences économiques du remplacement des vaches à 5 600 litres. En situation de contingentement du lait, l'agriculteur pourrait choisir les vaches moins productives. Cette solution forcée fait chuter la somme des marges d'encore 66 000 F. (comparaison des simulations XVI et XV) ce qui est très important et correspond effectivement à une perte de plus de 1 000 F. par vache laitière. La baisse de consommation de tourteau (259 q.) et surtout d'orge (320 q.) n'est pas suffisante.

Il reste qu'avec 40 vaches à 5 600 litres la consommation totale d'orge diminue de 140 q. (soit 3 ha) et celle de tourteau de 72 q. (soit 18 500 F.). Notons que les contraintes de travail deviennent faibles.

Pour que les vaches à 3700 l. deviennent compétitives, il faudrait qu'en situation de quotas laitiers les prix des concentrés soient multipliés par deux, ce qui est encore peu probable.

Malgré les contraintes drastiques imposées dans les simulations, il apparaît que sur le plan économique les vaches à 5 600 l. restent les plus intéressantes.

2/ Système d'alimentation à base de pâturage l'été

L'ensemble des résultats concernant ce type d'exploitation est réuni sur la figure 19. On remarque que **les seules modifications des prix des produits** (comparaison des simulation XVII et VI) entraînent des changements dans le système de culture : la culture du colza devient importante, celle d'orge est insuffisante pour l'alimentation des bovins, puisque 240 q. (environ 5 ha) doivent être achetés. Le système d'alimentation est lui aussi modifié, il paraît moins "économe et autonome" puisque les cultures fourragères (en particulier le trèfle violet riche en protéines) sont moins importantes, les rations de base devant être complétées par plus de tourteau (+ 30%)

Une comparaison pâturage - affouragement en vert (simulations XIV et XVII) montre que sur le plan économique les deux systèmes sont pratiquement équivalents (moins de 9 000 F. de différence dans la marge) ce qui confirme que le rapport entre les sous-systèmes de culture et d'élevage peut se modifier légèrement sans grave conséquence économique. Le léger désavantage du sous-système pâturage tient à une plus faible rentabilité du troupeau bovin laitier plus consommateur d'herbes. L'agriculteur simulé préfère donc nourrir moins de vaches et acheter ses génisses et augmenter sa sole en cultures de vente.

(1) Un rapide calcul montre que l'économie sur les concentrés (150 kg à 2,57 F. et 640 kg à 1,12 F. = 1 100,00 F.) est inférieure à la perte de recette (1 900 l. à (1,71-0,69) = 1 957,00 F.).

Il n'en va pas de même avec l'introduction des quotas laitiers. On retrouve les principaux éléments de l'analyse menée dans la situation zéro-pâturage : chute drastique du revenu, augmentation des cultures de vente, élevage pour la vente de quelques génisses, pénalisation du prix du lait (0,60 F. par litre) (1). On trouve aussi quelques caractéristiques particulières :

- plus de cinq hectares (un précédemment) sont retournés pour développer les cultures de vente (spécialement le colza), la sole en cultures de vente est renforcée (33 ha pour céréales et colza).

- le système d'alimentation hivernale est devenu plus économe : la moitié des vaches sont alimentées à base d'ensilage de trèfle violet. Les achats de tourteaux ont fortement diminué passant de 160 q. pour 57 vaches à 67 q. pour 40 vaches.

Les vaches à 3 700 l. ne sont pas compétitives, si elles remplaçaient les vaches à 5 600 l. la somme des marges diminuerait d'environ 1 000 F. par vaches (économie pour la ration à base de foin n° 9 de 800 kg d'orge et 80 kg de tourteau soit 1 100 F., manque à gagner de 1 900 l. valorisés à 1,11 F. (1,71-0,60 pour le quota) soit 2 100 F. Le bilan est donc de 1 000 F. en moins

Pour que ces vaches à faible consommation de concentré et à plus faible production laitière deviennent compétitives il faudrait qu'en plus de la contrainte des quotas, le prix des concentrés soit doublé (deux francs le quintal pour l'orge et cinq francs le quintal pour le tourteau).

Une simulation "forcée" (passage XIX) supprimant les vaches à 5 600 l. fait apparaître les vaches à 4 300 l. et à 3 700 l. mais elle confirme la chute de la somme de marges qui est encore de 50 000 F. (soit près de 1 000 F. par vache). La place accordée aux cultures de vente dans l'assolement est pratiquement le même que celui de la simulation sans quotas laitiers. C'est à dire que l'économie dans la consommation de concentré ne compense pas les hectares qui ne peuvent être utilisés en culture de vente. Il est malgré tout intéressant de constater la place que prend l'ensilage de trèfle violet.

La contrainte de contingentement laitier imposée dans les simulations est certes nettement exagérée par rapport à la réalité, mais nous pouvons en tirer **conclusion** plusieurs enseignements.

Si la production laitière est fortement pénalisée par la présence de quota en la limitant aux deux tiers, ce sont encore les vaches plus productives (5 600 l.) qui restent les plus compétitives dans les deux types d'alimentation estivale. Cette remarque doit être modulée. Ceci serait peut être moins vrai si on avait testé le modèle avec des vaches encore plus productives (7 000 l., par exemple) et donc fortement plus consommatrices de concentrés et si les prix des concentrés augmentaient plus vite que les prix des produits animaux.

(1) Cette pénalisation économique provoquée par le quota est équivalente à une diminution du prix du lait.

Quoiqu'il en soit, la politique des quotas tend globalement à réduire les consommations de concentrés. Ce résultat est dû certes au nombre de vaches mais aussi au développement de fourrages plus riches en protéines. Dans le modèle, la culture de trèfle violet se substitue en partie à celle du maïs.

La priorité donnée dans le modèle à la production laitière fait que que l'agriculteur simulé a du mal à compenser la perte de revenu provoquée par les quotas. Les productions de substitution -élevage de génisses, production céréalière, production de colza- restent d'ampleur limitée. Quand la réduction laitière se fait en nombre de vaches, les hectares libérés sont utilisés pour ces productions. Mais les vaches à 3 700 l. restent plus compétitives que ces productions puisque "l'agriculteur simulé" préfère encore faire du lait. Il n'en serait pas de même si on avait mis en compétition les productions de viandes bovines (vaches allaitantes et engraissement). L'analyse faite précédemment (cf 3ème partie) et les niveaux de marge obtenus permettent d'affirmer que ces productions seraient une bonne substitution à la production laitière, limitant la chute du revenu. Si la politique des quotas se renforçait, il est probable que quelques types d'exploitations en Lorraine pourraient s'orienter de façon complémentaire voire principale vers ces productions pour compenser leur perte de revenu. A condition toutefois que les prix de ces produits ne subissent pas de changements importants.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOUSSARD J.M (1970) - Programmation mathématique et théorie de la production agricole. Cujas, PARIS - 1970.
- BROSSIER J., de la VAISSIERE P., LIENARD G., PETIT M., (1974) Systèmes de production en régions de grande culture - Série Economie et Sociologie Rurales - INRA DIJON-THEIX ed. SEI VERSAILLES, 1 vol. 292 p.
- BROSSIER J., PETIT M., (1977) - Typologie des exploitations agricoles fondées sur les projets et situations des agriculteurs, 10 p. - Economie Rurale, 1977, n°122
- BROSSIER J. (1978) - Avec G. CHAUMONNOT et E. MARSHALL Analyse technico-économique des exploitations agricoles et formation des agriculteurs. Une expérience menée avec un groupe d'agricultrices et d'agriculteurs de la région de BEAUNE, 260 p., INRAP DIJON.
- CRISTOFINI B., JEANNIN B. (1979) - L'intensification du pâturage raisonnée en système (un exemple dans les conditions du Plateau Lorrain) : Motorisation et techniques agricoles Nov. 1979.
- EQUIPE INRA-ENSSAA (1979) - Conditions du choix des techniques de production et évolution des exploitations agricoles dans la région de RAMBERVILLIERS - INRA - SEI, B4, 2 vol.
- GROUPE DE RECHERCHES INRA-ENSSAA (1977) - Pays, Paysans, Paysages dans les Vosges du Sud. Les pratiques agricoles et la transformation de l'espace, INRA PARIS, 200 p.
- GUICHARD M. (1970) - La programmation linéaire, IGER, 2 tomes, 250 p.
- JEANNIN, MICHEL, PFIMLIN (1981) - Systèmes de pâturage pour les vaches laitières dans les plaines herbagères du Nord-Est. Fourrages 86, Juin 1981.
- TIREL J.C (1966) - Aspects méthodologiques élémentaires de la programmation linéaire. B.T.I. - Ministère de l'agriculture, juin 1966.

ANNEXE I **COEFFICIENTS TECHNIQUES DU MODELE LAITIER DE BASE**

	Rendements q/ha	Temps de travaux h/ha/an	Charges variables F/ha	Marge brute F/ha
Colza	25	13,7	2950	2550
Orge de printemps	43	13,4	1230	3170
Escourgeon	45	13,9	1350	3850
Blé sur paille	38	13,4	1390	2560
Blé sur colza	45	13,7	1360	3290
Blé sur fourrages	45	13,9	1260	3390
Blé sur maïs	38	14,4	1390	2560
<u>Cultures sur terre de qualité moyenne</u>				
Blé sur paille	30,4	13,7	1250	1910
Orge de printemps	34,4	13,4	1107	2413
Escourgeon	36	14,1	1215	2025

Source : Observation chez Mr TOLLOT

années de référence prix 81

**TABLEAU 1 : PRINCIPAUX COEFFICIENTS TECHNIQUES DES CULTURES DE
VENTE (MODELE TOLLOT).**

Succession des coupes	Temps travaux h/ha	Rendements (1) ensilage t MS	foin t MS	Charges variables F/ha
Maïs ensilage	20	8,4		1555
Luzerne				
- ensilage les 3 coupes	27	5,7		673
- ensilage, ensilage, foin	26,5	4,2	2	673
- ensilage, foin, ensilage	26,5	3,5	2,6	673
- ensilage, foin, foin	26	2	4,6	673
Prairies temporaires				
- ensilage les 3 coupes	28	6,3		900
- foin les 3 coupes	26,5		7,7	900
- ensilage, foin, ensilage	27,5	4,1	2,6	900
- ensilage, foin, foin	27	2,6	4,6	900
Trèfle violet (ensila- ge)	25	6,9		600

(1) Ce sont les rendements effectivement consommés par les animaux
(pertes aux champs et au stockage déduites)

réf. prix 1982

**TABLEAU 2 : PRINCIPAUX COEFFICIENTS TECHNIQUES DES PRODUCTIONS
FOURRAGERES (MODELE TOLLOT).**

			Ares/animal		
Périodes	Foin t MS (1)	Ensilage	Vaches laitières	Génisses (1 été à l'herbe)	Génisses (2 étés à l'herbe)
I - 01/05 au 20/06	2,8 à 2	2,34	30	20	35
II- 21/06 au 31/07	2,32 à 1,24	1,95	40	35	55
III-01/08 au 31/10	1,24 à 0,83	0,94	53	38	68

(1) Pour le foin et l'ensilage, il s'agit des quantités effectivement consommées par les animaux (pertes au champ et stockage déduites).
Les valeurs des rendements varient suivant la qualité des parcelles.

TABEAU 3 : UTILISATION DES PRAIRIES MODELE TOLLOT AVANT DRAINAGE (1981).

Période	Ares/ animal (1)		
	Vaches laitières	Génisses (1 été à l'herbe)	Génisses (2 étés à l'herbe)
I - 01/05 au 20/06	30	20	35
II- 21/06 au 31/07	38	35	55
III-01/08 au 31/10	50	40	65

(1) Les rendements liés à l'utilisation en foin et ensilage sont les mêmes que précédemment (tableau 3).

TABEAU 4 : UTILISATION DES PRAIRIES, MODELE TOLLOT APRES DRAINAGE (1982).

		1981	1982	1982/1981 %	1983	1983/1982 %	1984	1984/1983 %
Lait	l.	1,31	1,42	(8,4)	1,61	(13,3)	1,71	(6,2)
Vache de réforme	u.	3 200	3 200	(0)	4 000	(25)	4 280	(7)
Veau de 8 jours	u.	600	700	(16,6)	862	(23)	922	(7)
Génisses prêtes	u.	5 500	6 000	(9)	6 800	(13)	7 300	(7,3)
Blé	q.	100	110	(10)	121	(10)	124,5	(3)
Escourgeon	q.	90	100	(11)	105	(5)	108	(2,8)
Orge	q.	100	110	(10)	112	(2)	112	(0)
Colza	q.	220	220	(0)	250	(13,6)	275	(10)
Tourteau de soja	q.	146	200	(37)	235	(17,5)	257	(9,3)
Engrais (à l'unité)								
	N	3,6	4	(11)	4,06	(1,5)	4,24	(4,4)
	P	2,5	3,75	(50)	3,87	(3,2)	4,55	(17,6)
	K	2	1,7	(-15)	1,58	(-7)	1,66	(5)

SOURCE : Comptabilité TOLLOT
ou source régionale

en francs par unité et en pour-
centage.

TABEAU 5 : EVOLUTION DES PRIX DES MARCHES DES PRODUITS UTILISES DANS LE MODELE

kg MS															
Ration de base	Numéro de la ration	Ensilage maïs	FOIN		Ensilage herbe	Ensilage RGI	Ensilage Trèfle violet	Ensilage luzerne	Tour- teau dans ration base kg		Orge dans ra- tion base kg	Niveau de produc- tion obtenu lait (litres)	Composition du complément en		
			1ère coupe	2é-3é coupes					orge	tour- teau			miné- raux		
Ensilage maïs	1	13							2,2			19	60,5	37,5	2
Ensilage maïs + foin	2	9,1		3,0					1,3			14	60,5	37,5	2
Ensilage herbe	3				11,5				0,5			11	71,5	26,5	2
Ensilage RGI	4					12,0			1,7			15	71,5	26,5	2
Ensilage trèfle violet	5						13,5			2,6		21,7	71,5	26,5	2
Ensilage maïs + luzerne	6	5						7,8				12,3	60,5	37,5	2
Ensilage herbe + foin	7			8,5		3						9,0	71,5	26,5	2
Ensilage maïs + herbe + foin	8	4,55		3	4,25				0,65			11,5	66	32	2
Foin exclusif	9		5,5	5,5								7	83	15	2

(1) 1 kg de concentré permet de produire 2,8 l. de lait

SOURCE : Observations chez Monsieur TOLLOT et normes régionales (Domaine de MIRECOURT)

TABIEAU 6 : RATION DE BASE PAR VACHE ET PAR JOUR ET COMPOSITION DES CONCENTRES POUR DES VACHES A 5 600 L. (MODELE TOLLOT)

TABEAU 7 : CONSOMMATION ANNUELLE D'ORGE ET DE TOURTEAU PAR VACHE LAITIÈRE
SUIVANT LE NIVEAU DE PRODUCTION LAITIÈRE

Rations de base (b)	ORGE		TOURTEAU	
	vaches à 5 600	vaches à 3 700	vaches à 5 600	vaches à 3 700
I - Vaches pâturent l'été				
Ration n°2 (ensilage maïs + foin)	643	76	430,6	283,6
Ration N°3 (ensilage d'herbe)	899	210	302	160
Ration N°5 (ensilage trèfle violet)	927	493 (a)	46	9,5 (a)
Ration N°7 (ensilage d'herbe + foin)	986	301	348	150
Ration N°8 (ensilage maïs - herbe + foin)	805	180	348	204,3
Ration N°9 (foin)	1 277	487,2	171	88
II - Vaches ne pâturent pas (zéro-pâturage)				
Ration N°1 (ensilage maïs)	484	-	496	-
Ration N°2 (ensilage maïs, foin, ensilage PP + affouragement en vert)	805	164	348	197
Ration N°3 (comme ration N°2, l'ensilage de maïs est aussi donné la moitié de l'été)	805	164	348	197

Kg par vache

(a) avec la ration de base ensilage de trèfle violet la vache laitière peut
produire 4 300 litres

(b) les rations sont numérotées avec la même signification que sur le tableau n°5

ANNEXE II - HYPOTHESES SUR LES SYSTEMES DE PRODUCTION VIANDE BOVINE

A) Vaches Allaitantes -

1/ Hypothèses générales :

Les hypothèses retenues concernent des animaux de race à viande (charolais ou limousin) :

- . hivernage des vaches du 1er novembre au 30 avril
- . date moyenne de vêlage : 15 février
- . veaux élevés sous la mère jusqu'au sevrage à l'automne.
- . les mâles sont soit vendus en maigre à l'automne, soit engraisés sur l'exploitation et abattus à l'âge de 15-17 mois vers 680 kg de poids vif (385 kg de carcasse)
- . les femelles sont en partie vendues à l'automne ; le reste est élevé sur l'exploitation et destiné au renouvellement (vêlage à 34-36 mois)
- . les vaches de réforme sont pour moitié engraisées à l'herbe avant la vente pour moitié vendues en l'état. Le poids moyen de vente retenu est de 350 kg de carcasse.

2/ Les Rations Hivernales :

a) Les vaches allaitantes :

Les rations ont été établies à partir de celles de la station de JEU-LES-BOIS (Indre). La période d'hiver a été découpée en début de gestation (107 j), début lactation (28 j), 2ème mois et suivant de lactation (46 j).

Des rations à base de foin, paille, ensilage d'herbe et ensilage de maïs ont été mises en comparaison :

- 1/ foin (80%) et paille (20%)
- 2/ paille (100%)
- 3/ paille (60%) et foin (40%)
- 4/ foin (50%), paille (25%), ensilage herbe (25%)
- 5/ ensilage d'herbe (25%), paille (75%)
- 6/ foin (40%), paille (40%), ensilage maïs (20%)

Toutes les rations ont été équilibrées en orge et tourteau de soja et/ou urée.

b) Les génisses :

Pour l'alimentation des génisses durant les hivernages, nous avons retenu une ration à base de foin équilibrée avec orge et tourteau.

c) Les taurillons :

Les taurillons sont nourris à l'auge durant : 270 jours, avec de l'ensilage de maïs complémenté par des céréales et tourteaux de soja.

2/ Le chargement au pâturage : (exprimé en ares par animal)

Les normes ont été établies à partir de celles du modèle vaches laitières :

	<u>1/05 au 20/06</u>	<u>21/06 au 31/07</u>	<u>1/08 au 31/10</u>
Mère + veau	37	38	50
Génisses de			
1 an et 2 ans	43	55	65

3/ Composition du troupeau :

Pour 100 vaches allaitantes présentes en hiver :

. le nombre de veaux produits est de 84 se décomposant en :

- .42 veaux mâles sevrés, vendus à l'automne ou engraisé
- .20 veaux femelles sevrés à l'automne
- .22 veaux femelles destinées au renouvellement

Il y a présence de 4 taureaux.

En moyenne 22 vaches sont réformées par an.

B) Boeufs de 27 mois : les veaux de 8 jours pie-noirs sont achetés vers le 1er octobre, passent un premier hiver au foin, une saison au pâturage, un deuxième hiver à l'ensilage d'herbe, une deuxième saison de pâturage. Ils sont finis à l'auge au maïs ensilage pour la plupart d'entre eux. Les animaux abattus vers 26-28 mois ont un poids de carcasse de 320 kg. Les hypothèses retenues proviennent de l'E.D.E. de Meurthe et Moselle - I.T.E.B. à partir de suivis d'exploitation :

- .poudre de lait	40 kg
.concentrés JB	100 kg
.orge	210 kg
.TS 50	130 kg
.CMV	60 kg

.foin	660 kg
.ensilage d'herbe (MS)	810 kg
.ensilage de maïs (MS)	475 kg
- chargement au pâturage :	
printemps	0,35 ares/animal
été	0,65 ares/animal
automne	0,75 ares/animal

C) Hypothèses économiques des productions animales :

Nous avons retenu des prix de la campagne 1981-82 : (année 1982)

. prix de vente du kg vif de broutard mâle :	: 15 F.
. prix de vente du kg de carcasse de taurillon	: 22 F.
. prix de vente du kg de carcasse de vaches de réforme :	20 F.
. prix de vente du kg de carcasse de boeuf pie noir	: 20 F.

Charges proportionnelles des catégories d'animaux (vêto, ...) : hors alimentation
grossière et concentré

. vache allaitante	: 200 F.
. taurillon	: 200 F.
. génisse de 8 mois au vêlage	: 240 F.
. boeuf pie-noir	: 1450 F. (achat du veau, poudre de lait, divers ...)

Prime vache allaitante : 450 F.

Coût des approvisionnements à l'extérieur :

achat de :		
orge	:	130 F/q
blé	:	140 F/q
foin	:	560 F/t
paille	:	400 F/t
tourteau de soja	:	2 F/kg
urée	:	1.75 F/kg

ANNEXE III

PROGRAMMATION LINEAIRE ET EXPLOITATIONS AGRICOLES

La programmation linéaire (PL) est un modèle mathématique de recherche de maximisation ou de minimisation d'un objectif quantifié tout en satisfaisant un certain nombre de contraintes. Ce modèle peut avoir différents usages en économie : choix d'une ration d'alimentation du bétail au moindre coût, développement régional, analyse économique des décisions de production dans les exploitations agricoles. C'est ce dernier usage qui sera étudié ici.

ANALYSE ECONOMIQUE ET GESTION DES EXPLOITATIONS

Dans une exploitation, compte tenu des facteurs de production disponibles, des productions possibles, de leur consommation et de leurs produits, la PL peut par exemple indiquer le plan de production qui maximisera le revenu. La formulation du problème comporte trois éléments : *l'inventaire des productions* ou activités possibles, *l'inventaire des contraintes* pouvant limiter l'introduction de telle activité dans la solution. Ces contraintes sont aussi les facteurs de production. La consommation que chaque activité fait de ces contraintes ou facteurs est donnée par le coefficient technique (un hectare de blé demande 20 heures de travail par exemple). Enfin, la *fonction d'objectif* ou fonction économique donnant le critère de choix retenu pour obtenir la solution optimale. Ce pourra être, ce sera souvent, la recherche du revenu.

I - EXEMPLE

1 / Exposé littéraire d'un problème de PL.

Soit un agriculteur possédant ou pouvant acheter de la terre, du travail ou du capital.

On écrira :

- la superficie cultivée en blé, orge,

maïs, prairies, ... ne peut être supérieure à la superficie totale disponible (surface agricole).

- l'agriculteur ne peut pas utiliser pour l'alimentation des animaux, plus de foin qu'il en produit à moins d'en acheter.

- Il ne peut pas utiliser plus d'heures de travail pour s'occuper des terres ou des bovins qu'il en dispose (par exemple 2 500 heures environ par homme et par an).

- Il ne peut pas emprunter au Crédit Agricole plus d'argent que celui-ci ne peut ou ne veut lui en prêter.

On peut ainsi traduire un certain nombre des choix qui s'offrent à l'agriculteur en multipliant les relations de ce type.

Si l'objectif que cherche à atteindre l'agriculteur est la maximisation du revenu, le problème revient donc à trouver quelles productions il faut faire, et en quelle quantité, pour maximiser le revenu des agriculteurs. On retrouve ici, les questions classiques de la gestion : quoi, comment, combien produire ?

2/ Présentation et résolution graphique d'un problème simple.

Soit un agriculteur possédant 40 hectares de terre et 240 journées de travail. Il peut produire, de façon indépendante, du maïs ou du lait.

Pour un hectare de terre, le maïs a besoin de 5 journées de travail.

Pour une vache laitière, il faut 0,8 hectare de terre et 8 journées de travail. Chaque activité offre une marge unitaire (produit moins charges liées aux facteurs variables) de 3 000 F. L'agriculteur cherchant à maximiser son revenu, quelle combinaison de production va-t-il adopter ?

La matrice peut être exprimée ainsi :

Productions	y1 maïs	y2 lait	2ème membre
Contraintes			
Terre	1	0,8	≤ 40 hectares
Travail	5	8	≤ 240 journées de travail
Z = fonction d'objectif	3 000	3 000	Maximum

Nous pouvons écrire de cette façon :

$$\text{Maximiser } Z = 3\,000 y_1 + 3\,000 y_2$$

avec les contraintes :

$$y_1 + 0,8 y_2 \leq 40$$

$$5 y_1 + 8 y_2 \leq 240$$

Nous pouvons donner dans le plan une représentation graphique de ce problème avec maïs en ordonnée, lait en abscisse (voir graphique 1).

On voit que la solution se trouve automatiquement sur ou dans le quadrilatère OAEB. La marge brute, déterminée par la droite Z, est croissante lorsque cette droite se déplace vers le haut. L'optimum correspond donc à un des trois points A, E ou B. On se rend assez facilement compte en déplaçant parallèlement à elle-même la droite de la marge brute Z, que l'optimum est obtenu en E.

Solution :

Maïs	32 hectares
Lait	10 vaches laitières
Marge brute	126 000 F

En fait, cette méthode n'est pas utilisable pour le problème présenté à la première section, mais il est possible d'en trouver une tout aussi rigoureuse que l'ordinateur utilisera très rapidement pour obtenir l'optimum. Cette méthode itérative est appelée "simplexe" (sic !).

3/ Présentation du problème dual et détermination de prix internes (valeurs duales)

Imaginons un deuxième agriculteur qui veut louer au premier ses 40 ha et ses 240 journées de travail. Quelles sont les données du contrat ?

soit x_1 la rémunération d'un ha de terre,
soit x_2 la rémunération d'une journée de travail

Evidemment le deuxième agriculteur voudra minimiser ses dépenses :

$$Z = 40x_1 + 240x_2 \text{ minimum}$$

Par contre, le premier agriculteur voudra gagner au moins autant qu'il gagnait lorsqu'il était à son propre compte. Avec 5 heures de travail, et un hectare de terre, il pouvait produire un hectare de maïs et donc avoir une marge de 3 000 F., il veut gagner autant :

D'où :

$$x_1 + 5x_2 \geq 3\,000$$

Avec 8 heures de travail et 0,8 ha, il pouvait produire pour 3 000 F. de lait.

D'où :

$$0,8x_1 + 8x_2 \geq 3\,000$$

Nous avons donc un nouveau programme linéaire

Minimiser $Z' = 40x_1 + 240x_2$

avec $x_1 + 5x_2 \geq 3\ 000$

$0,8x_1 + 8x_2 \geq 3\ 000$

Les deux problèmes sont dits en dualité et on démontre que, à l'optimum, $Z' = Z = 126\ 000$

On trouverait aussi que :

$x_1 = 2\ 250\ \text{F.}$ voir graphique 2
 $x_2 = 150\ \text{F.}$

Cela signifie que la terre est rémunérée à 2 250 F/ha et le travail à 150 F. l'heure lorsqu'un agriculteur peut produire sur sa ferme du maïs et du lait aux conditions indiquées. Ces deux chiffres sont les valeurs duales ou prix internes des deux facteurs de production terre et travail. On parle aussi de productivités marginales et de coûts d'opportunité de ces facteurs.

Cela peut s'interpréter ainsi : si, au lieu de 40 hectares, l'agriculteur disposait de 41 hectares, sa marge brute totale serait augmentée de 2 250 F., c'est-à-dire du niveau de la productivité marginale de la terre. Cela signifie que les 32 ha de maïs et les 10 Unités de lait rentabilisent le travail à 150 F. la journée et la terre à 2 250 F. l'hectare.

On peut montrer que si un facteur n'est pas complètement utilisé pour la production, son prix interne est nul. Si dans les conditions précédentes, l'agriculteur dispose de 50 hectares, on voit sur le graphique que la contrainte liée à la superficie va au-delà de celle liée au travail, elle n'est plus contraignante. L'agriculteur aurait alors intérêt à produire 48 hectares de maïs et 0 unité de lait (point F), il ne peut en faire plus en raison de la contrainte de travail. Les deux hectares supplémentaires sont inutiles. La valeur duale ou le prix interne de la terre est nulle puisque si l'agriculteur a un hectare supplémentaire (51 ha) la marge brute ne sera pas augmentée.

II - UTILISATION, INTERET ET LIMITES DE LA PL

a) Utilisation

La PL apparaît comme un outil d'application de la théorie de la production. Elle a connu un essor remarquable en économie rurale que ce soit en gestion que pour la recherche économique. En simplifiant quelque peu, on peut trouver trois utilisations de la programmation linéaire qui correspondent à trois conceptions différentes.

1/ Historiquement, c'est la propriété essentielle d'obtention d'une *solution optimale* qui a été retenue. Le chercheur, le planificateur et surtout le conseiller de gestion ou même l'agriculteur utilisent alors la programmation linéaire comme *outil direct de décision*. Cela correspond à la tendance naturelle de trouver un modèle de décision qui donne une solution directement applicable. Par ailleurs, cette utilisation se trouve être en relation avec l'idée qui se trouve être la justification de la gestion : l'utilisation des méthodes particulières de gestion est susceptible de fournir des plans de production meilleurs que ceux qui auraient été adoptés en leur absence. Ceci repose donc explicitement sur l'hypothèse qu'il existe de bons modèles de gestion de l'entreprise, modèles dont il suffit de diffuser l'usage. En économie, l'utilisation de ces modèles a laissé croire que l'économie pourrait devenir une science expérimentale neutre et objective.

Mais, on constate que les résultats ne sont pas à la hauteur des ambitions. *En gestion, l'outil est de moins en moins utilisé de cette façon.* L'échec de ces modèles provient d'abord du fait que l'on a négligé de les critiquer au nom de l'analyse qui les avait constitués. Ce n'est peut-être pas tant la capacité des modèles qui est en cause que celle des utilisateurs.

2/ L'utilisation d'un modèle ou d'un outil de la recherche opérationnelle pour *décrire la réalité passée* ou pour *prévoir l'avenir* soulève une question de fond qu'exprime BOUSSARD

(1970) : "Pour que l'utilisation d'un modèle soit valable, il faut qu'il donne des résultats conduisant à considérer comme optimale la ligne d'action effectivement suivie par les agriculteurs après qu'ils aient eu le temps de s'adapter à leur environnement".

En mettant le modèle dans les conditions du passé, il devient possible d'apprécier son adéquation avec la réalité, bref d'étalonner l'outil. Une fois l'outil étalonné, c'est-à-dire expliquant correctement les décisions prises dans le passé par les agriculteurs et donc suffisamment représentatif de leur comportement économique, on peut l'utiliser de façon prévisionnelle : quelles pourront être les nouvelles décisions des agriculteurs suite à un changement de leur environnement (niveau des prix, progrès technique, etc...) ? L'outil est souvent utilisé de cette façon par les chercheurs. Par exemple, pour éclairer les composantes de l'offre de viande, l'évolution des coopératives ou l'adoption des innovations par les agriculteurs... Elle a donné naissance à une démarche analytique d'utilisation des modèles caractérisée par une distanciation entre celui qui utilise le modèle et le modèle lui-même, représentation imparfaite de la réalité.

3/ On peut enfin utiliser la programmation linéaire, comme d'ailleurs tout modèle de simulation, directement comme outil de formation. C'est alors l'agent économique lui-même, porteur d'un projet économique, qui prend comme objet d'analyse sa situation et ses décisions. Il s'analyse donc avec l'aide de "partenaires de réflexion" : chercheurs, techniciens, ingénieurs, d'autres agriculteurs. Comme dans l'utilisation précédente, l'outil doit être étalonné, il fournit ainsi de nombreux renseignements sur la situation de l'agriculteur. Etalonné, il peut être utilisé de façon prévisionnelle, en particulier pour réfléchir sur l'adoption possible de certaines innovations. En quelque sorte, l'outil sert de miroir, permettant à l'agriculteur qui doit fournir lui-même les informations nécessaires au modèle,

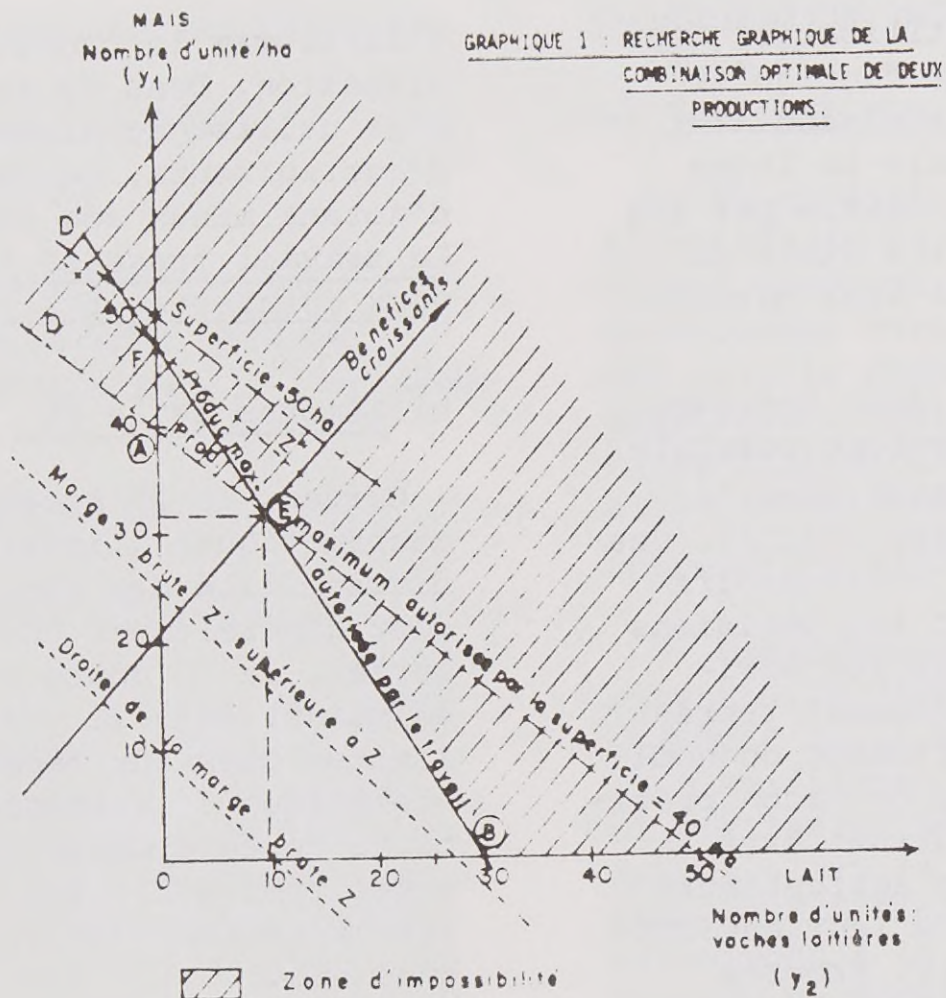
d'améliorer la connaissance de sa situation. Dans ce sens, il peut être utilisé au niveau d'un groupe d'agriculteurs, ce qui rentabilise d'autant mieux son coût d'utilisation. Le travail présenté ici se rapporte aux deux dernières utilisations.

b) Limites de la PL

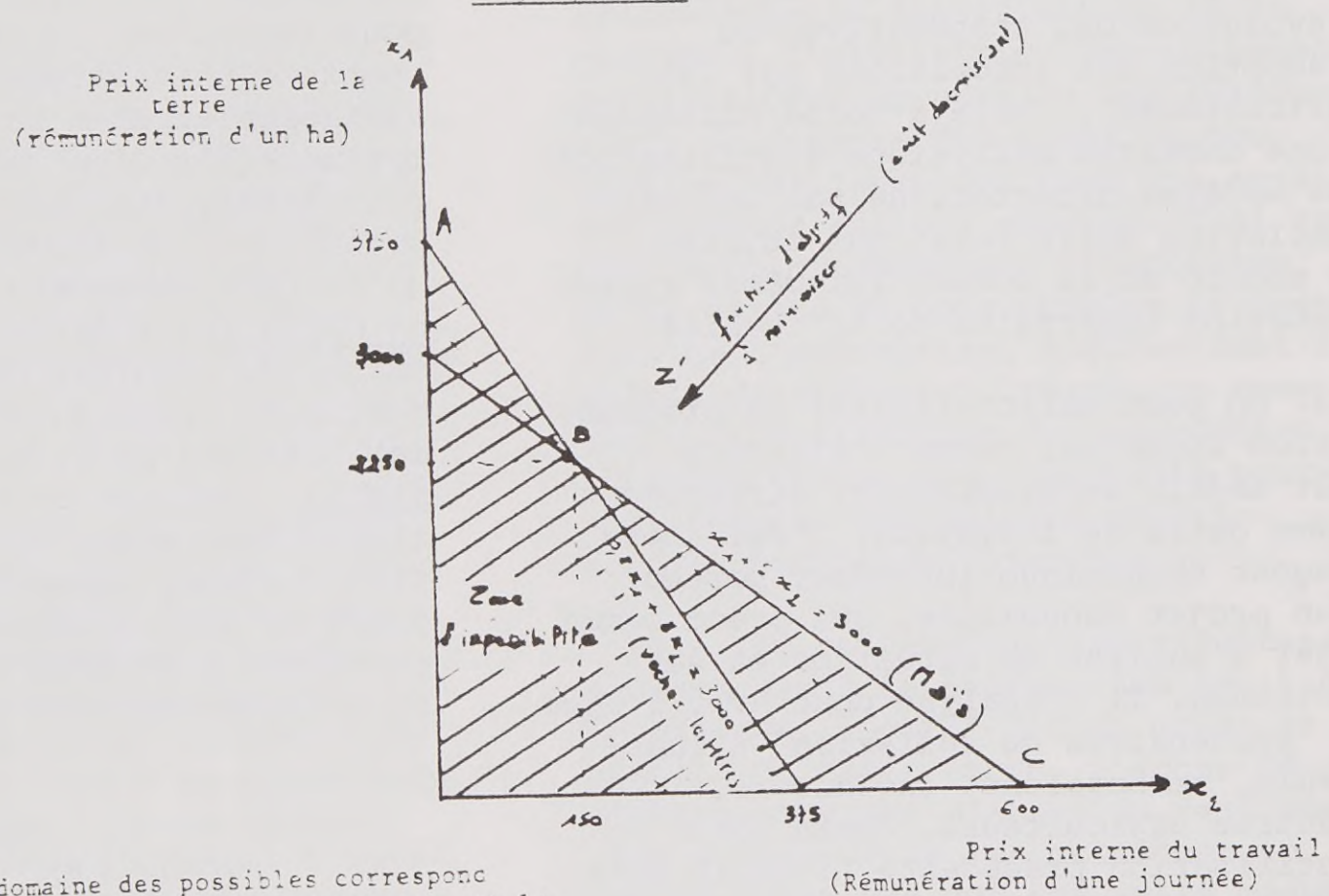
Certes, la PL a ses propres limites mathématiques (linéarité, indépendance, divisibilité des facteurs), mais elles sont généralement peu contraignantes. Certes, la PL coûte cher, mais de moins en moins. Mais il y a surtout des limites dues aux capacités de l'analyse économique : la théorie des anticipations reste à construire. Il est en effet très difficile d'apprécier les variations des niveaux techniques etc...

Mais la programmation linéaire reste un outil qui peut être utile dans de nombreuses analyses et indispensable pour certaines. La possibilité de tenir compte d'un très grand nombre de variables et d'en obtenir la solution optimale est d'un très grand secours pour interpréter les conditions de production, si l'on évite deux pièges qu'il faut rappeler. D'une part, le piège normatif, c'est-à-dire l'interprétation du résultat obtenu comme la meilleure solution à appliquer (norme). D'autre part, le piège du quantifiable : refuser d'introduire les considérations dites subjectives (incertitude, imitation, loisirs...) comme si les informations quantifiées pouvaient être déterminées de façon strictement objective.

★ ★ ★



Graphique n° 2



Le domaine des possibles correspond à l'espace limité par les axes x_1 et x_2 et la ligne brisée A B C, le point O n'appartenant pas au domaine des possibles. L'optimum se trouve en B. Il correspond à $x_1 = 2\ 250$

$$\begin{aligned} x_2 &= 150 \\ x_3 &= 126\ 000 \end{aligned}$$

