



**HAL**  
open science

## GEDE logiciel d'aide à la décision stratégique pour l'exploitation agricole

R. Severac

► **To cite this version:**

R. Severac. GEDE logiciel d'aide à la décision stratégique pour l'exploitation agricole. Cemagref Editions, pp.191, 1992, Coll. Etudes du Cemagref, série Production et économie agricoles, n° 1, 2-85362-296-7. hal-02576203

**HAL Id: hal-02576203**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02576203v1>**

Submitted on 24 Apr 2023

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

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

PUB 00003012



**GEDE**  
**Logiciel d'aide à la décision stratégique**  
**pour l'exploitation agricole**

*Département Production économie agricoles*



*Quadrille*

CEMAGREF  
DOCUMENTATION  
CLERMONT-FERRAND

**GEDE**

**LOGICIEL D'AIDE À LA DÉCISION STRATÉGIQUE  
POUR L'EXPLOITATION AGRICOLE**

Département Production économie agricoles



**CEMAGREF**

**CENTRE NATIONAL  
DU MACHINISME AGRICOLE  
DU GÉNIE RURAL  
DES EAUX ET DES FORÊTS**

**DIRECTION GÉNÉRALE**  
Parc de Tourvoie,  
92160 Antony  
Tél. : (1) 40.96.61.21  
Télécopie : (1) 46.66.37.44

# Les *ÉTUDES* du CEMAGREF

## *Série : Ressources en eau*

N° 1 - Potentiel d'électrode de platine en épuration biologique - 1990, 164 pages - 200 F

N° 2 - Le phosphore et l'azote dans les sédiments du fleuve Charente : variations saisonnières et mobilité potentielle - 1990, 228 pages - 250 F

N° 3 - Typologie aquacole des marais salants de la côte atlantique - 1991, 232 pages - 200 F

N° 4 - Pêche, biologie, écologie des aloses dans le système Gironde-Garonne-Dordogne - 1991, 392 pages - 350 F

N° 5 - La pêche professionnelle fluviale et lacustre en France - 1992, 290 pages - 300 F

N° 6 - Les mono-oxygénases de poissons, un outil pour la caractérisation des pollutions chroniques - 1992, 232 pages - 250 F

## *Série : Hydraulique agricole*

N° 1 - Etude de la qualité des eaux de drainage. Diagnostic de risque de lessivage d'azote en fin de campagne culturale. La tranchée de drainage. Une nouvelle expression de la hauteur équivalente. A propos des coefficients de forme de la nappe libre drainée - 1986, 21 x 29,7 - 182 pages - 200 F

N° 2 - Hydraulique au voisinage du drain. Méthodologie et premiers résultats. Application au diagnostic du colmatage minéral des drains - 1987, 21 x 29,7 - 220 pages - 200 F

N° 3 - Secteurs de références drainage. Recueil des expérimentations - 1988, classeur 20 x 26 - 92 fiches - 150 F

N° 4 - Fonctionnement hydrologique et hydraulique du drainage souterrain des sols temporairement engorgés : débits de pointe et modèle SIDRA - 1989, 334 pages - 250 F

N° 5 - Transferts hydriques en sols drainés par tuyaux enterrés. Compréhension des débits de pointe et essai de typologie des schémas d'écoulement - 1989, 322 pages - 250 F

N° 6 - Réseaux collectifs d'irrigation ramifiés sous pression. Calcul et fonctionnement - 1989, 140 pages - 150 F

N° 7 - Géologie des barrages et des retenues de petites dimensions - 1992, 144 pages - 200 F

N° 8 - Estimation de l'évapotranspiration par télédétection. Application au contrôle de l'irrigation - 1990, 248 pages - 250 F

N° 9 - Hydraulique à l'interface sol/drain - 1991, 336 pages - 250 F

N° 10 - Le fonctionnement du drainage : approche pédo-hydraulique - 1991, 248 pages - 200 F

N° 11 - Mise en valeur des sols difficiles. Drainage et après-drainage des argiles vertes - 1991, 140 pages - 150 F

N° 12 - Colmatage des drains et enrobages : état des connaissances et perspectives. 1991, 152 pages - 200 F

N° 13 - Guide pour le diagnostic rapide des barrages anciens - 1992, 100 pages - 150 F

## *Série : Equipement des IAA*

N° 1 - Carbonisateur à pailles et herbes pour les pays en développement - 1990, 56 pages - 100 F

## *Série : Forêt*

N° 1 - Annales 1988. 1989, 126 pages - 150 F

N° 2 - Le Massif Central Cristallin. Analyse du milieu - Choix des essences - 1989, 104 pages - 150 F

N° 3 - Les stations forestières du pays d'Othe - 1990, 174 pages - 150 F

N° 4 - Culture d'arbres à bois précieux en prairies pâturées en moyenne montagne humide - 1990, 120 pages - 150 F

N° 5 - Annales 1989 - 1991, 196 pages - 150 F

N° 6 - Annales 1990 - 1991, 268 pages - 200 F

N° 7 - Les stations forestières du plateau nivernais - 1991, 164 pages - 150 F

N° 8 - Les types de stations forestières de Lannemezan, Ger et Moyen Adour - 1991, 436 pages - 250 F

N° 9 - Annales 1991 - 1992 - 190 pages - 200 F

## *Série : Production et économie agricoles*

N° 1 - GEDE Logiciel d'aide à la décision stratégique pour l'exploitation agricole - 1992, 192 pages - 200 F

N° 2 - AGREGEDE : méthode de simulation de la production agricole d'une région - Application en Ardèche - 1992, 232 pages - 250 F

## *Série : Gestion des services publics*

N° 1 - Économie et organisation à l'échelle départementale du financement du renouvellement des réseaux d'eau potable - 1991, 76 pages - 150 F

## *Série : Montagne*

N° 1 - Éléments d'hydraulique torrentielle - 1991, 280 pages - 300 F

N° 2 - Aspects socio-économiques de la gestion des risques naturels - 1992, 152 pages - 150 F

A commander au CEMAGREF - DICOVA, BP 22, 92162 ANTONY CEDEX - Tél. : (1) 40.96.61.32  
joindre votre paiement à la commande

**Le CEMAGREF est un organisme de recherches dans les domaines de l'eau, de l'équipement pour l'agriculture et l'agro-alimentaire, de l'aménagement et de la mise en valeur du milieu rural et des ressources naturelles.**

**En contact permanent avec les agents économiques et les collectivités, il cherche à constituer des outils mieux adaptés dans différents secteurs d'activités :**

- eau, hydrologie, hydraulique agricole, qualité des eaux
- risques naturels et technologiques
- montagne et zones défavorisées
- forêts
- machinisme et équipement agricoles
- équipement des industries agro-alimentaires
- production et économie agricoles.

**Le CEMAGREF est un Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique sous la tutelle des ministères de la Recherche et de l'Espace, de l'Agriculture et du Développement Rural.**

**Il emploie 970 agents dont 420 scientifiques répartis en 10 groupements : Aix-en-Provence, Antony, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Grenoble, Lyon, La Martinique, Montpellier, Nogent-sur-Vernisson, Rennes.**

## **REMERCIEMENTS**

**A notre demande**

**M. Pierre JULLIAN INRA SAD AVIGNON**

**et**

**Mme Ghislaine URBANO DERF (Bureau des Sols)**

**ont réalisé une lecture attentive du présent document.**

**Nous tenons à les remercier pour leurs observations.**

***L'équipe de rédaction***

Ce document a été préparé et rédigé par un groupe de travail du  
CEMAGREF comprenant :

**Direction des programmes**

**SEVERAC Rémy**  
*Chef du Département "Production et Economie Agricoles"*

**Division Production et Economie Agricoles d'ANTONY**

**CAIROL Dominique - *Chef de la Division***

**GOTH Claude**

**JANNOT Philippe**

**STRASMAN Alain**

**Division Production et Economie Agricoles d'AIX en PROVENCE**

**GIRAUD Geneviève**

**Division Production et Economie Agricoles de BORDEAUX**

**BEYRIES Philippe**

**Division Irrigation MONTPELLIER - Département Hydraulique Agricole**

**RIEU Thierry**

## SOMMAIRE

### **GEDE Logiciel d'aide à la décision stratégique pour l'exploitation agricole**

<b>INTRODUCTION (Rémi SEVERAC)</b> .....	<b>p. 9</b>
 <b><u>PREMIERE PARTIE :</u></b> <b>ASPECTS THEORIQUES ET PRATIQUES</b>	
- Quelques aspects théoriques sur la programmation linéaire (Claude GOTH) .....	<b>p. 15</b>
- Le logiciel GEDE et ses fonctions (Claude GOTH) .....	<b>p. 35</b>
 <b><u>DEUXIEME PARTIE :</u></b> APPLICATIONS	
- La modélisation de l'exploitation agricole à partir du logiciel GEDE : Outil de diagnostic et de prévision (Dominique CAIROL - Philippe JANNOT) .....	<b>p. 51</b>
- Le choix de l'équipement en matériel face aux autres moyens de production - Cas d'une exploitation de l'YONNE (Dominique CAIROL, Philippe JANNOT, Michel LENGLET) .....	<b>p. 63</b>
- Choix de nouveaux matériels de récolte et de travail du sol dans une exploitation cherchant à s'agrandir (Alain STRASMAN) .....	<b>p. 77</b>

- Gestion de l'eau dans les exploitations irriguées :  
choix d'une stratégie d'irrigation et d'un assolement  
irrigué (**Philippe BEYRIES**)  
..... p. 93

- Impact de l'irrigation sur des exploitations du  
Canton de St. AUBAN (ALPES MARITIMES) (**Thierry RIEU**)  
..... p. 129

**TROISIEME PARTIE :**

**PERSPECTIVES D'UTILISATION ET EVOLUTION**  
**(Rémi SEVERAC)**  
..... p. 173



# INTRODUCTION

Rémi SEVERAC

Pourquoi le département "Production et Economie Agricoles" du CEMAGREF présente-t-il, en 1990, une méthodologie reposant sur la programmation linéaire visant à comprendre et simuler la stratégie des exploitations agricoles ?

En FRANCE, la programmation linéaire en agriculture a démarré à partir des années cinquante et son développement a vu son apogée vers la fin des années soixante. La déception a été d'autant plus grande que l'engouement avait été fort.

La principale difficulté rencontrée a été la complexité de sa mise en oeuvre qui est allée croissante au fur et à mesure que la recherche a voulu l'utiliser en macroéconomie et faire face aux limites de la méthodologie .

Une des problématiques du Département "Production et Economie Agricoles" consiste à étudier au niveau de l'exploitation agricole, les interrelations entre les agro-équipements et le fonctionnement du système d'exploitation.

En d'autres termes, il s'agit d'aider les agriculteurs à choisir leurs équipements pour le renouvellement mais aussi pour modifier l'appareil de production notamment lorsque se pose l'intérêt d'une innovation. La programmation linéaire modélisant les interactions d'un système d'exploitation paraissait un moyen de répondre à cette problématique.

L'arrivée, à partir des années quatre vingt, de la microinformatique a conduit une équipe du CEMAGREF à proposer une méthodologie basée sur la programmation linéaire utilisable notamment par les agents de développement et même les agriculteurs. Cette méthodologie comporte le logiciel GEDE présenté dans cet ouvrage.

Il permet de mettre en oeuvre plus simplement la programmation linéaire en l'appliquant à des cas réels.

De ce fait, il s'agit d'une programmation linéaire "sur mesure" qui s'oppose à une programmation linéaire "de confection" qui était la règle avec l'informatique lourde.

Les références générales établies sur une exploitation type sont difficilement appropriables par l'agriculteur tandis que l'application de ses propres références résoud cette difficulté.

De plus cette façon de procéder simplifie la mise en oeuvre parce qu'il suffit de retenir les contraintes qui s'appliquent à cette exploitation (par exemple les références ne seront établies que pour les natures de sol qui existent sur l'exploitation). Les références doivent s'appliquer à l'exploitation étudiée : ce sont celles sur lesquelles s'appuie l'exploitant, c'est-à-dire, celles qui sont "dans sa tête" s'il n'a pas d'enregistrement.

Une autre conséquence de la micro-informatique est le développement de logiciels de suivi analytique des spéculations de l'exploitation ce qui progressivement améliore les références.

Le logiciel GEDE est un complément du suivi analytique : la programmation linéaire sera plus efficace si les références sont précises et l'intérêt de recueillir des données pour élaborer des références sera conforté s'il y a une utilisation pour une meilleure décision de gestion de l'exploitation.

Par ailleurs elle présente l'avantage décisif de relier l'ensemble des données chiffrées qui s'appliquent à l'exploitation et elle intègre ainsi un grand nombre d'interactions (en particulier celles qui découlent de l'organisation du travail).

Elle permet de modéliser le fonctionnement de l'exploitation et constitue de ce fait une source de réflexion particulièrement riche pour tester, par simulation, différentes hypothèses.

Aujourd'hui, la réduction des charges induites par les équipements constitue un enjeu majeur pour les agriculteurs et il faut bien constater l'insuffisance des méthodologies permettant une décision rationnelle. C'est pourquoi, dans les applications présentées dans ce document, nous avons privilégié cet aspect en montrant comment la modification ou l'introduction d'un équipement se répercute sur l'ensemble du système d'exploitation.

La méthodologie proposée permet de prendre en compte l'ensemble des contraintes qui s'exercent et calcule l'avantage net qui résulte du changement de structure.

Enfin, d'une manière plus générale, c'est une démarche pour la compréhension du fonctionnement de l'exploitation :

1 - Etablissement des données : Elle définit les références nécessaires et suffisantes à établir sur les pratiques agricoles et sur les capacités de l'appareil de production de l'exploitation à étudier, en tenant compte des motivations du chef d'exploitation. C'est aussi un moyen pour évaluer le degré de précision nécessaire au fur et à mesure de la progression de l'analyse de l'exploitation.

2 - Analyse des données : Elle teste la cohérence des données et oblige à réfléchir à la pertinence des pratiques agricoles.

3 - Modélisation : Elle modélise le fonctionnement en optimisant la marge brute et traduisant, sous formes de contraintes, l'ensemble des limitations notamment celles qui résultent des motivations particulières de l'exploitant par exemple travailler moins à une période donnée, acheter de la terre pour accroître le patrimoine, interdire une production ou au contraire obliger un certain niveau de présence, etc...

4 - Simulation : Les simulations permises sont nombreuses ce qui en fait une méthode prospective particulièrement intéressante.

.Simulation de conjoncture en modifiant les prix (achat et vente).

.Simulation de techniques qui permet de tester différentes séquences (par exemple techniques plus ou moins intensives).

.Simulation de diversification d'activités en introduisant la possibilité de réaliser de nouvelles activités.

. Simulation de variations de l'appareil de production qui peut porter sur la terre, le travail ou l'équipement.

Le document comprend 3 parties :

Une première partie présente quelques aspects théoriques de la programmation linéaire ainsi que les fonctions du logiciel GEDE.

La deuxième partie est consacrée à des applications réalisées dans le domaine de l'irrigation et du machinisme pour montrer comment peut s'étudier l'opportunité d'un équipement et le lien fort qui existe entre l'équipement et la façon de s'en servir.

La troisième partie enfin est une réflexion sur les utilisations possibles, les avantages et les limites de la méthodologie, les voies d'amélioration, d'évolution et les autres utilisations.

Il peut paraître paradoxal d'utiliser une méthodologie qui optimise la marge brute et suppose les structures de production fixes pour étudier l'intérêt d'un équipement. En réalité, trois considérations interviennent en se complétant pour le justifier:

1 - L'identification des contraintes saturées et la connaissance des profits marginaux qui résulteraient de leur desserrement (notamment lorsqu'il s'agit d'équipement).

2 - La possibilité de tester rapidement différentes configurations d'équipement.

3 - La compréhension du fonctionnement de l'exploitation et l'intégration par le calcul des interactions des différents facteurs.

**Première partie**

**QUELQUES ASPECTS THEORIQUES**  
**ET PRATIQUES**



# QUELQUES ASPECTS THEORIQUES SUR LA PROGRAMMATION LINEAIRE

**Claude GOTH** <sup>(1)</sup>

(1) CEMAGREF ANTONY - Division Production et Economie Agricoles - BP 121 92185 ANTONY Cedex

Dans ce bref exposé sur la programmation linéaire, nous ne donnerons qu'un très rapide aperçu de cette méthode d'optimisation. Nous en présenterons les notions essentielles, les principales définitions et intérêts. Pour plus de détails, nous mentionnons, en annexe, une documentation sommaire sur la question.

Les termes généralement utilisés en programmation linéaire seront écrits en majuscules lorsqu'ils apparaîtront dans le texte pour la première fois.

## 1 - NAISSANCE ET DOMAINES D'APPLICATION DE LA PROGRAMMATION LINEAIRE

La programmation linéaire fait partie de la programmation mathématique. C'est une branche importante dans la recherche opérationnelle. Elle permet de calculer l'OPTIMUM (maximum ou minimum) d'une FONCTION OBJECTIF dans un système de CONTRAINTES. La fonction objectif et chacune des contraintes du système s'expriment linéairement en fonction des VARIABLES DE DECISION.

La programmation linéaire s'est fortement développée avec la découverte de son principal algorithme de résolution - ALGORITHME DU SIMPLEXE - par G.B. DANTZIG en 1948 - et l'utilisation des ordinateurs.

En dehors de diverses applications en sciences fondamentales (mathématiques ou physique), la programmation linéaire s'applique généralement à divers domaines de l'économie lorsqu'il s'agit de maximiser ou de minimiser un résultat sous contraintes.

---

GEDE - Logiciel d'aide à la décision stratégique pour l'exploitation agricole - Etudes du CEMAGREF, série Production et Economie Agricoles, 1992, n° 1 : pp. 15-34

Par exemple, maximiser le profit d'un ensemble productif - industriel, agricole ou commercial - à ressources limitées, ou minimiser le coût d'une fabrication devant respecter certaines normes qualitatives - proportions de protéines, teneurs en vitamines, etc.. Par exemple, en production d'aliments du bétail.

### **Avertissement**

Le lecteur familiarisé avec la programmation linéaire pourra s'abstenir de lire les développements qui suivent et illustrent cette méthode (paragraphe 2 à 8 suivants) Par contre, ces considérations méthodologiques seront certainement profitables, au lecteur moins informé, dans la compréhension de la définition de GEDE, de ses caractéristiques et de ses possibilités d'application.

## **2 - EXEMPLE DE PROBLEME SIMPLIFIE SOLUBLE PAR PROGRAMMATION LINEAIRE**

Pour définir cette méthode d'optimisation et en montrer l'intérêt, nous partirons d'un exemple très simplifié relatif à une exploitation agricole.

Considérons donc une exploitation agricole et trois cultures désignées par : cult1, cult2 et cult3. La campagne agricole est divisée en 4 périodes : p1, p2, p3 et p4. Pour ces périodes, les 3 cultures ont des besoins en main-d'oeuvre en heures/ha indiqués dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 1**  
**Besoins en main-d'oeuvre selon la période de l'année et la culture**  
**(en h/ha)**

	p1	p2	p3	p4
Cult1	10	10	100	10
Cult2	10	60	200	15
Cult3	5	200	10	10

Cult1 et cult2 sont irriguées et cult3 ne l'est pas. Leurs besoins respectifs en eau d'irrigation, selon la période, sont les suivants :

**Tableau 2**  
**Besoins en eau d'irrigation selon la période de l'année et la culture**  
**(en m<sup>3</sup>/ha)**

	p1	p2	p3	p4
Cult1	-	500	2000	150
Cult2	-	250	2500	200
Cult3	-	-	-	-

D'autre part, ces cultures entraînent des immobilisations de trésorerie qui s'élèvent à 3.000 francs/ha pour cult1, 5.000 francs/ ha pour cult2 et 4.000 francs/ha pour cult3.

Par ailleurs, on suppose que :

- l'exploitation agricole considérée a une superficie de 30 hectares.
- pour des raisons d'assolement, les cultures 1, 2 et 3 sont respectivement limitées supérieurement à 15, 10 et 20 hectares.
- les disponibilités maximales en main-d'oeuvre sont de 4.000 heures en période 2 et 4.000 heures également en période 3.
- la quantité d'eau disponible pour les irrigations est de 65.000 m<sup>3</sup>, en période 3.
- la trésorerie est plafonnée à 100.000 francs.

Quelle superficie faut-il réserver à chacune de ces cultures pour obtenir le maximum de marge brute totale de l'exploitation sachant que la marge brute par hectare est :

3.000 francs/ha pour cult1,  
 4.000 francs/ha pour cult2,  
 4.500 francs/ha pour cult3.

### 3 - LA TRADUCTION MATHÉMATIQUE DU PROBLÈME POSE

Si l'on appelle  $x_1$ ,  $x_2$  et  $x_3$ , les superficies de cult1, cult2, et cult3, respectivement, ce problème peut être traduit de la façon suivante :

$$1.x_1 + 1.x_2 + 1.x_3 \leq 30 \text{ (ha)}$$

qui signifie que la somme des superficies des cultures ne peut excéder celle de l'exploitation, soit 30 ha.

De même, la disponibilité en main-d'oeuvre en période 2 et les besoins des cultures en cette main-d'oeuvre se traduit par l'inégalité :

$$10.x1 + 60.x2 + 200.x3 \leq 4\ 000 \text{ (heures)}$$

Ainsi, chaque condition - ou contrainte - peut être convertie en une inéquation linéaire.

La contrainte de main-d'oeuvre en période 3 donne :

$$100.x1 + 200.x2 + 10.x3 \leq 4\ 000 \text{ (heures)}$$

Celle d'eau d'irrigation en période 3 :

$$2\ 000.x1 + 2\ 500.x2 + 0.x3 \leq 65\ 000 \text{ (m}^3\text{)}$$

La contrainte de trésorerie donne :

$$3\ 000.x1 + 5\ 000.x2 + 4\ 000.x3 \leq 100\ 000 \text{ (F.)}$$

Les contraintes d'assolement se transforment en :

$$1.x1 + 0.x2 + 0.x3 \leq 15 \text{ (ha)}$$

$$0.x1 + 1.x2 + 0.x3 \leq 10 \text{ (ha)}$$

$$0.x1 + 0.x2 + 1.x3 \leq 20 \text{ (ha)}$$

(Nous désignerons chaque contrainte par le code mentionné ci-dessous - ex : suptot = contrainte de superficie totale, travp2 = contrainte de travail disponible en p2, etc...)

Finalement la résolution du problème consiste à trouver un ensemble de 3 nombres positifs ( $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ) :

a - satisfaisant au système des 8 inéquations ci-après :

suptot	1.x1	+	1.x2	+	1.x3	<=	30	(1)
travp2	10.x1	+	60.x2	+	200.x3	<=	4 000	(2)
travp3	100.x1	+	200.x2	+	10.x3	<=	4 000	(3)
eaup3	2 000.x1	+	2 500.x2	+	0.x3	<=	65 000	(4)
trésor	3 000.x1	+	5 000.x2	+	4 000.x3	<=	100 000	(5)
sup1	1.x1	+	0.x2	+	0.x3	<=	15	(6)
sup2	0.x1	+	1.x2	+	0.x3	<=	10	(7)
Sup3	0.x1	+	0.x2	+	1.x3	<=	20	(8)

b - maximisant la marge brute totale de l'exploitation:

$$\text{soit : } 3\,000.x_1 + 4\,000.x_2 + 4\,500.x_3 \text{ MAXIMUM (9)}$$

### Remarques

Les contraintes d'un programme linéaire ne se traduisent pas forcément que par des inégalités en  $<$  ou  $=$  à ; certaines contraintes peuvent s'exprimer par des inégalités en  $>$  ou  $=$ , voire en  $=$  à (donc par des égalités) ; Ce sera le cas si l'on veut qu'une culture dépasse ou couvre exactement une certaine superficie.

Chaque contrainte est définie par sa nature, son sens, son seuil et son unité. Les inéquations et la fonction objectif sont des expressions linéaires des variables  $x_1$ ,  $x_2$  et  $x_3$ . Ces relations de linéarité des contraintes et de la fonction objectif constituent la condition nécessaire et caractéristique de la programmation linéaire.

On appelle MATRICE DE PROGRAMMATION, l'ensemble du tableau des données d'un programme linéaire. Si l'on suppose que les contraintes sont en lignes et les activités en colonnes, cette matrice peut être schématisée comme suit :

**tableau 3**  
**Schéma d'une matrice de programmation linéaire**

	Acti- vité 1	Acti- vité 2	Acti- vité n	
contrainte 1	*	*	*	seuils des contrain- tes
contrainte 2	*	*	*	
contrainte 3	*	*	*	
	coefficients technologiques			
contrainte m	*	*	*	
fonction objectif	Coeff.fonction objectif			<b>MAXIMUM</b>

## Précisions terminologiques

Les variables telles que  $x_1$ ,  $x_2$  et  $x_3$ , qui assurent l'importance de  $\text{cult}_1$ ,  $\text{cult}_2$  ou  $\text{cult}_3$ , sont appelées VARIABLES DE DECISION en mathématiques, et ACTIVITES en économie.

Le COEFFICIENT TECHNOLOGIQUE est le besoin (ou consommation) d'une activité en une contrainte donnée par unité d'activité (Ex. : 2500 m<sup>3</sup> d'eau d'irrigation en  $p_3$ , par hectare de  $\text{cult}_2$ ).

## 4 - LA TRADUCTION GRAPHIQUE DU PROBLEME POSE

Pour visualiser le problème posé, sa solution et entrevoir le principe de sa résolution par la méthode du simplexe, il est intéressant de représenter graphiquement ces divers aspects.

### 4-1 Représentation graphique d'un assolement

Considérons l'espace aux trois dimensions  $x_1$ ,  $x_2$  et  $x_3$ , représentatif des superficies en  $\text{cult}_1$ ,  $\text{cult}_2$  et  $\text{cult}_3$ . Tout point M de cet espace a des coordonnées bien définies, donc représente un assolement, lui-même bien défini, pourvu que  $x_1$ ,  $x_2$  et  $x_3$  soient tous 3 positifs ou, à la limite, nuls ; par conséquent, tout point intérieur ou sur le trièdre ( $ox_1$ ,  $ox_2$ ,  $ox_3$ ) représente un assolement et, réciproquement, tout assolement peut être représenté par un point de ce trièdre. (figure 1)

Nota : Notre raisonnement est ici appliqué à trois activités, donc nous visualisons notre problème dans un espace à 3 dimensions ; Si l'on considérait  $n$  activités ( $n > 3$ ), on se situerait dans un espace à  $n$  dimensions et au lieu de plans il s'agirait d'hyperplans ; cependant notre analyse et nos conclusions resteraient les mêmes quelle que soit la dimension du problème.

### 4-2 Représentation graphique d'une contrainte (figures 2 et 3)

Considérons, par exemple, la contrainte de superficie totale ; elle se traduit par l'inéquation :

$$x_1 + x_2 + x_3 \leq 30 \text{ (hectares)}$$

Considérons le plan (S) d'équation :

$$x_1 + x_2 + x_3 = 30$$

Figure n° 1  
Représentation graphique d'un assolement : Point M

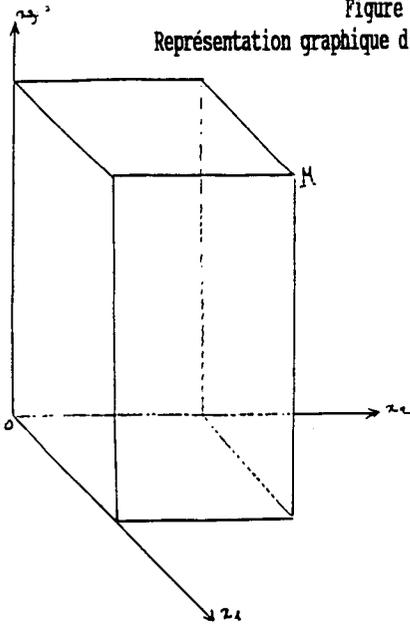


Figure n° 2  
Représentation graphique d'une contrainte : Plan ABC

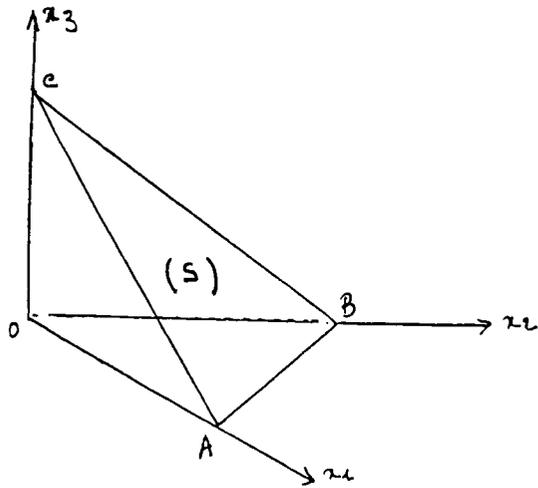
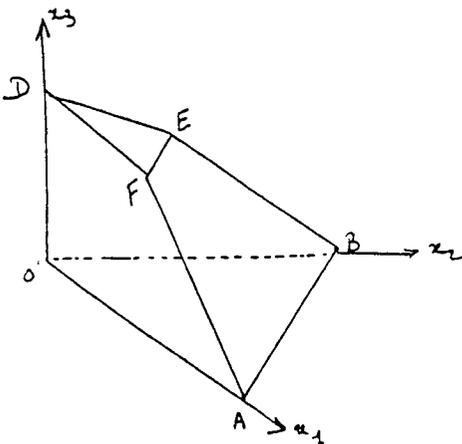


Figure n° 3  
Polyèdre des contraintes : OABFED



Ce plan partage l'espace  $(ox_1, ox_2, ox_3)$  en 2 sous-espaces : l'un, contenant notamment l'origine  $O$ , et pour lequel  $x_1 + x_2 + x_3 < 30$  et l'autre pour lequel  $x_1 + x_2 + x_3 > 30$ . Il en résulte qu'un assèment acceptable correspond à un point situé dans ou sur le polyèdre  $OABC$ , délimité par le trièdre  $(ox_1, ox_2, ox_3)$  et le plan  $(S)$ . (figure 2)

Ainsi, à chaque contrainte correspond un plan représentatif. L'intersection des plans figuratifs de toutes les contraintes délimite un volume convexe, unique, appelé "POLYEDRE DES CONTRAINTES". (figure 3) On démontre que tous les points situés à l'intérieur ou sur le polyèdre des contraintes ont des coordonnées satisfaisant l'ensemble des contraintes et représentent donc les SOLUTIONS POSSIBLES du problème considéré.

#### 4-3 Représentation graphique de la fonction objectif (figure 4)

La valeur de la fonction objectif est celle de la fonction linéaire  $Fob(x_1, x_2, x_3)$ , telle que :

$$Fob(x_1, x_2, x_3) \equiv 3\ 000.x_1 + 4\ 000.x_2 + 4\ 500.x_3$$

Dans le trièdre  $(ox_1, ox_2, ox_3)$ , la représentation de cette fonction, lorsqu'elle a une valeur nulle, est évidemment le plan  $(D)$  ou  $F(0)$  d'équation :

$$3\ 000.x_1 + 4\ 000.x_2 + 4\ 500.x_3 = 0$$

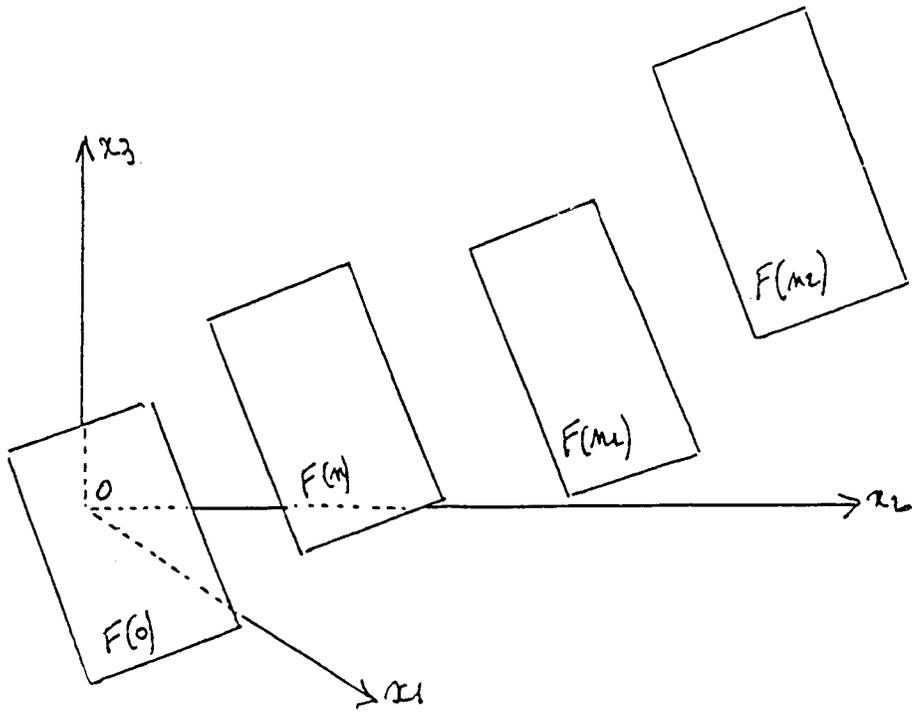
On démontre que le plan  $(D)$  partage l'ensemble de l'espace en deux parties l'une (en quelque sorte "au-dessus" - sens croissants des axes  $ox_1, ox_2, ox_3$ ) pour laquelle  $Fob(x_1, x_2, x_3)$  est positive et l'autre, "au-dessous", pour laquelle  $Fob(x_1, x_2, x_3)$  est négative.

Considérons une certaine valeur  $n$  de la fonction objectif, positive par exemple ; Les points correspondants à cette valeur de la fonction objectif sont dans le plan  $F(n)$  d'équation :

$$3\ 000.x_1 + 4\ 000.x_2 + 4\ 500.x_3 = n$$

Le plan  $F(n)$  est parallèle à  $(D)$ . Si  $n$  varie, en prenant les valeurs  $n_1, n_2$ , différentes entre elles, les plans représentatifs correspondants  $F(n_1), F(n_2)$ , sont distincts les uns des autres, parallèles entre eux et parallèles au plan  $(D)$  que l'on conviendra d'appeler "plan directeur" de la fonction objectif. (figure 4)

Figure n° 4  
Représentation de la fonction objectif



Enfin, plus un plan de la famille  $F(n)$  est éloigné de (D) ou, ce qui revient au même, de l'origine O, plus la valeur absolue correspondante de la fonction objectif est élevée.

#### **4-4 Représentation de la solution optimale**

En conclusion de tout ce qui précède, le point représentatif de la solution optimale doit être à la fois :

- dans le trièdre des valeurs positives ou nulles pour  $x_1$ ,  $x_2$  et  $x_3$ ,
- d'un côté du plan directeur (D) - Valeurs positives de  $Fob(x_1, x_2, x_3)$ ,
- dans ou sur le polyèdre de contraintes,
- sur le plan de la famille  $F(n)$  le plus éloigné de O.

(figure 5)

Il en résulte que la solution optimale est figurée par le sommet du polyèdre des contraintes qui "tangente" le plan parallèle au plan directeur le plus éloigné de l'origine : plan (T).

#### **Remarques**

Il se peut :

\* qu'il n'y ait pas de solution optimale, en particulier, si le polyèdre des contraintes n'existe pas ; C'est le cas lorsqu'on impose un système des contraintes "contradictoires". (exemple à la limite de l'absurde : on veut faire 100 ha de blé et on ne dispose que de 10 heures de main d'oeuvre par an - Ce qui évidemment ne permet pas de cultiver une telle superficie de blé ).

\* qu'il n'y ait pas de solution finie.

Le polyèdre des contraintes est "ouvert". (figure 6)

\* Qu'il y ait une infinité de solutions. Lorsque le plan (T) ne comporte pas qu'un seul sommet du polyèdre des contraintes, mais deux, soit l'arête qui relie ces 2 sommets ; alors tous les points de cette arête sont "optimaux", voire plusieurs sommets, alors tous les points des plans ou hyperplans contenant ces sommets sont des points optimaux.

Dans ce cas, on dit qu'il y a "DEGENERESCENCE" de la solution. En pratique, ces cas de dégénérescence sont très exceptionnels.

Figure n° 5  
Représentation de la solution optimale

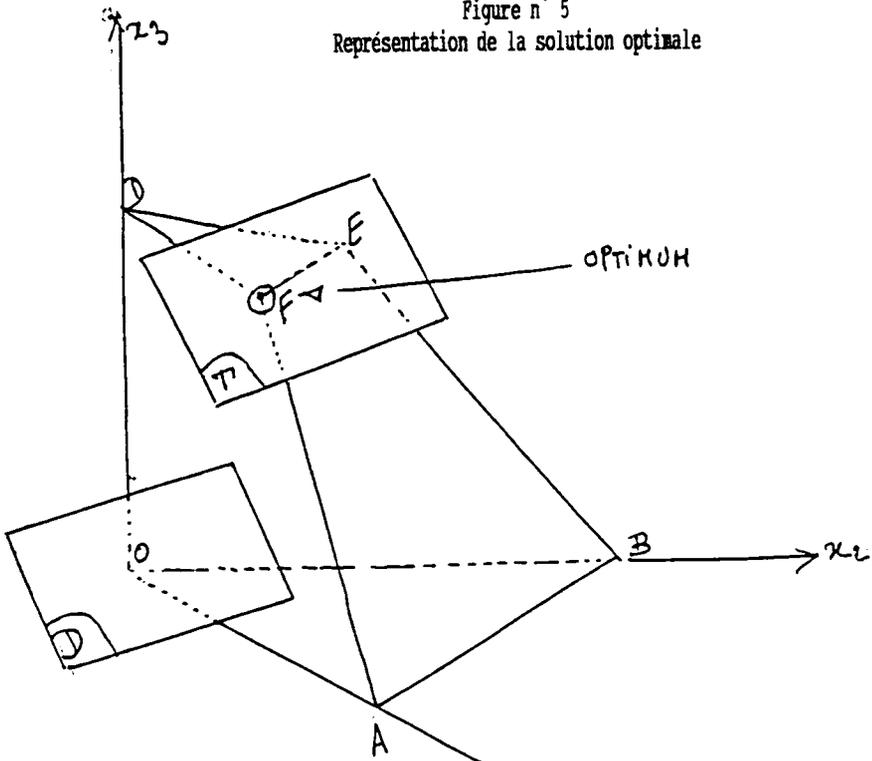
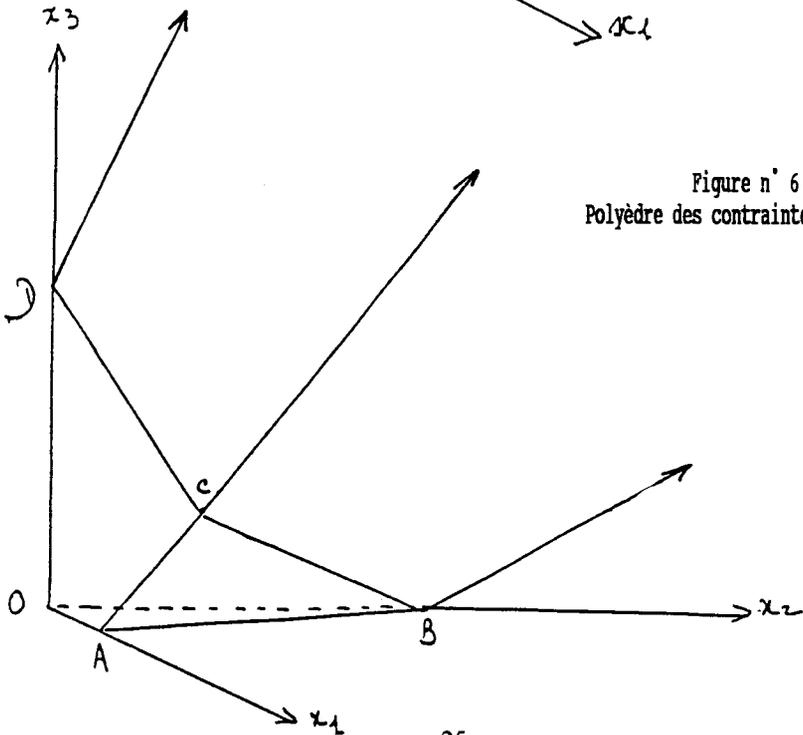


Figure n° 6  
Polyèdre des contraintes "ouvert"



#### 4-5 Représentation de la méthode du SIMPLEXE

C'est la méthode mathématique la plus simple de détermination de la solution optimale. Il s'agit d'un processus itératif par lequel on se déplace d'un sommet à l'autre d'une même arête du polyèdre des contraintes jusqu'à atteindre le sommet " optimal".

\* on démarre le processus de résolution à partir d'un sommet du polyèdre des contraintes, systématiquement défini. Il s'agit de l'origine des axes de coordonnées, si elle représente une solution acceptable, sinon, ce point de départ est déterminé par une procédure particulière appelée PHASE 1 du Simplexe. (figure 7)

\* puis on chemine d'un sommet à l'autre d'une même arête de façon à faire varier le plus possible la valeur de la fonction objectif (à l'accroître, dans le cas d'une maximisation ). PHASE 2 du Simplexe. A chaque itération, on change d'arête. Parmi les n arêtes possibles (n = dimension de l'espace considéré) la nouvelle arête sera celle dont le gradient de variation de la fonction objectif a un sens convenable et la valeur absolue la plus élevée possible.

\* On atteint la solution optimale, après un certain nombre d'itérations de la phase 2, lorsque la valeur de la fonction objectif ne peut plus varier dans le sens souhaité ( dans notre cas, augmenter).

#### 5 - LA SOLUTION PRECISE DU PROBLEME POSE

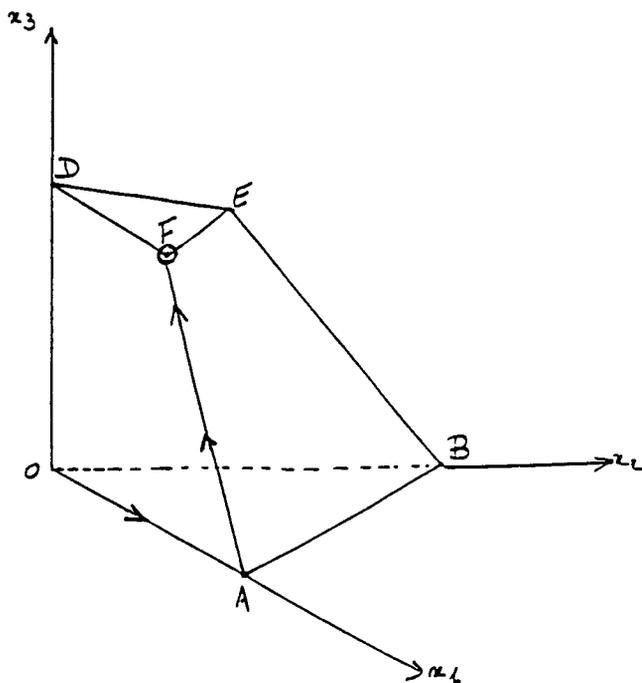
Si l'on applique l'algorithme du simplexe au problème considéré, on obtient la SOLUTION OPTIMALE suivante :

marge brute totale	=	109 821	francs
superficie en cult1	= x1 =	7,143	hectares
superficie en cult2	= x2 =	0	hectare
superficie en cult3	= x3 =	19,643	hectares

De plus, les résultats ci-après montrent que certaines contraintes sont totalement utilisées ; c'est le cas de travp2 et de tresor ; ces CONTRAINTES sont dites SATUREES ; les autres n'étant que partiellement " consommées".

Figure n° 7

Exemple de cheminement vers la solution optimale par la méthode du SIMPLEXE ; Chemin  $O \rightarrow A \rightarrow F$



**Tableau 4**  
**Utilisation et productivité marginale des contraintes**  
**dans la solution optimale**

	disponibilité ou seuil	Unité de mesure	utilisation ou consommation	productivité marginale (franc /unité)
suptot	30	hectare	26,786	-
travp2	4000	heure	4000	+ 2,679
travp3	4000	heure	910,714	-
eaup3	65000	m3.	14285,711	-
tresor	100000	franc	100000	+ 0,391
sup1	15	hectare	7,143	-
sup2	10	hectare	-	-
sup3	20	hectare	19,643	-

## 6 - INTERPRETATION SOMMAIRE DE LA SOLUTION OBTENUE

### Définition préalable

On appelle PRODUCTIVITE MARGINALE d'une contrainte l'accroissement de la fonction objectif (ici, de la marge brute totale de l'exploitation) lorsque le seuil de cette contrainte est augmenté d'une unité. Ce que nous convenons d'appeler productivité marginale est aussi désigné par d'autres termes à résonance mathématique ou économique, tels que indicateurs marginaux ou COUTS DE SUBSTITUTION.

Les contraintes non saturées ont une productivité marginale nulle et les contraintes saturées, une productivité marginale non nulle. La définition même de la productivité marginale nous permet de déduire que, par exemple :

\* si l'on dispose de 4001 heures de travail en p2 , au lieu de 4000 la marge brute totale sera accrue de 2,679 francs passant ainsi de 109 821 francs à 109824 francs, environ .

\* la marge brute totale n'est pas augmentée par le seul accroissement de la superficie de l'exploitation (dans ce cas, la terre n'est pas facteur limitant).

Autrement dit, certains facteurs de production ont une valeur d'usage (une unité de trésorerie vaut 0,991 franc de marge brute totale de plus et une heure de travail en p2, 2, 679 francs de plus ) alors que les autres facteurs - correspondants aux contraintes non saturées - ont une valeur d'usage nulle.

Ces valeurs dépendent du cas considéré et peuvent être très différentes des valeurs d'échange (ou de marché) correspondantes. Ces considérations nous permettent d'entrevoir comment on pourra utiliser ces productivités marginales pour raisonner l'amélioration des structures de l'exploitation.

Remarque : Ici, on constate, qu'aux approximations de calcul près, on a l'égalité :

$\text{somme (variable de décision ou activité} \times \text{coefficient correspondant de la fonction objectif) =}$   
 $\text{somme (seuil d'une contrainte} \times \text{productivité marginale correspondante) = valeur optimale de}$   
 $\text{la fonction objectif}$

soit:

$$\begin{aligned}
 &(7,143 \times 3000) + (0 \times 4000) + (19,643 \times 4500) = \\
 &(30 \times 0) + (4000 \times 2,679) + (4000 \times 0) + (65000 \times 0) + (100000 \times 0,991) \\
 &+ (15 \times 0) + (10 \times 0) + (20 \times 0)
 \end{aligned}$$

(respectivement 109822.5 et 109816 .. égaux à 0,006% près)

Ce résultat est général .

Il apparaît donc que les variables de décision et coefficients correspondants de la fonction objectif, d'une part, et seuil des contraintes et productivités marginales, d'autre part jouent un rôle symétrique ; le premier ensemble s'appelle le PRIMAL et le deuxième le DUAL.

Dans le cas présent, le PRIMAL nous fournit l'assolement optimal dans le cadre de contraintes fixé et le DUAL indique le degré de saturation des contraintes et nous fournit une première approximation de l'intérêt à desserrer une contrainte saturée.

## 7 - EVOLUTION DE LA SOLUTION OPTIMALE EN FONCTION DU SEUIL DES CONTRAINTES

Considérons la contrainte de trésorerie et supposons que nous puissions la " desserrer ", par un emprunt de courte durée par exemple.

Pour que cet emprunt soit intéressant il faut que les frais financiers qu'il occasionne soient inférieurs au supplément de marge brute totale qui résulte de l'accroissement de la disponibilité en trésorerie. Donc, que ces frais soient inférieurs, par franc emprunté, à la productivité marginale de la trésorerie.

On est donc amené à se demander comment varie la productivité marginale et plus généralement l'ensemble des éléments de la solution optimale lorsque le seuil de la contrainte augmente.

Pour avoir une réponse globale à cette question on a élevé, à l'extrême, le seuil de la contrainte de trésorerie, en le portant à 1 000 000 de francs. On obtient alors la solution optimale suivante :

marge brute totale = 125 263 francs  
 superficie en cult1 = x1 = 3,158 hectares  
 superficie en cult2 = x2 = 10 hectares  
 superficie en cult3 = x3 = 16,842 hectares

**Tableau 5**  
**Nouvelle solution avec desserrement**  
**de la contrainte de trésorerie**

Contrainte (appellation abrégée)	disponibilité ou seuil	Unité de mesure	utilisation ou consommation	productivité marginale (franc/unité)
suptot	30	ha	30	+ 2921,053
travp2	4000	heure	4000	+ 7,895
travp3	4000	heure	2484,210	-
eaup3	65000	m3	31315,785	-
tresor	1000000	franc	126942.200	-
sup1	15	ha	3,158	-
sup2	10	ha	10	+ 605,263
sup3	20	ha	16,342	-

On en conclut :

1 - qu'au delà de 126.842 francs, la trésorerie n'est plus un facteur limitant et qu'alors sa productivité marginale s'annule.

2 - que sa productivité marginale moyenne entre 100.000 francs de trésorerie et 126.842 francs est de : 0,575 francs de marge brute par franc de trésorerie ; donc inférieure à la productivité marginale initiale de 0,991. Par conséquent, cette productivité marginale décroît lorsqu'on desserre la contrainte.

3 - Une étude plus approfondie montre que lorsque la disponibilité en trésorerie croît de 100.000 à 109.474 francs, sa productivité marginale reste constante et égale à 0,991 ; puis, de 109.474 à 126.842 fr., sa productivité marginale tombe à 0,348 ; enfin, au-delà de ce seuil, nous savons qu'elle est nulle. (figure 8)

Ce schéma de variation d'une productivité marginale en fonction du seuil de la contrainte comportant des paliers de plus en plus bas, séparés par des discontinuités, et finalement l'annulation de la productivité marginale est absolument général.

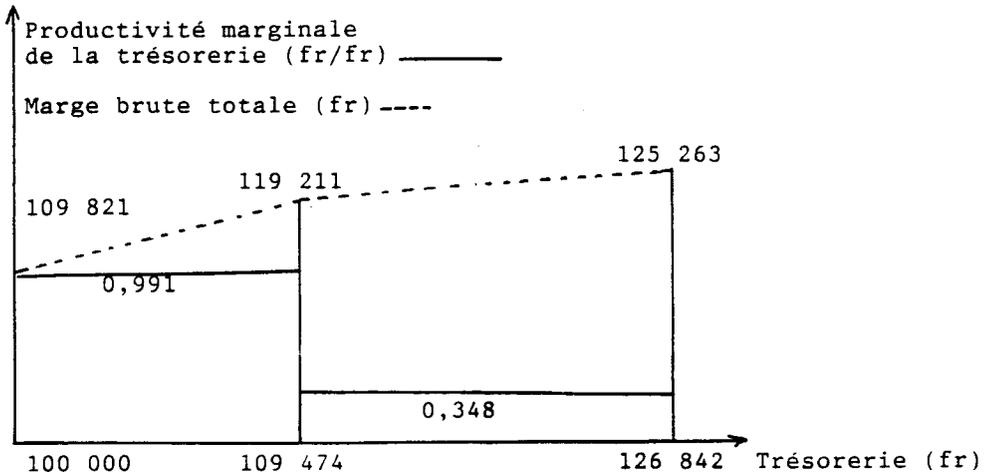
### 8 - EVOLUTION DE LA SOLUTION OPTIMALE EN FONCTION DES COEFFICIENTS DE LA FONCTION OBJECTIF

Il peut être intéressant de connaître l'évolution de la solution optimale en fonction d'un coefficient de la fonction objectif. Etudions l'exemple consistant à faire varier la marge brute de la cult1, par ex., tous les autres éléments de la matrice de programmation restant fixes.

**Tableau 6**  
**Récapitulatif des évolutions de la solution optimale en fonction des variations de la marge brute de cult1**

Marge brute cult1 (f/ha)	x1 (ha)	x2 (ha)	x3 (ha)	Contraintes saturées(codes) et culture(s) non retenue(s)	Marge brute totale (francs)
STADE 1					
1000	-	5,26	18,42	travp2, très, cult1	103.947
2000	-	5,26	18,42	" "	103.947
seuil (mb1)= 2178 fr.      STADE 2      marge brute tot. 103.947 fr					
2500	7,14	-	19,64	travp2, très, cult2	106.250
3000	7,14	-	19,64	" "	109.821
seuil (mb2)= 3372 fr.      STADE 3      marge brute tot. 112.455 fr					
4000	15	-	13,75	trés, cult1, cult2	121.875
5000	15	-	13,75	trés, cult1, cult2	136.875
6000	15	-	13,75	trés, cult1, cult2	151.875

Figure n° 8  
Productivité Marginale de la trésorerie  
et marge brute totale selon la trésorerie



On constate que l'assolement varie par à-coups selon les trois stades indiqués dans le tableau ci-dessus. Dans chacun de ces stades l'assolement ne change pas ainsi que le système des contraintes saturées et des activités non retenues ; la marge brute totale est une fonction croissante de la marge brute de cult1, sauf dans le stade 1, car alors la culture 1 n'étant pas retenue, la marge brute de l'exploitation reste fixe.

### Remarques

On peut facilement calculer les seuils (mb1 et mb2) de changements de stades et les marges brutes totales correspondantes.

Pour calculer mb1 il suffit d'exprimer que la marge brute totale est la même que l'assolement soit celui du stade 1 ou celui du stade 2, soit :

$$(5,26 \cdot 4000) + (18,42 \cdot 4500) = (7,14 \cdot mb1) + (19,64 \cdot 4500)$$

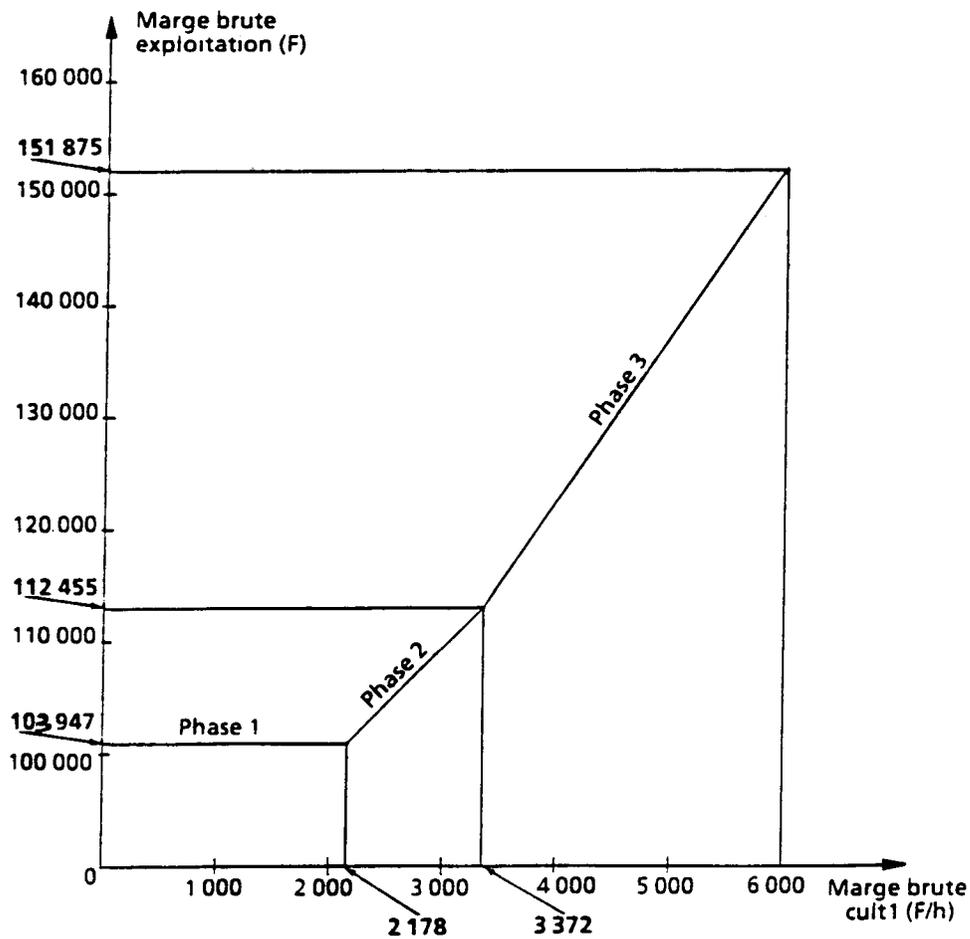
d'où  $mb1 = 2178$  fr de marge brute/ha pour cult1 et une marge brute totale correspondante de 103.947 francs.

Pour calculer mb2, on opère de façon analogue et l'on obtient :

$$(7,14 \cdot mb2) + (19,64 \cdot 4500) = (15 \cdot mb2) + (13,75 \cdot 4500)$$

d'où  $mb2 = 3372$  fr de marge brute/ha pour cult1 et une marge brute totale correspondante de 112.455 francs.

Figure n° 9  
 Variations de la marge brute d'exploitation en fonction  
 de la marge brute de cult1



## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

**S. ACHMANOV**

La programmation linéaire  
traduit du russe Editions MIR - Moscou

**JM BOUSSARD**

1970  
Programmation mathématique et théorie de la production agricole  
Editions CUJAS - Paris

**R. FAURE**

La programmation linéaire appliquée  
" Que sais-je " - N° 1776 .  
Presses Universitaires de France - Paris

**H. MAURIN**

Programmation linéaire appliquée  
Publication de l'Institut Français du Pétrole-Editions Technip - Paris

# LE LOGICIEL GEDE ET SES

## FONCTIONS

**Claude GOTH** <sup>(1)</sup>

(1) CEMAGREF ANTONY - Division Production et Economie Agricoles BP 121 - 92185 ANTONY Cedex

### 1 - DEFINITON

#### 1-1 Définition générale du logiciel

"GEDE" est un logiciel de calcul pour micro-ordinateurs, basé sur la programmation linéaire, déterminant les caractéristiques optimales d'un système de productions végétales d'une exploitation agricole à partir de références technico-économiques et des contraintes propres à cette exploitation.

On peut développer cette définition en mentionnant que GEDE :

- \* utilise l'algorithme du Simplexe ;
- \* fonctionne sur micro-ordinateur compatible IBM - un disque dur étant fortement recommandé ;
- \* est un logiciel de choix stratégique réservé aux productions végétales, déterminant l'assolement optimal compte tenu des cultures possibles, de leurs itinéraires techniques, de leurs performances économiques et des diverses contraintes de l'exploitation agricole.
- \* calcule l'optimum donnant la marge brute totale maximale.

Ainsi GEDE fournit, pour une exploitation donnée, donc de structure et charges de structures déterminées, les caractéristiques du système d'exploitation procurant le revenu maximum.

---

GEDE - Logiciel d'aide à la décision stratégique pour l'exploitation agricole - Etudes du CEMAGREF, série Production et Economie Agricoles, 1992, n° 1 : pp. 35-50

De plus, GEDE indique les contraintes saturées et leur productivité marginale. Il permet donc d'étudier les adaptations et améliorations de l'exploitation lorsque les conditions de productions évoluent (changements techniques, économiques ou de structures ).

### 1-2 Définition de quelques termes utilisés

Ces termes seront utilisés, en particulier, pour préciser le contenu des fiches du logiciel GEDE. Autant que possible, leur définition est conforme à celle plus ou moins admise par les spécialistes en la matière. Cependant, ces définitions ont été parfois quelque peu adaptées aux particularités de GEDE.

Une opération culturale est un travail agricole particulier mettant en oeuvre des hommes, des matériels, des produits, des moyens financiers, voire un certain savoir-faire, effectué sur une culture donnée ou son milieu à un certain stade de son évolution ou de sa préparation (labour, hersage, récolte, etc..).

Un itinéraire technique est une succession logique et ordonnée d'opérations culturales permettant d'obtenir une production.

Dans les fiches du logiciel GEDE, nous appellerons activité (de production végétale) l'association d'une production, de sa façon de l'obtenir (ou itinéraire technique) et de ses performances techniques et économiques (rendement, produit brut, etc..).

Le produit brut d'une activité est la valeur de la production de biens de cette activité (y compris les auto-approvisionnements pour l'exploitation agricole) au cours d'une période bien définie (dans notre cas, la campagne agricole).

Le produit brut sera évalué à l'hectare, par activité ou pour l'ensemble de l'exploitation agricole.

Les charges opérationnelles d'une activité découlent de l'utilisation des facteurs de production nécessaires à cette activité. Dans le domaine de la production végétale - qui nous concerne ici - ces charges sont sensiblement proportionnelles à la superficie de la culture considérée.

Ces principales charges sont des dépenses d'engrais, de produits phyto-sanitaires, de main-d'oeuvre salariée temporaire, de travaux à l'entreprise, etc... Comme pour le produit brut, ces charges seront évaluées à l'hectare, pour une activité ou l'ensemble de l'exploitation agricole.

La marge brute est la différence entre le produit brut et les charges opérationnelles. Il s'agira, selon le cas, de marge brute par unité de surface (hectare), pour l'ensemble d'une activité ou pour toute l'exploitation agricole.

Les charges de structure sont les charges liées à la disponibilité de l'appareil de production (terres, bâtiments, équipements, main-d'oeuvre permanente, etc.). Il s'agira des fermages, charges d'amortissement, charges de main-d'oeuvre permanente, des frais généraux.

Le revenu de l'entreprise est le produit brut diminué des charges d'exploitation (charges opérationnelles + charges de structures). C'est également la marge brute diminuée des charges de structures.

Une contrainte est une limitation, interne ou externe à l'exploitation agricole, dans la réalisation d'une activité ou d'un ensemble d'activités (facteur de production à disponibilité limitée, limitation réglementaire, contrainte agronomique, etc..).

Cette limitation peut être aussi un impératif de dépasser ou d'égaliser un certain seuil.

### **1-3 La classification des contraintes dans GEDE**

Dans une exploitation agricole, les contraintes sont nombreuses et diverses. La nécessaire organisation de l'information, nous a conduit à établir une classification de ces contraintes. Ainsi, on a distingué les trois catégories de contraintes suivantes :

#### **Les contraintes générales :**

On les retrouve dans toutes les exploitations agricoles. Leur nomenclature est imposée ; il s'agit des contraintes de main d'oeuvre (Chef d'exploitation, chauffeurs, autre main-d'oeuvre permanente, main d'oeuvre temporaire et occasionnelle) et de traction (traction lourde et autre traction). Les contraintes générales sont mesurées avec un pas de temps mensuel. Leur nomenclature est imposée par le logiciel GEDE.

#### **Les contraintes de superficie par activité :**

Elles sont propres à l'activité considérée. Elles en limitent ou en imposent la superficie pour des raisons de taille de l'ensemble des parcelles (ilôt cultural) où cette activité est praticable, pour cause de rotation, de maintien en place d'une culture permanente, etc...

### Les contraintes particulières :

Elles comprennent toutes les autres contraintes, non incluses dans les deux catégories précédentes. Elles sont spécifiques à l'exploitation observée. Il s'agit, par exemple, de contraintes de disponibilité en eau d'irrigation, en un matériel spécialisé, etc..

Les contraintes de superficies entre deux ou plusieurs activités (contrainte de précédent ou de succession culturale) sont des contraintes particulières et non des contraintes de superficies par activité (ces dernières ne concernant qu'une seule activité à la fois). La nomenclature des contraintes particulières est libre.

## **2- LES PRINCIPALES FONCTIONS DE GEDE**

La mise en oeuvre de GEDE comporte les trois phases successives suivantes :

1 - La constitution des fiches et fichiers élémentaires :

- \* des activités
- \* des contraintes générales et particulières
- \* des contraintes de superficies par activité.

2 - La création de la matrice de programmation à partir de ces fichiers élémentaires.

3 - L'établissement de la solution optimale à partir de la matrice de programmation.

De plus GEDE comporte des fonctions annexes permettant de :

- \* tester la cohérence des données de départ (assolement actuellement pratiqué, temps de travaux et disponibilités en moyens de production estimés par l'agriculteur)
- \* développer les résultats de la solution optimale .
- \* faciliter l'établissement des fiches initiales à partir de :
  - fiches "normatives " appelées fiches de base
  - fiches "moyennes" d'activités.

Ces dernières représentent une succession culturale pluriannuelle ; elles sont obtenues en faisant la moyenne des besoins et performances des activités correspondantes d'où leur nom. Nous reviendrons sur la définition et conditions d'utilisation de ces fiches.

## 2-1 La fiche d'activité

L'ensemble de ces fiches constitue le fichier "des activités". Ces fiches sont toutes conformes à un modèle standard (voir fiche d'activité, ci-après). L'activité est désignée par son code (8 chiffres et/ou lettres, maximum) et son appellation complète. Chaque fiche comporte trois pages.

En page 1, on enregistre les besoins de l'activité, mois par mois, en heures/hectare, vis à vis des contraintes générales : contraintes de tractions et de main-d'oeuvres.

En page 2, on relève les caractéristiques économiques de l'activité, soit, les coûts horaires de fonctionnement de tractions et de main-d'oeuvres salariées temporaires, les principales charges opérationnelles et les résultats (rendement, prix de vente). Le produit brut et la marge brute de l'activité à l'hectare sont calculés par le programme.

En page 3, on enregistre les besoins de l'activité par rapport aux contraintes particulières.

Une fiche d'activité peut être créée de différentes façons :

- à partir d'une fiche de base
- à partir d'une autre fiche d'activité (par modification plus ou moins importante de la fiche de départ )
- à partir de rien
- à partir d'une fiche moyenne.

Les fiches créées peuvent être visualisées, modifiées, ou imprimées. La liste des activités peut également être imprimée.

## 2-2 Les fiches de contrainte générale et particulière

Bien qu'il s'agisse de deux types de contraintes, différentes, nous les présentons ensemble car les fiches correspondantes sont similaires et incorporées dans un seul et même fichier (fichier des contraintes générales et particulières).

La fiche contient : (figure 1)

\* les appellations de la contrainte : code et appellation en clair (la nomenclature étant imposée pour les contraintes générales et libre pour les contraintes particulières).

```

*****
! GEDE ! FICHE D'ACTIVITE ! CEMAGREF !
!-----! ***** !-----!
! 04/11/92 08h17 Dossier : ESSAI !
!-----!
! Activité :BLETR01**BLE TENDRE LA PLAINE !
!-----!
! * PAGE 1 * !
! CONTRAINTES DE MAIN D'OEUVRE ET TRACTION - BESOINS DE L'ACTIVITE HEURES/HA !
!-----!
! !Traction! Autre !TRACTION! Chef !Chauffeurs!Autre mo.!Mo.tempo.! TOTAL !
! ! lourde !traction! TOTALE ! explo. ! !permanen.!et occas.! M.O. !
!-----!
Janv! - ! - ! - ! - ! - ! - ! - ! - !
Févr! - ! 1.0 ! 1.0 ! - ! 1.0 ! - ! - ! - ! 1.0 !
Mars! - ! 1.0 ! 1.0 ! - ! 1.0 ! - ! - ! - ! 1.0 !
Avri! - ! - ! - ! - ! - ! - ! - ! - ! - !
Mai! - ! - ! - ! - ! - ! - ! - ! - ! - !
Juin! - ! - ! - ! - ! - ! - ! - ! - ! - !
Juil! - ! 0.5 ! 0.5 ! 1.0 ! 1.5 ! - ! - ! - ! 2.5 !
Aout! 2.0 ! - ! 2.0 ! - ! 2.0 ! - ! - ! - ! 2.0 !
Sept! 3.0 ! - ! 3.0 ! - ! 3.0 ! - ! - ! - ! 3.0 !
Octo! - ! 1.5 ! 1.5 ! - ! 1.5 ! - ! - ! - ! 1.5 !
Nové! - ! 1.5 ! 1.5 ! - ! 1.5 ! - ! - ! - ! 1.5 !
Déce! - ! - ! - ! - ! - ! - ! - ! - ! - !
!-----!
TOT.! 5.0 ! 5.5 ! 10.5 ! 1.0 ! 11.5 ! - ! - ! - ! 12.5 !
!-----!
! * PAGE 2 * !
! CARACTERISTIQUES ECONOMIQUES DE L'ACTIVITE !
!-----!
! Coûts unitaires ! Charges opérationnelles ! Résultats !
! (francs/heure) ! (francs/hectare) ! (francs/hectare) !
!-----!
! Traction lourde 38 ! Main d'oeuvre - ! Prix unité !
! Semences 420 ! récolte 115 !
! Autre traction 23 ! Fertilisants 1550 ! Rendement 60 !
! Produits phytos. 700 !
! Mo.tempo.-occas. 41 ! Eau irrigation - !
! Tx par tiers - ! Produit brut 6900 !
! Amort.spécifiques - !
! Ch.après récolte - ! Marge 3886 !
! Autres charges - !
!-----!
! Total charges 3014 !
!-----!
! * PAGE 3 * !
! CONTRAINTES PARTICULIERES - BESOINS DE L'ACTIVITE !
!-----!
! EAUJUILL EAU AOUT SEMOIR01 SEMOIR02 SEMOIR03 MOISBA07 !
! - - - - - 1.0 !
! MOISBA08 MOISBA09 MOISBA10 CORPIC10 !
!-----!
*****

```

(gedd.08/89)

VISUALISATION D'UNE CONTRAINTE PARTICULIERE

APPELLATION		en abrégé	:	EAUJUILL
		en clair	:	EAU JUILLET
PRISE EN COMPTE (non=0,oui=1):			:	1
SENS		inférieur à = 1 )	.. :	1
		égal à = 2 )		
		supérieur à = 3 )		
SEUIL .....	:		:	40000
UNITE .....	:		:	M3

VALIDEZ POUR CONTINUER

\* un code de prise en compte, en 0/1, qui permet au cours des simulations successives, de prendre en compte la contrainte correspondante ou non.

\* l'indication du sens de la contrainte (un seul sens possible pour les contraintes générales ; celui d'une consommation inférieure ou égale au seuil enregistré dans la fiche).

\* le seuil (obligatoirement positif).

\* l'unité (forcément des heures pour les contraintes générales).

A tout instant, le fichier peut être augmenté d'une fiche. Chaque fiche peut être visualisée, modifiée et l'ensemble des fiches peut être imprimé. (figure 2)

### 2-3 Les fiches des contraintes de superficies par activité

Les fiches de contraintes de superficies par activité sont regroupées dans le fichier du même nom. Ce fichier contient de plus des indications générales sur les terres de l'exploitation, soit, le nombre d'îlots de culture, leurs superficies et appellations (10 îlots maximum). Un îlot de culture est constitué par un ensemble homogène de parcelles.

Une activité ne peut être pratiquée que sur un îlot et un seul. Si une culture peut être réalisée sur plusieurs îlots, ses besoins et ses performances varient sensiblement d'un îlot à l'autre. Il s'agira donc d'une autre activité différente pour chaque îlot.

La fiche des contraintes de superficies par activité comporte :

(voir exemple de fiche de contrainte de superficie, ci-après) (figure 3)

\* Le code et l'appellation de l'activité (transcrits automatiquement dans la fiche à partir du fichier des activités).

\* Le numéro d'îlot sur lequel l'activité peut être pratiquée (Si l'on met "0", l'activité correspondante ne sera pas prise en compte dans la constitution de la matrice, donc dans la simulation).

\* La durée de rotation de l'activité (en années).

\* les autres seuils de superficies imposés à l'activité (superficie maximale, minimale ou exactement égale à). La cohérence de ces diverses conditions étant évidemment contrôlée par le logiciel.

GEDE	CARACTERISTIQUES des CONTRAINTES INFORMEES			CEMAGREF	
Date : 05/12/90 à 11 h03			Dossier : ESSAI		
***CONTRAINTES de MAIN d'OEUVRE et de TRACTION***					
Prise en compte	Libellé abrégé	Libellé en clair	Sens	Seuil	Unité
(1) oui	TRLO2	Traction lourde Février	((1) inférieur à	80	Heure
(1) oui	TRLO3	Traction lourde Mars	((1) inférieur à	90	Heure
(1) oui	TRLO8	Traction lourde Août	((1) inférieur à	80	Heure
(1) oui	TRLO9	Traction lourde Septembre	((1) inférieur à	140	Heure
(1) oui	ATRO3	Autre traction Mars	((1) inférieur à	100	Heure
(1) oui	ATRO4	Autre traction Avril	((1) inférieur à	150	Heure
(1) oui	ATRO7	Autre traction Juillet	((1) inférieur à	160	Heure
(1) oui	ATR10	Autre traction Octobre	((1) inférieur à	130	Heure
(1) oui	ATR11	Autre traction Novembre	((1) inférieur à	190	Heure
(1) oui	CHA10	Chauffeurs Octobre	((1) inférieur à	250	Heure
(1) oui	AMPO7	Autre M.O. Permanente Juillet	((1) inférieur à	160	Heure
(1) oui	AMPO8	Autre M.O. Permanente Août	((1) inférieur à	160	Heure
***CONTRAINTES PARTICULIERES***					
(1) oui	EAU Juillet	Eau Juillet	((1) inférieur à	40000	M3
(1) oui	EAU Août	Eau Août	((1) inférieur à	30000	M3
(1) oui	SEMOIRO1	Semoir de précision 15 Mars			
		20 Avril	((1) inférieur à	50	Heure
(1) oui	SEMOIRO2	Semoir précision 20 Avril			
		10 Mai	((1) inférieur à	50	Heure
(1) oui	SEMOIRO3	Semoir précision après 10 Mai	((1) inférieur à	50	Heure
(1) oui	MOISSAO7	Moissonneuse Batteuse Juillet	((1) inférieur à	100	Heure
(1) oui	MOISBA08	Moissonneuse Batteuse Août	((1) inférieur à	100	Heure
(1) oui	MOISBA09	Moissonneuse Batteuse Septembre	((1) inférieur à	100	Heure
(1) oui	MOISBA10	Moissonneuse Batteuse Octobre	((1) inférieur à	80	Heure
(1) oui	CORPIC10	Corn Picker Octobre	((1) inférieur à	80	Heure

Figure 2

(gedg.08/89)

CONTRAINTES DE SUPERFICIES PAR ACTIVITE

Activité: BLETDRO1 BLE TENDRE LA PLAINE			
Retenue sur l'ilot n°:	0 aucun	1 LA PLAINE	
2 LE COTEAU	3 LE PLATEAU		
	1		
Rotation sur l'ilot :	1=chaque année,2=tous les 2 ans..(1 décimale possible)		
	1		
Superficies imposées :	activité faite sur :		
exactement: néant ha.a	au plus :	50 ha.a	au moins : néant ha.a
... VALIDEZ POUR CONTINUER ...			

Figure 3

Ce fichier est établi après celui des activités. Il est saisi sans interruption possible en commençant par les informations générales sur les terres de l'exploitation, puis, en enregistrant les contraintes de superficies - activité par activité - de la première à la dernière.

Ensuite, chaque fiche peut être visualisée ou modifiée. L'ensemble du fichier peut être imprimé.

### **2-4 La fiche de base**

Elle est tout à fait semblable à la fiche d'activité, vue ci-dessus. Elle comporte seulement les pages 1 et 2 (données relatives aux contraintes générales et caractéristiques économiques).

Ces fiches ont une valeur indicative ("norme" régionale, par exemple). Elle sont une facilité pour générer des fiches d'activités. Le fichier de base est facultatif. Il peut être soumis aux opérations habituelles de "gestion" d'un fichier (visualisation, modification, impression).

### **2-5 La fiche moyenne**

Cette fiche a exactement la même structure qu'une fiche de base (les 2 premières pages de la fiche d'activité).

Elle sert à établir une fiche d'activité. Elle se rapporte à une succession pluriannuelle d'activités. Elle calcule la valeur moyenne - ramenée à l'année - de cette succession tant en termes de consommations en contraintes générales que de performances économiques. Ces moyennes sont pondérées du nombre d'apparitions d'une même activité dans la succession considérée.

Une fiche moyenne est créée grâce à une fonction ad-hoc du logiciel à partir de fiche(s) de base et/ou de fiche(s) d'activité. La fiche moyenne est ensuite incorporée au fichier des activités par la procédure de création d'une fiche d'activité à partir d'une fiche moyenne.

### **2-6 La matrice de programmation**

Les éléments de la matrice de programmation sont contenus dans le "fichier matrice". Ce fichier est créé, à volonté de l'utilisateur, à partir des fichiers des activités, du fichier des contraintes générales et particulières et du fichier des contraintes de superficies. La constitution du fichier "matrice" précède, évidemment, le calcul de solution optimale.

Il doit être recréé pour prendre en considération la moindre modification faite dans les fiches élémentaires. Ce fichier peut être édité.

# Figure 4

```

*****
*   GEDE   |                                     |   CEMAGREF   *
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   CARACTERISTIQUES DU SYSTEME DE PRODUCTION OPTIMAL   *
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   Date : 05/12/90 à 10h51                               Dossier : ESSAI *
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*
*   LE SYSTEME A UNE SEULE SOLUTION OPTIMALE , CI-DESSOUS DEFINIE
*
*   *****
*   * 1/ MARGE BRUTE TOTALE :      480903 francs *
*   *****
*
*   * 2/ LES ACTIVITES *
*   *****
*
*   RETENUES
*   -----
*
*   DESIGNATION | SURFACE
*               | (ha,ares)
*   -----|-----
*   BLETDRO2   | 7.70
*   BLEDURO3   | 8.25
*   ORGEHIO1   | 7.75
*   COLZA01    | 3.95
*   COLZA02    | 2.00
*   COLZA03    | 4.00
*   TOURNIR1   | 1.16
*   TOURSE1    | 15.50
*   MAISEM01   | 16.67
*   SOJAIRO1   | 12.02
*   VIGNE01    | 0.70
*   VIGNE02    | 0.30
*   |
*
*   NON RETENUES
*   -----
*
*   DESIGNATION | PERTE
*               | MARGINALE(F/ha)
*   -----|-----
*   BLETDRO1   | -1522
*   BLETDRO3   | -1945
*   BLEDURO1   | -322
*   BLEDURO2   | -425
*   ORGEHIO2   | -100
*   ORGEHIO3   | -2855
*   TOURSE2    | -198
*   TOURSE3    | -508
*
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*
*   NOTA : Pour une activité non retenue dans la solution optimale, la perte
*   marginale représente la diminution de la marge brute totale à vouloir faire
*   un hectare de cette activité . A la limite , cette perte peut être nulle.
*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*-----*

```

\*\*\*\*\*  
 \* 3/ LES CONTRAINTES \*  
 \*\*\*\*\*

A LIMITE SUPERIEURE

DESIGNATION	UNITE	SEUIL	CONSUMMATION	PRODUCTIVITE MARGINALE
TRLO2	HEURE	80.00	78.68	
TRLO3	HEURE	90.00	45.35	
TRLO8	HEURE	80.00	80.00	+595
TRLO9	HEURE	140.00	111.47	
ATRO3	HEURE	100.00	62.16	
ATRO4	HEURE	150.00	99.67	
ATRO7	HEURE	160.00	54.57	
ATR10	HEURE	130.00	62.35	
ATR11	HEURE	100.00	56.34	
CHA10	HEURE	250.00	153.05	
AMP07	HEURE	160.00		
AMP08	HEURE	160.00		
MOISBA08	HEURE	100.00	16.67	
MOISBA07	HEURE	100.00	45.90	
MOISBA10	HEURE	80.00	12.02	
MOISBA09	HEURE	100.00	17.83	
EAUJUILL	M3	40000.00	40000.00	+0
CORPIC10	HEURE	80.00	50.00	
SEMOIRO1	HEURE	50.00	50.00	+440
EAUAGOUT	M3	30000.00	30000.00	+3
SEMOIRO3	HEURE	50.00	24.03	
SEMOIRO2	HEURE	50.00	50.00	+285
BLETDR01	HECTARE	50.00		
BLETDR02	HECTARE	10.00	7.70	
BLETDR03	HECTARE	20.00		
BLEDURO1	HECTARE	50.00		
BLEDURO2	HECTARE	10.00		
BLEDURO3	HECTARE	20.00	8.25	
ORGEHI01	HECTARE	20.00	7.75	
ORGEHI02	HECTARE	3.33		
ORGEHI03	HECTARE	6.67		
COLZA01	HECTARE	10.00	3.95	
COLZA02	HECTARE	2.00	2.00	+3302
COLZA03	HECTARE	4.00	4.00	+1180
TOURNIR1	HECTARE	50.00	1.16	
TOURSE1	HECTARE	50.00	15.50	
TOURSE2	HECTARE	10.00		
TOURSE3	HECTARE	20.00		
MAISEM01	HECTARE	50.00	16.67	
SOJAIRO1	HECTARE	25.00	12.02	
ILOT n° 1	HECTARE	50.00	50.00	+4218
ILOT n° 2	HECTARE	10.00	10.00	+1276
ILOT n° 3	HECTARE	20.00	20.00	+2966

D'EGALITE

DESIGNATION	UNITE	SEUIL	CONSUMMATION	PRODUCTIVITE MARGINALE
VIGNE01	HECTARE	0.70	0.70	+3136
VIGNE02	HECTARE	0.30	0.30	+6080

\* NOTA : La productivité marginale est le gain (ou la perte) de marge totale \*  
 \* lorsque le seuil de la contrainte correspondante est augmenté d'une unité \*

## 2-7 la solution optimale

L'édition de la solution optimale comporte 2 parties : (figure 4)

\* La première indique la marge brute optimale de l'exploitation agricole et, pour les activités, les résultats suivants :

- La liste des activités retenues dans la solution optimale et la superficie à réserver à chacune d'elles

- la liste des activités non retenues et la perte marginale de chacune d'elles, c'est-à-dire la diminution de marge brute globale - par rapport à l'optimum - qui en résulterait si l'on imposait que l'assolement comporte un hectare de cette activité, non comprise dans l'assolement optimal.

\* La deuxième partie se rapporte aux contraintes. Elle fournit pour chacune d'elles son code, son seuil et son unité de mesure ainsi que sa consommation par le système optimal et, pour chaque contrainte totalement consommée, sa productivité marginale, soit la variation de marge brute globale qui résulterait de l'accroissement d'une unité du seuil de cette contrainte .

Deuxième partie

APPLICATIONS :

EQUIPEMENTS de l'EXPLOITATION

et IRRIGATION



# LA MODELISATION DE L'EXPLOITATION AGRICOLE

## A PARTIR DU LOGICIEL GEDE :

### OUTIL DE DIAGNOSTIC ET DE PREVISION

**D CAIROL et Ph JANNOT (1)**

(1) CEMAGREF ANTONY - Division Production et Economie Agricoles BP 121 - 92185 ANTONY Cedex

Une des problématiques du CEMAGREF consiste d'une part à améliorer l'insertion des innovations technologiques dans l'exploitation et d'autre part à aider l'agriculteur à choisir et à utiliser les équipements en matériel, en irrigation et en drainage.

Ces choix d'investissements en agro-équipements ne peuvent plus se limiter aux aspects financiers et technologiques mais doivent être étudiés dans un cadre conceptuel et méthodologique utilisant "l'approche globale de l'exploitation agricole" (BONNEVIALE J. R. et al, 1989).

Concrètement notre démarche s'appuie sur la méthode d'analyse du fonctionnement de l'exploitation agricole (CAPILLON A., SEBILLOTTE M. et THIERRY J. 1975 et SEBILLOTTE M. 1979) ; celui-ci étant défini comme suit "le fonctionnement de l'exploitation agricole est un enchaînement de prise de décisions dans un ensemble d'atouts et de contraintes en vue d'atteindre un ou plusieurs objectifs en mobilisant des moyens ; les flux divers (circulation de matière, de monnaie, d'information, de travail) au sein de l'exploitation, comme entre elle et l'extérieur, qui aboutissent à des productions et donc à un revenu, font aussi partie du fonctionnement de l'exploitation".

L'exploitation agricole est le lieu où s'élaborent les arbitrages explicites ou implicites entre les contraintes ; le lieu où les décisions techniques sont prises et trouvent leur cohérence technique, économique et humaine (JANNOT Ph., PENEL M., 1989).

---

GEDE - Logiciel d'aide à la décision stratégique pour l'exploitation agricole - Etudes du CEMAGREF, série Production et Economie Agricoles, 1992, n° 1 : pp. 51-62

Ces choix reposent sur une prise en compte des liaisons entre les modalités de mise en oeuvre des facteurs de production et les résultats techniques et économiques.

Ils s'appuient aussi sur le constat que l'exploitant et sa famille sont au centre du schéma décisionnel (voir les différents travaux de l'équipe de l'INRA SAD Versailles Dijon et en particulier BROSSIER J. et Al, 1974). Il en résulte que les approches proposées doivent associer étroitement l'exploitant.

La démarche présentée ici vise à modéliser l'exploitation dans une perspective d'aide à la décision. Elle s'appuie sur un outil de programmation linéaire, le logiciel GEDE.

Elle est appliquée actuellement à des exploitations de grandes cultures pour lesquelles le raisonnement de l'équipement en matériel est une question majeure (CAIROL D. et Al, 1988). Des exemples illustreront la méthode de modélisation de l'exploitation.

## **1 - GEDE GUIDE L'ANALYSE**

Une exploitation fournit des données qualitatives et quantitatives. La modélisation du fonctionnement d'une exploitation pose le problème du choix des données, de leur niveau de précision et de leur articulation. La programmation linéaire articule l'ensemble des données recueillies selon un schéma classique " contraintes et activités" (BOUSSARD J.M., 1970).

### **1-1- Données nécessaires à l'analyse**

#### **1-1-1- Les moyens de production disponibles ou contraintes**

Une exploitation comporte des moyens de production (terre, main-d'oeuvre, matériel) qui sont utilisés pour obtenir des productions.

En programmation linéaire, les moyens de production sont identifiés sous forme de contraintes. Celles-ci étant définies par leur appellation (Traction), leur disponibilité quantifiée (300 heures) et ce pour un pas de temps déterminé (mois).

Le premier travail consiste donc à renseigner les contraintes de traction, de main-d'oeuvre et de surface. Les premières données sont recueillies auprès de l'exploitant au cours d'un entretien : les enregistrements des logiciels de gestion de parcelles peuvent aussi être utilisés.

Les contraintes qui a priori sont importantes sont retenues ; elles résultent de l'analyse qualitative de l'exploitation et de la compréhension de son fonctionnement. Mais ceci ne préjuge pas à ce stade si l'on a effectivement pris en compte les contraintes déterminantes de l'exploitation. Il en est de même pour la cohérence des données recueillies qui ne peut être vérifiée à ce stade de l'analyse (voir paragraphe 1.2).

### **Les contraintes de main d'oeuvre**

Les ressources en travail sont évaluées mois par mois en nombre de personnes présentes. Il s'agit ensuite de chiffrer la disponibilité pour les travaux non différables (travaux des champs). Cette disponibilité est exprimée en heures/mois.

Elle est évaluée par exemple à partir des jours sans pluie pondérés par un coefficient pour obtenir les jours utilisables au champ. Les jours sans pluie sont fournis par le poste météorologique le plus proche sur des périodes de 10 à 20 ans. Dans une première analyse on retient les valeurs ayant une fréquence de 8 années sur 10. Ceci fournit une disponibilité en jours par mois, transformée en heures par mois selon le temps de travail journalier de la main d'oeuvre présente.

### **Les contraintes de matériel**

Tous les matériels sont recensés avec leurs principales caractéristiques techniques (puissance, largeur, capacité). Les matériels de traction peuvent être différenciés s'ils sont utilisés à des opérations culturales différentes : on distingue souvent le tracteur utilisé par les travaux profonds des tracteurs employés aux semis et épandages. Les disponibilités en heures par mois des matériels sont déterminées selon la même procédure que pour la main-d'oeuvre.

### **Les contraintes de surface et de terrains**

Une exploitation comporte un certain nombre de parcelles sur une surface limitée. Dans notre méthodologie, les parcelles sont regroupées en îlots.

Les parcelles ayant les mêmes caractéristiques de terrains, les mêmes possibilités d'espèces cultivées, les mêmes conduites de cultures, et in fine les mêmes rendements constituent un îlot défini par une surface (seuil de la contrainte).

La délimitation des îlots peut être délicate car ils constituent un découpage inhabituel des terres dans l'exploitation, découpage combinant les critères précités.

### **1-1-2- Les productions envisagées ou activités**

Sur chaque îlot on repère les activités possibles. Une activité est une culture définie par sa conduite et ses résultats économiques.

Une conduite est une suite chronologique d'opérations culturales identifiées par leur période( qui peut être précisée à la décade et même au jour près si le mois ne suffit pas), la main-d'oeuvre nécessaire, le matériel utilisé (y compris pour les travaux par tiers), le débit de chantier, les quantités de produits employés (semences, engrais, pesticides, eau d'irrigation).

Les résultats économiques dépendent du prix d'achat des intrants employés, du prix de vente du produit et de son rendement. En général les prix d'achats des intrants sont ceux de la dernière campagne ; le prix de vente des productions tient compte de l'évolution prévisible du marché, enfin le rendement de chaque activité est un rendement objectif réaliste.

### **1-1-3- Les contraintes liées aux productions**

Les activités s'inscrivent dans des successions de cultures dont on tient compte en écrivant des contraintes spécifiques.

Par ailleurs les activités s'inscrivent dans un environnement économique (contrat de production de semence, quota de betteraves,...) dont il est tenu compte.

### **1-2- Validation de l'analyse**

La cohérence des données est contrôlée à partir de deux résultats du calcul :

- l'assolement qui optimise la marge brute pour un appareil de production donné
- les consommations des moyens de production pour l'assolement pratiqué par l'agriculteur.

L'assolement calculé est comparé à l'assolement pratiqué. Les utilisations annuelles calculées des matériels automoteurs de traction et de récolte sont confrontées par exemple aux enregistrements sur compteurs. Les pointes de travaux saisonniers calculées sont validées par l'agriculteur.

A l'issue de l'ensemble de ces comparaisons, si les écarts entre le calcul et la "réalité historique" sont acceptables, l'analyse est validée (BOUSSARD J. M.,1970). En d'autres termes, le modèle est validé et

l'exploitation est dite "modélisée". Si l'on ne parvient pas à reproduire la situation historique donnée, on peut craindre que les informations recueillies soient incomplètes.

Cette démarche d'analyse suppose dans la pratique des allers et retours successifs entre le calcul et le recueil de données auprès de l'exploitant. La modélisation nécessite toujours plusieurs entretiens avec l'exploitant.

Ces entretiens sont structurés et permettent d'établir un dialogue avec l'agriculteur qui conduit à mieux cerner ses pratiques. Les données (seuil des contraintes déterminantes, modalités de réalisation des activités) sont progressivement affinées. La création de nouvelles contraintes non entrevues au préalable est également fréquente.

## **2 - GEDE AIDE AU DIAGNOSTIC**

Comme toute démarche de modélisation, le logiciel GEDE propose des indicateurs pour effectuer un diagnostic. Le diagnostic porte sur les moyens de production et leur mode d'utilisation pour une décision future. Il ne consiste pas à mesurer l'écart entre une prévision et une réalisation.

L'algorithme de programmation linéaire permet d'identifier clairement dans la solution toutes les contraintes saturées et leurs productivités marginales. Ce sont les indicateurs retenus pour émettre le diagnostic. Il faut entendre sous cette dénomination une recherche de jugement d'une situation observée par rapport à des objectifs. Ce jugement se fait par rapport à une marge brute pour des charges de structure fixées et des besoins familiaux déterminés.

Le logiciel GEDE fournit les productivités marginales des contraintes saturées c'est à dire l'accroissement de marge brute permis par une unité supplémentaire de la contrainte saturée (voir page 28 définition de la productivité marginale).

Ces contraintes, comme nous l'avons vu précédemment, sont des contraintes liées aux moyens de production et aux productions. Dans un premier temps, il faut prendre en considération toutes les productivités marginales et les hiérarchiser avant de formuler un diagnostic. Pour des contraintes de même nature, la valeur absolue de la productivité marginale oriente le diagnostic ; ainsi, des productivités marginales pour la main d'oeuvre respectives de 100F/heure en avril et de 600F/heure en octobre incitent à examiner avec attention l'utilisation de la main d'oeuvre en octobre.

Dans le cas d'une contrainte de succession (retour d'une culture toutes les X années) il s'agit de s'interroger sur les possibilités de desserrer la contrainte (retour plus fréquent de la culture sur elle-même avec les conséquences agronomiques que cela implique).

Dans le cas d'une contrainte de main d'oeuvre saturée, il s'agit de s'interroger sur la rigidité du seuil. Si le seuil est rigide, il faudra envisager des solutions pour le contourner (appel à de la main d'oeuvre extérieure à l'exploitation, déplacement d'opérations culturales exigeantes en main d'oeuvre à cette époque avec les conséquences agronomiques induites, augmentation des débits de chantier des opérations culturales par changement de matériel).

Dans le cas d'une contrainte de surface saturée, il faut s'interroger sur les possibilités d'agrandissement. Si l'agrandissement ne peut pas être retenu, il s'agira de vérifier l'adéquation entre les ressources et les consommations des autres moyens de production. Le diagnostic peut aboutir par exemple à la réduction possible du nombre de tracteurs.

Ce diagnostic implique des compétences variées (agronomiques, technologiques en particulier) de la part de celui qui le met en oeuvre. Il s'agit ensuite de confronter ce regard extérieur à l'exploitation (diagnostic extérieur) à la perception qu'en a l'agriculteur à travers les différentes représentations de son exploitation (COURBON J.C., 1982) (diagnostic interne).

La pratique de l'utilisation de l'outil GEDE montre que l'analyse et le diagnostic formalisent et parfois révèlent des marges de progrès à l'agriculteur. Cela traduit le caractère éminemment formateur de la programmation linéaire pour l'agriculteur (MARSHALL E., 1981).

### **3 - GEDE OUTIL DE PREVISIONS**

Les transformations suggérées par le diagnostic doivent être traduites en solutions techniques avant d'en tester leur intérêt économique et de vérifier leur faisabilité dans le contexte de l'exploitation.

#### **3-1- Les solutions techniques testées**

Elles relèvent de différentes disciplines ; l'exploitation agricole mettant en oeuvre des techniques variées (gestion, production, machinisme,...). Si l'expert qui réalise le diagnostic est trop spécialisé, il peut y avoir, si l'on n'y prend garde, une orientation trop partielle des solutions techniques à tester. Il est donc recommandé d'associer plusieurs experts.

La qualité et la diversité des experts ne garantissent pas l'exhaustivité des solutions techniques à tester. Aussi il est indispensable d'élaborer des solutions avec l'agriculteur dont le champ de compétences est très large.

Par ailleurs, un obstacle théorique de taille impose l'intervention de l'agriculteur à cette étape ; on ne connaît pas les indicateurs à partir desquels les agriculteurs prennent leurs décisions d'équipement (SEBILLOTTE M., 1988).

Pour illustrer cet aspect , dans une exploitation betteravière de l'Yonne, la pointe de travaux du mois d'octobre peut être résolue d'au moins trois façons :

- appel à l'entreprise pour la récolte des betteraves,
- décalage de quelques semis de blé en novembre avec les conséquences sur le rendement que cela entraîne,
- achat d'un matériel permettant d'augmenter les débits de chantier pour implanter les blés.

Les deux solutions envisagées in fine par l'agriculteur sont soit l'appel à l'entreprise soit l'achat d'un matériel plus performant.

### **3-2- Les simulations effectuées**

Les solutions ayant été identifiées, leurs conséquences sont introduites dans le modèle "toutes choses étant égales par ailleurs". Par exemple, la récolte des betteraves par entreprise implique la suppression des charges en travail pour la main d'oeuvre de l'exploitation : par contre, cela se traduit par une charge de travaux par tiers diminuant la marge brute de la betterave (les dates et conditions de récolte restant inchangées).

Si l'on suppose que ces conditions de récolte sont moins favorables, il y a lieu d'en tenir compte en diminuant sensiblement le rendement de la culture du blé suivant la betterave.

Les résultats issus de ces calculs chiffrent les variations de marge brute résultant des modifications de l'assolement, quantifient les nouvelles consommations des moyens de production et détectent les nouvelles contraintes saturées. Les différentes solutions sont testées successivement puis comparées.

Dans la mesure où certaines solutions envisagées impliquent des dépenses supplémentaires, il est nécessaire d'en tenir compte. Par ailleurs, la comparaison porte sur des situations à atteindre mais ne préjuge pas des moyens qui permettent de passer de la situation initiale à la situation objectif.

## **CONCLUSIONS**

Les avantages et les inconvénients de la programmation linéaire ont été antérieurement analysés dans de nombreuses publications (BOUSSARD J. M., 1970 ; BROSSIER J. et AL, 1974 ; MARSHALL E., 1981). Nous insisterons donc sur la spécificité de l'outil GEDE par rapport aux autres outils existants actuellement.

### **Avantages**

GEDE est convivial pour la saisie de la plupart des données ; le nombre d'équations et d'inéquations de la programmation linéaire à écrire est limité. Ainsi, GEDE facilite le travail, réduit les erreurs et le temps de saisie.

GEDE fournit un cadre d'analyse à la fois rigide et souple. Rigide, il permet de ne pas oublier des contraintes essentielles et de les prendre en compte simplement grâce à leur écriture immédiate (ce sont les contraintes de main d'oeuvre, de traction et de surface).

Souple, il permet d'ajouter à ces contraintes les autres contraintes qui s'avèrent importantes (autres matériels, successions de cultures, débouchés sur les marchés, eau d'irrigation, trésorerie,...). Mais, il faut écrire les inéquations concernant ces contraintes.

GEDE contribue simultanément aux phases de diagnostic et de prévision qui sont étroitement liées. Les outils basés sur la simulation budgétaire, utilisés entre autres par les centres de gestion, permettent de tester différentes stratégies mais ne conviennent pas pour l'identification des meilleures stratégies dans le contexte de l'exploitation ni pour la vérification de leur cohérence.

Les outils basés sur la compréhension du fonctionnement de l'exploitation comme le Diagnostic Global Rapide de l'Exploitation Agricole dénommé DIGREX (BENOIT et AL, 1988) permettent d'explicitier les raisons que l'agriculteur a de faire ce qu'il fait et d'identifier les points forts et les points faibles de son exploitation.

Ils proposent quelques voies possibles d'amélioration du système de production mais ne permettent pas d'en calculer les conséquences et ne renseignent pas sur les modalités de passage de la situation actuelle à une situation future.

### **Limites**

Contrairement à d'autres utilisations tactiques (pour une campagne ou en cours de campagne) de la programmation linéaire, GEDE est utilisé pour des choix stratégiques (choix de l'équipement en matériel, agrandissement, évolution de la main d'oeuvre -réduction ou embauche d'un salarié par exemple- , aménagements fonciers, stratégies d'utilisation de l'eau).

GEDE calcule l'assolement compte tenu des ressources disponibles calculées sur un seul scénario climatique. Sa rapidité de modifications des données et de calcul permet alors de renouveler les simulations pour tester la sensibilité du résultat aux variations climatiques. Mais les comparaisons des différentes simulations ne peuvent être effectuées que manuellement.

GEDE suppose enfin l'utilisation de nombreuses données dont la précision conditionne les résultats de l'analyse. Deux cas extrêmes peuvent se rencontrer. Si l'exploitant ne fournit que de rares données (moyens de production mal délimités par exemple main d'oeuvre d'appoint mal évaluée, conduites de culture approximatives,..), l'utilisation de données extérieures à l'exploitation aboutit à un diagnostic dont on ne connaît pas la pertinence.

A l'inverse, si l'exploitant fournit de nombreuses données structurées, l'analyse est aisée. Mais il y a un risque d'oublier des contraintes importantes non explicitées et en conséquence de faire un mauvais diagnostic.

## BIBLIOGRAPHIE

**BENOIT M., BROSSIER J., CHIA E., MARSHALL E., MORLON P., ROUX M., THEILHARD de CHARDIN B., 1988** - Diagnostic global d'exploitation agricole - Une proposition méthodologique - Etude et recherches sur les systèmes agraires et le développement - INRA-SAD - 12, 47 p.

**BONNEVIALE J.R, JUSSIAU R., MARSHALL E., 1989** - Approche globale de l'exploitation agricole - INRAP - Diffusion INRAP - FOUCHER - 327 p.

**BOUSSARD J.M, 1970** - Programmation mathématique et théorie de la production agricole - CUJAS, Paris 1970-251p.

**BROSSIER J., DE LA VAISSIERE P., LIENARD G., PETIT M., 1974** - Système de production en région de grande culture - Série Economie et Sociologie Rurales. INRA DIJON-THEIX, éd. SEI Versailles 292p.

**CAPILLON A., SEBILLOTTE M., THIERRY J., 1975** - Evolution des exploitations d'une petite région : élaboration d'une méthode d'étude - CNASEA - GEARA - Ronéo Chaire d'Agronomie INA-PG PARIS - 57 p.

**CAIROL D., MONTALESCOT J.B, LESAFFRE B., 1988** - Le conseil économique à l'investissement en agro-équipement dans les exploitations agricoles. En contributions présentées à la réunion du Conseil Supérieur de la Mécanisation et de la Motorisation de l'Agriculture, le 4 février 1988. CEMAGREF, p. 15 à 24.

**COURBON J.C, 1982** - Processus de décision et aide à la décision - Economie et Société - Série Sciences de gestion, décembre 1982, 3, tome XVI, 12, pp. 1456-1476.

**JANNOT Ph., PENEL M., 1989** - Aspects de la rentabilité économique du drainage agricole à l'échelle de l'exploitation - Génie Rural 1-2.

**MARSHALL E., 1981** - Le raisonnement économique des décisions de l'agriculture - Trente mots clés relatifs à l'analyse économique de l'exploitation agricole et à la gestion - INRAP. 234p.

**SEBILLOTTE M.**, 1979 - Analyse du fonctionnement des exploitations agricoles - Note introductive pour la réunion du SAD du 20 Novembre 1979 - In compte-rendu de l'Assemblée constitutive du Département SAD-INRA - pp. 20-30.

**SEBILLOTTE M., SOLER L.G.**, 1988 - Le concept de modèle général et la compréhension du comportement de l'Agriculteur - CR.Acad.Agri.Fr. (74) p. 59-70.



**LE CHOIX DE L'EQUIPEMENT EN MATERIEL**  
**FACE AUX AUTRES MOYENS DE PRODUCTION**  
**cas d'une exploitation de l'Yonne**

**D. CAIROL - Ph. JANNOT - M. LENGLET** <sup>(1)</sup>

(1) CEMAGREF ANTONY - Division Production et Economie Agricoles BP 121 - 92185 ANTONY Cedex

De nombreux exploitants pratiquant les grandes cultures s'interrogent aujourd'hui sur une meilleure adaptation de leur parc matériel à une réduction de la main d'oeuvre ou à une augmentation de la surface exploitée.

L'exploitation retenue pour illustrer l'analyse de la combinaison des différents moyens de production est située au Nord Ouest d'Auxerre dans l'Yonne. C'est une exploitation de 180 hectares dont les terres sont à dominante argilo-calcaires plus ou moins profonds. Les cultures se répartissent pour les deux tiers en cultures d'automne et pour le tiers restant en cultures de printemps.

La main d'oeuvre familiale se compose du père et du fils. Le père partant à la retraite, deux options sont envisagées : le fils exploite seul 180 hectares ou il s'associe avec son frère en agrandissant la surface de l'exploitation.

La démarche d'étude retenue s'appuie sur l'utilisation du logiciel GEDE. L'exploitation actuelle est préalablement décrite et modélisée. Face aux interrogations de l'exploitant, différentes modifications du parc matériel sont testées : leur faisabilité en terme d'organisation du travail est vérifiée et leur intérêt économique est mesuré. Les différents scénarios examinés correspondent aux questions que se pose le fils et ne sont donc pas des cas d'école.

---

GEDE - Logiciel d'aide à la décision stratégique pour l'exploitation agricole - Etudes du CEMAGREF, série Production et Economie Agricoles, 1992, n° 1 : pp. 63-76

# 1 - MODELISATION DE L'EXPLOITATION ACTUELLE

## 1-1- Description

L'assolement 1988-1989 comporte du blé et du seigle (50% SAU), du colza (25% SAU), du pois (17% SAU) et du tournesol (8% SAU). Le blé et le seigle peuvent revenir tous les 2 ans, les autres cultures tous les 4 ans.

Les terres (180 ha) se répartissent en cinq îlots :

- l'îlot 1 (19,5 ha) ; ce sont des terres de vallées.
- l'îlot 2 (13,6 ha) ; ce sont des sables consacrés uniquement au seigle et au tournesol.
- l'îlot 3 (40,6 ha) ; ce sont des argilo-sableux présentant une certaine sensibilité à la battance.
- l'îlot 4 (61,6 ha) ; ce sont les meilleures terres de l'exploitation.
- l'îlot 5 (44,8 ha) ; ce sont des terres intermédiaires entre les îlots 3 et 4.

Les cultures de colza, pois et tournesol sont possibles sur les îlots 1, 3, 4 et 5.

### 1-1-1- Les moyens de production : main d'oeuvre et matériel

L'exploitation compte en permanence 2 UTH auxquelles il faut ajouter 100 heures de main d'oeuvre temporaire réparties pour moitié en juillet et pour moitié en août.

Le matériel de traction comporte trois tracteurs : un tracteur 4 Roues Motrices (135 chevaux) pour les labours, les déchaumages et les transports, deux tracteurs 2 RM (92 ch) pour les autres opérations culturales.

La récolte est assurée par une moissonneuse batteuse en propriété de 4,5 m de largeur de coupe. Le parc matériel trainé est complet et permet les débits de chantier indiqués dans le tableau 1.

Les disponibilités de la main d'oeuvre et du matériel sont évaluées en fonction des conditions pédo-climatiques. Le nombre de jours disponibles mensuels pour les travaux des champs atteint les valeurs suivantes :

**Tableau 1**  
**Les débits de chantier (\*)**

Opération	Débit en h/ha
Labour	1,3
Covercrop	1,1
Chisel	1,8
Vibroculteur	0,4
Herse	1,3
Herse rotative	0,9
Semis	1,7
Engrais solide	0,3
Pulvérisateur	0,5
Moisson Céréales	1
"  Colza	1,1
"  Tournesol	1,3
"  Pois	1,4

(\*) temps indirects inclus)

Février	15 j	Juillet	22 j
Mars	15 j	Août	20 j
Avril	14 j	Septembre	20 j
Mai	20 j	Octobre	15 j
Juin	20 j	Novembre	15 j
		Décembre	10 j

Les jours disponibles sont traduits en heures disponibles compte tenu du temps de travail journalier fourni par l'exploitant à savoir 10 heures par jour.

### 1-1-2- Les productions : conduite, rendement et marge brute

La conduite de chaque culture est décrite en tenant compte du précédent cultural (tableau 2) : elle comporte le relevé des opérations culturales au pas de temps mensuel et le matériel utilisé.

Les rendements de chaque culture dépendent du précédent cultural et de l'ilôt de terres (tableau 3). Les marges brutes sont obtenues à partir des charges opérationnelles et du prix de vente du produit (tableau 4).

**Tableau 3**  
**Les rendements en q/ha**

Culture	Ilot	1	2	3	4	5
Tournesol		27	27	30	30	30
Pois		25	X	25	42,5	42,5
Colza		27	X	30	35	35
Blé/Colza		65	X	67,5	80	75
Blé/Pois		65	X	67,5	80	75
Blé/Tournesol		65	X	67,5	75	70
Seigle		X	61,5	X	X	X

**Tableau 2**  
**Calendrier des opérations culturales**

	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET
Colza	Labour croskill fumure de fond. herse rotative	désherbage herse sems herse rotative				Fumure azotée	Fumure azotée et soufre Insecticide	Fongicide Insecticide			RECOLTE déchaumage
Pois	Récolte Déchaumage				Labour fumure de fond		Sems combiné désherbage		Fongicide insecticide		
Tournesol		Récolte		Labour fumure de fond			Vibroculteur herse semis désherbage	Fumure azotée insecticide			
Blé/Colza		labour croskill fumure de fond	sems combiné	désherbage		fumure azotée	Fumure azotée	Fongicide Fongicide	Fongicide Fongicide	Fongicide Fongicide	RECOLTE déchaumage
Blé/Pois	déchaumage	labour croskill fumure de fond	sems combiné	désherbage		Fumure azotée	Fumure azotée	Fongicide Fongicide	Fongicide Fongicide	Fongicide Fongicide	RECOLTE
Blé/Tournesol	Récolte Déchaumage		fumure de fond labour sems combine	Désherbage		fumure azotée	Fumure azotée fongicide fongicide			fongicide	
Seigle	apport de Chaux	labour déchaumage sems désherbage		Insecticide		Fumure azotée Insecticide	Fumure azotée Raccourcisseur Insecticide x 2	Fumure azotée Raccourcisseur	Fongicide Fongicide		Récolte

**Tableau 4**  
**Caractéristiques économiques des cultures**

Culture	Charges en F/ha			Prix de vente
	Semences	Engrais	Phytosanitaires	en F/q
Tournesol	600	1072	1047	270
Pois	2179	644	1047	220
Colza	175	1590	1032	230
Blé	220	740	1317	108
Seigle	712	772	648	107

### 1-2- Premiers résultats et validation

Le logiciel GEDE calcule un assolement qui optimise la marge brute. L'assolement optimisé comporte du blé et du seigle (50% SAU), du colza (23% SAU), du pois (15% SAU) et du tournesol (12% SAU). La surface en tournesol est accrue de 4% soit 7 ha au détriment du colza et du pois par rapport à l'assolement actuel. (figure 1)

La marge brute calculée s'élève à 870 000 francs : la marge brute de l'assolement pratiqué s'élève à 820 000 francs soit un écart de 6%.

L'utilisation mensuelle de la main d'oeuvre et des tracteurs est calculée pour l'assolement optimisant la marge brute. Leur utilisation est toujours inférieure à leur disponibilité. Ces moyens de production ne sont jamais saturés. (figures 2 et 3 ci-après)

Les heures annuelles d'utilisation des tracteurs sont sensiblement égales aux consommations enregistrées sur les fiches parcellaires.

Ces différents résultats calculés montrent la cohérence des données introduites dans le modèle. L'ensemble de ces résultats constitue la situation initiale modélisée, dénommée I ci-après.

Figure 1

Comparaison entre l'assolement optimisé de la situation initiale calculé et l'assolement réel pratiqué en 1988 1989

Assolement optimisé

Assolement pratiqué

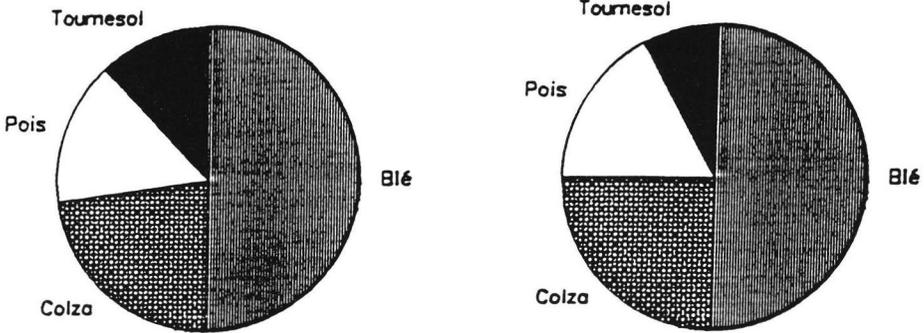
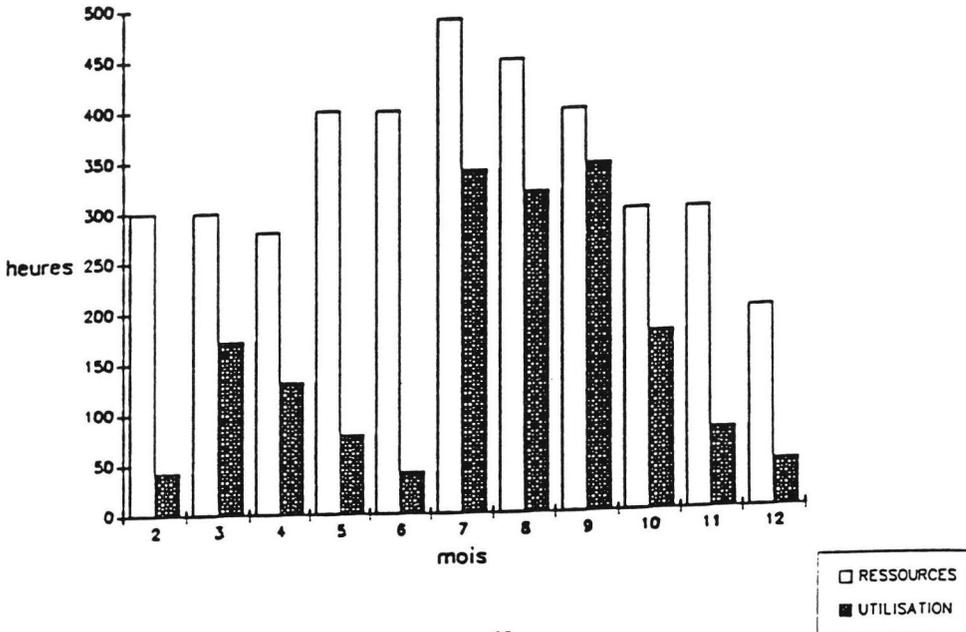
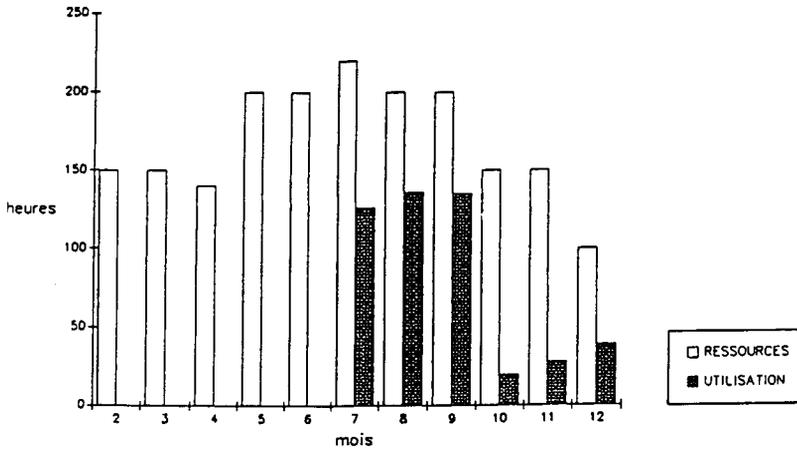


Figure 2

Comparaison entre les disponibilités de la main d'oeuvre et son utilisation pour l'assolement optimisé de la situation I.



**Figure 3**  
**Comparaison entre les disponibilités du tracteur (135 chevaux ,4 Roues Motrices) et son utilisation pour l'assolement optimisé de la situation I.**



## 2 - LES SIMULATIONS

### 2-1 Les scénarios testés

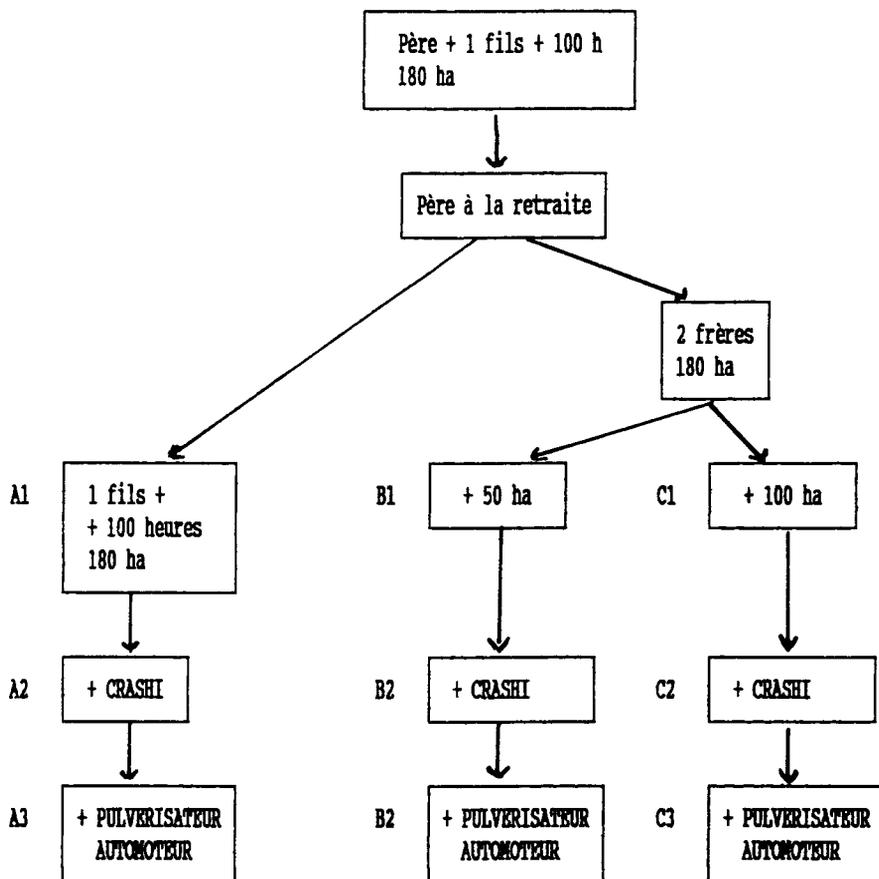
Le départ en retraite du père remet en cause le système d'exploitation existant. Deux possibilités existent à savoir la réduction de la main d'oeuvre (à surface constante) ou l'agrandissement de la surface exploitée (à main-d'oeuvre constante). Le raisonnement du parc matériel sera mis en oeuvre à partir du diagnostic effectué. Les différentes simulations ont été réalisées à la demande du fils reprenant l'exploitation. Elles sont récapitulées dans un organigramme. (figure 4 ci-après)

### 2-2 Les scénarios : "Réduction de la main-d'oeuvre". A1, A2 et A3

Avec le matériel existant et les conduites de cultures actuelles, la surface cultivée se limite au deux tiers de la surface totale (scénario A1) : la main-d'oeuvre est insuffisante pour assurer les travaux de récolte et d'implantation des cultures d'août à octobre (figure 5). Une simplification du travail du sol pour les cultures d'automne a été testée. Elle a consisté à remplacer le labour suivi d'un semis combiné par un semis associé à un travail superficiel.

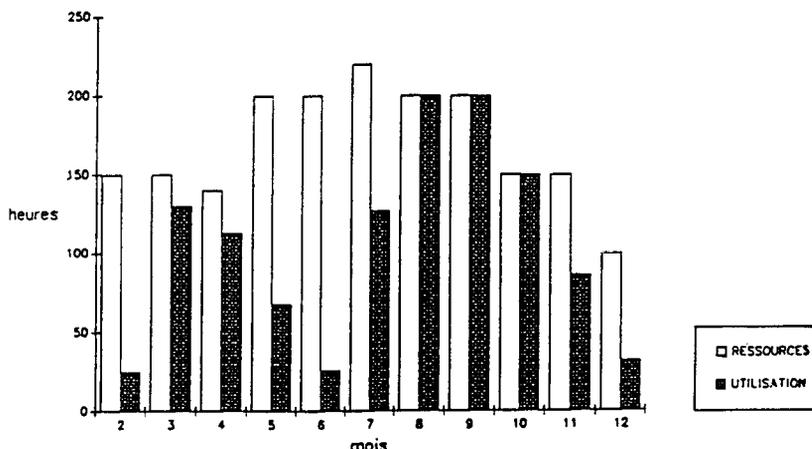
Compte tenu du tracteur disponible et des sols, le matériel choisi est un cultivateur rotatif à axe horizontal et semoir intégré de marque DUTZI ; sa largeur de 2,2 m assure un débit de chantier de 1,3 h/ha.

Figure 4 : Les différents scénarios testés



CRASHI = Cultivateur rotatif à axe horizontal et semoir intégré

**Figure 5**  
**Comparaison entre les disponibilités en main d'oeuvre et son utilisation pour l'assolement optimisé du scénario A1.**



Dans ce cas (scénario A2), toute la surface est cultivée mais le chauffeur est totalement occupé en mars et avril, période où se font de nombreux épandages d'azote et de traitements phytosanitaires : un accroissement du débit de chantier pour ces opérations permettra de desserrer cette contrainte.

L'introduction d'un pulvérisateur automoteur avec un débit de chantier de 0,2 h/ha (au lieu de 0,5 h/ha avec le matériel existant) facilitera la réalisation des travaux de printemps (scénario A3).

En conclusion (tableau 5 ci-après), la réduction de la main-d'oeuvre sans modification du parc matériel ne permet pas de cultiver toute la surface. Malgré un résultat par UTH supérieur à la situation initiale (I), cette option (scénario A1) n'est pas envisagée par l'agriculteur.

La réduction de la main-d'oeuvre associée à l'achat d'un matériel de travail du sol simplifié avec semoir intégré et d'un pulvérisateur automoteur permet de cultiver toute la surface, et dégage une marge brute équivalente à celle de la situation initiale (I) et un résultat par UTH nettement supérieur (coût des investissements déduits).

Cependant la charge annuelle en travail du chef d'exploitation s'accroît considérablement (de 40 à 60% respectivement pour les scénarios A3 et A2)

**Tableau 5**  
**Résultats des scénarios "Réduction de la main-d'oeuvre"**

Scénarios	I 2 UTH	A1 1 UTH	A2 1 UTH "DOTZI"	A3 1 UTH "DOTZI" Pulvérisateur
Main d'oeuvre heure / an / UTH	890	1230	1420	1260
Tracteur 4 RM 135 chevaux en h/an	480	350	490	490
Marge brute totale	870 000	650 000	850 000	887 000
Marge brute/UTH	435 000	650 000	850 000	887 000
"DOTZI"(1)			- 41 000	- 41 000
Pulvérisateur (1)				- 46 000
Résultat en Francs	435 000	650 000	809 000	800 000

(1) charges fixes calculées par la formule du BCMEA pour un prix d'achat respectif de 250 000 F et 300.000 F.

**Tableau 6**  
**Résultats des scénarios "Agrandissement de l'exploitation"**

Scénarios	I 180 ha 2 UTH	B1 + 50 ha 2 UTH	C2 + 100 ha 2 UTH "DOTZI"	C3 + 100 ha 2 UTH "DOTZI" Pulvérisateur
Main d'oeuvre heure / an / UTH	890	1145	1150	985
Tracteur 4 RM 135 chevaux h/an heure / an	480	620	800	800
Marge brute	870 000	1 108 000	1 382 000	1 402 000
Terre (1)		- 50 000	- 100 000	- 100 000
"DOTZI"(2)			- 41 000	- 41 000
Pulvérisateur				- 46 000
Résultat en Francs	870 000	1 058 000	1 241 000	1 215 000

(1) Charges liées à la terre (fermage et impôts fonciers)

(2) Charges fixes calculées par la formule du BCMEA pour un prix d'achat respectif de 250 000 F et 300 000 F

### 2-3 Les scénarios : "Agrandissement de l'exploitation et association des deux frères" B1, B2, B3, C1, C2, C3

Deux hypothèses d'agrandissement ont été testées (+ 50 hectares et + 100 hectares) ; elles correspondent aux possibilités locales du marché foncier. Les principaux résultats sont indiqués dans le tableau 6.

2-3-1 L'agrandissement de 50 hectares (scénario B1) améliore la marge brute de 238 000 francs à laquelle il faut déduire les charges liées à la terre évaluées à 50 000 francs (1000 francs/hectare).

La charge annuelle en travail augmente de 500 heures soit 29% : les pointes de travaux s'étalent d'août à octobre. Le nombre d'heures d'utilisation des tracteurs s'accroît d'environ 30%. Ces résultats sont obtenus sans modification du parc matériel.

2-3-2 L'agrandissement de 100 hectares améliore peu la marge brute car l'insuffisance de la main-d'oeuvre d'août à octobre limite la surface cultivée à 86% de la surface totale (scénario C1).

L'introduction d'une simplification du travail du sol à l'automne (avec un matériel "DUTZI") permet de cultiver toute la surface (scénario C2).

L'accroissement en marge brute couvre largement les charges liées à la terre et à l'investissement en matériel. Par contre, la charge en travail par rapport à la situation actuelle (I) s'élève de 30% (scénario C2).

L'introduction d'un pulvérisateur automoteur (scénario C 3) permet de meilleures conditions de travail au printemps mais n'est pas justifiée économiquement (sous l'hypothèse que le matériel actuel ne soit pas à renouveler).

Les différents scénarios avec agrandissement se traduisent par une utilisation nettement accrue du tracteur 4RM 135 chevaux qui passe annuellement de 480 heures (I) à 620 (scénario B1) et 800 heures (scénarios C2 et C3). Il faudra alors envisager son renouvellement plus rapidement.

### 3 - CONCLUSIONS

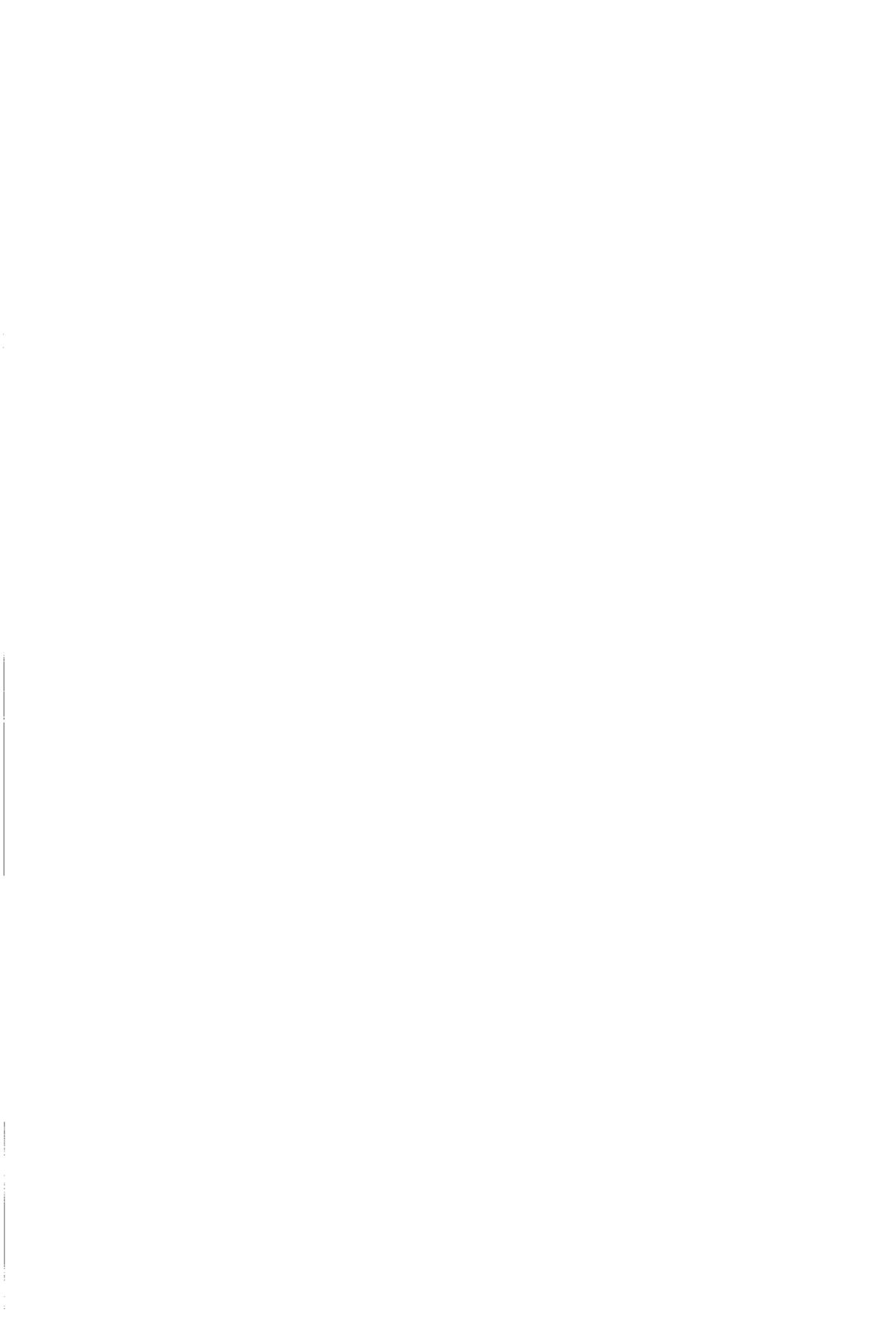
En fonction de la modification de la main d'oeuvre de l'exploitation, différentes solutions sont envisageables dans cette exploitation. Elles se traduisent toutes par une augmentation de revenu mais aussi par une augmentation plus ou moins importante de la charge en travail (meilleur emploi).

La réduction de la main-d'oeuvre nécessite des transformations du parc matériel associées à un changement de techniques culturales. Le maintien de la main-d'oeuvre permet une augmentation de la surface d'une cinquantaine d'hectares à parc matériel inchangé. Par contre un agrandissement supplémentaire nécessite l'introduction de travail du sol simplifié et d'un pulvérisateur automoteur. Ce nouvel équipement n'est pleinement justifié que pour un agrandissement supérieur à 100 hectares.

L'utilisation du logiciel GEDE a permis de décrire et de modéliser l'exploitation actuelle. Face aux questions de l'agriculteur, le modèle a permis d'identifier les moyens de production limitants en les replaçant dans le calendrier d'exécution des travaux.

Différentes solutions ont été imaginées avec l'agriculteur ; elles ont ensuite été testées avec le logiciel. Leurs conséquences sont mesurées sur différents critères (économiques, charge en travail et organisation du travail, gestion du parc matériel).

Ainsi, la démarche mise en oeuvre a contribué à formaliser les interrogations de l'agriculteur et à lui fournir des éléments pour choisir une solution.



# CHOIX DE NOUVEAUX MATERIELS DE RECOLTE ET DE TRAVAIL DU SOL DANS UNE EXPLOITATION CHERCHANT A S'AGRANDIR

**A. STRASMAN** (1)

(1) CEMAGREF ANTONY - Division Production et Economie Agricoles BP 121 - 92185 ANTONY Cedex

## 1 - PROBLEMATIQUE DE L'EXPLOITATION ETUDIEE ET METHODOLOGIE

Cet agriculteur du Vexin exploitait 235 ha de bonne terre limoneuse. En 1988, il décide de supprimer un important atelier bovin d'engraissement qu'il avait monté sur sa ferme et dont le revenu devenait aléatoire. Il décide de réinvestir le produit de la vente des animaux de la façon suivante.

Une partie des disponibilités financières est affectée à la modernisation des outils de production végétale : remplacement de la moissonneuse batteuse et des outils de déchaumage par des matériels plus performants ; abandon du labour et adoption du fraisage permanent avec achat d'un combiné DUTZI de 3m. Il prévoit que ce renforcement permettra de cultiver une surface supérieure à la surface actuelle.

Une autre partie de ses disponibilités sera donc affectée à l'achat (ou à la location) de terres supplémentaires qu'il sera devenu capable d'exploiter.

Il a paru intéressant d'analyser les choix d'investissement faits par cet agriculteur : on étudiera l'incidence des investissements sur la surface exploitable possible, les besoins en main d'oeuvre salariée, la marge brute totale et la variation de revenu de l'exploitation.

La variation de revenu est définie comme étant la variation de marge brute moins la variation des charges de structure. Ici, il s'agira des équipements (amortissements et frais financiers) et des frais fonciers.

Afin de rendre les charges de mécanisation comparables suivant les situations, la valeur d'achat retenue pour les matériels de travail du sol et de semis utilisés antérieurement est celle de matériels neufs équivalents offerts sur le marché en 1988.

Après avoir défini une situation initiale A1 présentée dans le chapitre 2, nous simulerons une situation B caractérisée par le changement de la moissonneuse batteuse et du matériel de déchaumage, puis une situation C où le labour est supprimé et remplacé par un système avec cultivateur à semoir intégré DUTZI.

Pour chacune de ces situations, seront simulées des variantes 2 et 3. La variante 2 correspond à une situation optimisée en fonction des moyens de production disponible, la variante 3 supposant en plus que la surface n'est plus un facteur limitant.

Enfin, la situation initiale A 1 présente une variante A'1 pour laquelle le chauffeur permanent non qualifié est remplacé par un chauffeur de Juillet à Novembre d'où aussi l'étude des variantes A'2 et A'3 (voir tableau 6 page 87).

## **2 - PRESENTATION DE L'EXPLOITATION**

L'analyse de l'exploitation existante doit être approfondie avant de procéder aux simulations des évolutions possibles. A titre d'exemple, nous présentons à l'occasion de cette exploitation quelques uns des points à étudier et à préciser.

### **2-1 Rotation, assolement, contraintes de succession**

Les terres sont homogènes et bien groupées : un îlot unique suffit pour les caractériser.

Les rotations sont :

betteraves-blé-lin-blé-pois-blé  
blé-escourgeon-luzerne-luzerne-blé  
betterave-luzerne-luzerne-blé (possible mais non pratiqué)

L'assolement pratiqué est le suivant :

blé de betterave .....	43	ha
blé de (pois, lin, luzerne) .....	62,5	ha
escourgeon de blé .....	22	ha
luzerne .....	22,5	ha
pois/blé .....	20	ha
lin/blé .....	20	ha
betterave/blé .....	45	ha

**Total : 235 ha**

Une partie des blés et des pois étant récoltée par un tiers on a subdivisé chacune de ces cultures en 2 activités selon que la récolte est assurée par les moyens propres ou extérieurs à l'exploitation.

Des contraintes de succession culturale sont à prendre en compte.

Pour des raisons phytosanitaires, la période minimum de retour du pois est fixée à 5 ans ; celle du lin est fixée à 7 ans. La surface des légumineuses (pois + luzerne) ne doit pas excéder le 1/5 de la surface totale.

Afin de répartir les risques d'une récolte réalisée en conditions humides, pénalisante à la fois pour le rendement de la culture de pois et du lin, les surfaces cultivées en pois et en lin sont égales.

### **2-2 Le matériel existant**

Sur le tableau 1, on a mentionné les matériels qui ont été supprimés et ceux qui sont proposés en remplacement.

### **2-3 Main-d'oeuvre et la traction**

Le nombre des jours disponibles N est déduit du nombre A de jours sans précipitation supérieure ou égale à 5mm (résultats obtenus sur 30 ans, 8 années sur 10).  $N = 2/3 A$  (tableau 2 ci-après)

**Tableau 1**  
**Matériels renouvelés et temps de travaux unitaires**

Matériels	largeur (m)	Temps de travail moyen réel (heures / ha)
<b>Anciens matériels non maintenus</b>		
déchaumage : 1 cover-crop (outil à disques)	4	0,5
1 chisel 11 dents	3	0,7
1 charrue 5 socs x 14 pouces	1,75	1,2
1 charrue 3 socs x 14 pouces	1,05	2
1 train de herse droites	6	0,5
1 herse animée alternative	4	0,8
1 vibroculteur + rotoherse porté AR	6	0,5
1 vibroculteur porté AV	4	0,8
1 croskill	10	0,25
1 semoir céréales	4	0,8
1 semoir monograins à lin	4	0,5
1 moissonneuse batteuse 120 CV	4	1,1
<b>Matériels nouveaux</b>		
1 outil combiné de déchaumage LEMKEN	3,80	0,4
1 combiné DUTZI (avec option éléments semeurs à monodisque obliques)	3	0,7
1 moissonneuse batteuse 180 CV	5,5	0,6

**Tableau 2**  
**Jours disponibles**

Mois	Jours disponibles	Mois	Jours disponibles
Janier	16	Juillet	17
Févier	14	Août	17
Mars	17	Septembre	15
Avril	17	Octobre	16
Mai	16	Novembre	14
Juin	17	Décembre	16

**Tableau 3**  
**Itinéraire Technique du blé de pois**  
**(heures / ha)**

Opérations culturales	Technique classique de travail		Travail du sol réduit	
	Nombre de passages	h / ha	Nombre de passages	h / ha
Épandage engrais de fond	1	0,1	1	0,1
Broyage paille	1	0,5	1	0,5
Déchaumage	2	1,2	1	0,6
Travail du sol et semis	2	2,4	1	0,7
Traitement et azote liquide	9	1,8	9	1,8
<b>TOTAL</b>	15	6	13	3,7
Economie			2	2,3

Les dimanches et jours fériés sont travaillés pendant les pointes de travail. Ils sont donc pris en compte dans le calcul des jours disponibles.

Dans le cas particulier de la moisson en août, le nombre de jours disponibles est de 10. Ce nombre réduit s'explique par l'humidité de l'air élevé et des rosées persistantes en raison du climat maritime.

La durée journalière de travail est de 6 heures pour les traitements phytosanitaires et de 10 heures pour les autres travaux.

En août, la durée journalière de travail est portée à 12 heures pour la main d'oeuvre et la traction.

D'autre part, en août uniquement, le chef d'exploitation participe, dans la limite de 50 heures, à divers travaux incombant normalement aux chauffeurs salariés (rebroyage, déchaumage, décompactage). De ce fait, la ressource en heures du chef d'exploitation est diminuée de 50 heures en août, celle des chauffeurs est augmentée d'autant.

#### 2-4 La conduite des cultures

A titre d'exemple, le tableau 3 indique (sans mention des dates d'intervention) l'itinéraire technique adopté pour le blé de pois.

L'organisation des chantiers combinés à 3 ou 4 personnes est la suivante :

- . Semis de blé (technique classique)
  - 1 charrue 5 corps, 1 tracteur de 145 CV, 1 chauffeur
  - 1 charrue 3 corps, 1 tracteur de 95 CV, 1 chauffeur
  - 1 herse animée ou vibro + semoir, 1 tracteur de 95 CV, le chef d'exploitation
- . 1 Récolteuse de betteraves, tracteur de 145 CV, le chef d'exploitation
  - Débardage des betteraves : 2 tracteurs, 2 chauffeurs salariés
- . 1 Moissonneuse batteuse conduite par le chauffeur qualifié
  - Bennage : 2 tracteurs, 1 chauffeur, 1 stagiaire
  - Réception des grains à la ferme : le chef d'exploitation.

tableau 4  
 Calendrier des opérations culturales  
 (Situation initiale)

*	45 ha BL/BE	52,70 ha BL/PD, LI, LU	13,77 ha ES/BL	27,5 ha LU/ES	19,46 ha PD/BL	19,46 ha LI/BL	45 ha BE/BL
Janvier							
Février	1 pulvé	1 pulvé	2 pulvé			hersage	
Mars	2 pulvé	2 pulvé	3 pulvé		herse-vibro- croskill-vibro semis 1 pulvé	1 herbicide 1 vibro 1 vibro+croskillette semis	préparation semis x 3/5 2 pulvé
Avril	3 pulvé	3 pulvé	3 pulvé		1 pulvé	2 pulvé	préparation semis 2/5 2 pulvé
Mai	1 pulvé	1 pulvé	1 pulvé		1 pulvé		7 pulvé
Juin	1 pulvé	1 pulvé			1 pulvé		2 pulvé
Juillet			Moisson	broyage paille épanage 1 cover-crop labour 3 outils semis			1 pulvé
Août	récolte épanage	récolte épanage broyage paille 1 déchaumage	épanages broyage paille	1 pulvé	moisson broyage paille épanage	épanage broyage paille décompactage 1 déchaumage 2 retournements	broyage paille épanage décompactage
Septembre		1 déchaumage	2 déchaumages		2 déchaumages	2 déchaumages soulèvement 1 fois sur 2 pressage	2 déchaumages
Octobre	labour semis combiné 1 pulvé	labour semis combiné 1 pulvé	labour semis combiné 1 pulvé				récolte 3/4
Novembre	labour - semis					labour	récolte 1/4
Décembre				1 pulvé	labour 1 pulvé	labour	labour

\* assolement optimum

Légende : BL/BE : blé de betteraves  
 BL/PD, LI, LU : blé de pois, lin, luzerne  
 ES/BL : escourgeon de blé

LU/ES : luzerne d'escourgeon  
 PD/BL : pois sur blé  
 LI/BL : lin sur blé

BE/BL : betteraves sur blé  
 pulvé : passage de pulvérisateur

Le calendrier des opérations culturales est récapitulé dans le tableau 4. La pointe de travaux se situe d'août à octobre, de la moisson aux semis de blé et à la récolte de betteraves.

La moyenne des rendements calculés sur les 3 dernières campagnes est donnée ci-dessous :

**Tableau 5**  
**Rendements**

blé de betterave .....	78 q/ha	
blé de pois, lin, luzerne .....	85 q/ha	
blé de blé .....	76 q/ha	
escourgeon de blé .....	84 q/ha	
pois sur blé .....	60 q/ha	
luzerne d'escourgeon .....	13 T/ha	(1)
luzerne de betterave .....	11 T/ha	(1)
betterave .....	61 T/ha	
lin sur blé .....	10.800 F	(2)

---

(1) moyenne sur 2 ans de production

(2) Il s'agit du produit brut/ha : en effet, le rendement et le prix unitaire dépendent étroitement l'un de l'autre.

### **3 - LES MODIFICATIONS ENVISAGEES ET LES RESULTATS OBTENUS**

La situation initiale A 1 est définie dans le tableau 6. Elle correspond à la campagne réelle 1987/88. Le travail du sol est basé sur le labour.

La moissonneuse batteuse ancienne, peu performante, de 120 ch, 4 m de large, récolte à raison de 1,1 h/ha. En Août, il faut recourir à un tiers pour assurer la récolte complète des blés et des pois. Le déchaumage est réalisé avec un chisel 11 dents (0,7 h/ha) et un cover-crop de 4 m (0,5 h/ha).

La main d'oeuvre comprend le chef d'exploitation et 2 chauffeurs salariés, l'un qualifié, l'autre non qualifié. Le chef d'exploitation participe partiellement aux opérations :

- Réception des grains à la moisson
- La moitié des traitements
- La totalité des semis, notamment, les semis combinés de céréales
- La conduite du tracteur tirant la récolteuse de betterave.

Le chauffeur qualifié, outre les travaux de réparation et d'entretien considérés comme différables, conduit la moissonneuse batteuse et assure la moitié des traitements. Il participe aux autres interventions.

Au mois d'Août, un stagiaire participe aux transports par remorques de la récolte des blés et des pois. En dehors de la moisson, il participe aux autres travaux du mois d'Août.

#### **3-1 Optimisation de la situation initiale A**

##### **Situation A1**

La situation A1 est définie par les caractéristiques ci-dessus ainsi que par l'assolement réel pratiqué. Dans ces conditions, on teste la cohérence des données introduites et on apprécie les facteurs limitants du système de production initial.

L'assolement réel respecte l'ensemble des contraintes.

##### **Situation A2**

C'est la situation définie par les caractéristiques de la situation A et par l'assolement optimisé.

On peut considérer que le modèle ainsi fourni par GEDE est bien calé par rapport à l'assolement réel. La marge brute augmente de 27 K.F par rapport à la situation A1 (tableau 6).

Par ailleurs, la consommation en main-d'oeuvre salariée au mois d'Août atteint le seuil disponible ; mais toute la surface disponible (235 ha) est néanmoins utilisée, avec une productivité marginale de 4 946 francs/ha.

### **Situation A3**

Si on simule un agrandissement de l'exploitation avec les moyens de production actuels, on constate que la surface maximum exploitable est de 240 ha : l'agrandissement possible est faible. L'exploitation définie par la situation A2 est pratiquement en équilibre.

Dans la situation A3, le système est bloqué par 2 contraintes saturées : la charge en travail du chef d'exploitation et des chauffeurs sont limitantes au mois d'Août (tableau 6).

### **Une réduction de main d'oeuvre est possible : Situation A'**

Dans toutes les situations étudiées, A1, A2, A3, entre janvier et juin, la consommation en heures de chauffeurs est toujours inférieure à la ressource correspondant à un seul chauffeur.

Le système peut donc fonctionner avec une main-d'oeuvre composée d'un chauffeur qualifié permanent et d'un chauffeur non qualifié temporaire embauché entre juillet et décembre (6 mois).

La variante A' caractérise la situation A définie avec une telle main-d'oeuvre. Les situations A'1, A'2 et A'3 en découlent.

Le revenu total en A'1, A'2 et A'3 augmente respectivement de 39,66 et 79 K.F par rapport à A 1.

### **3-2 Renouvellement du matériel - Situation B**

Si l'agriculteur veut agrandir son exploitation, il devra desserrer les contraintes en main-d'oeuvre au mois d'Août (chef d'exploitation et chauffeurs salariés). Le recours à de la main-d'oeuvre supplémentaire ne sera pas suffisant : dans cette hypothèse, ce sont les tracteurs qui feraient défaut : dans la situation A2, la consommation en traction atteint 577 heures au mois d'Août pour un seuil de 612 heures et dans la situation A3, cette consommation atteint 604 heures pour un seuil identique.

Tableau 6  
Caractéristiques des situations

	A			A'			B		C	
<b>Equipement devant être renouvelé :</b> Travail du sol M. batteuse, outil de déchaumage Moisson assurée en partie par un tiers	labour ancien oui			labour ancien oui			labour neufs non		DUTZI neufs non	
Tracteurs 155 CV 145 CV 95 CV	0 1 2			0 1 2			0 1 2		1 1 1	
<b>M.O :</b> 1 Chauff. permanent qualifié 1 Chauff. permanent non qualifié 1 Chauff. temporaire non qualifié (1)	oui oui -			oui - oui			oui - oui		oui - oui	
	1	2	3	1	2	3	2	3	2	3
SAU (ha)	235	235	240	235	235	240	235	257	235	277
Assolement	réel	optimum	optimum	réel	optimum	optimum	optimum	optimum	optimum	optimum
Marge brute totale D en K.F	1 753,1	1 780	1 798	1 753,1	1 780	1 798	1 819	1 961	1 822	2 116
Variation de la marge brute totale A(K.F)	-	+27	+45	-	+27	+45	+66	+208	+69	+363
<b>Variation des charges de structure(K.F)</b>										
variation des frais de matériel	-	-	-	-	-	-	+32	+32	+16	+16
variation frais de M.O permanente	-	-	-	-39	-39	-39	-39	-39	-39	-39
variation de charges dues à la terre	-	-	+5	-	-	+5	-	+22	-	+42
Total variation charges de structure B	-	-	+5	-39	-39	-34	-7	+15	-23	+19
Variation du revenu = A-B (K.F)	-	+27	+40	+39	+66	+79	+73	+193	+92	+344
Contraintes de main-d'oeuvre, traction, surface saturées et productivité marginales correspondante		CHE00+006 SAB+006	CHE00+2552 CHAB+001		CHE00+006 SAB+006	CHE00+2252 CHAB+001		CHE10+0557		MB00+10107

**Légende de la liste des contraintes :**

CHE désigne les heures du chef d'exploitation - CHA désigne les heures des chauffeurs salariés - MB désigne les heures de moissonneuse-batteuse

Le chiffre qui suit ces abréviations désigne le mois concerné

Le nombre qui suit la contrainte ainsi désignée est la valeur en f de la productivité marginale de cette contrainte.

(1) de juillet à novembre ou décembre

La nature des interventions du mois d'Août est la suivante : moisson, épandage, rebroyage de pailles, décompactage, déchaumage. La moisson n'est pas une opération qui sature la main-d'oeuvre de l'exploitation : ce qui ne peut être récolté en 10 jours par les moyens propres de l'agriculteur est récolté par un tiers. Ainsi, lorsqu'on passe de la situation A2 à la situation A3, la proportion de blé et de pois récolté par un tiers passe de 42 à 62 %.

Par contre, l'achat d'un matériel de déchaumage plus performant : combiné LEMKEN assurant un déchaumage à raison de 0,4 h/ha, permet de diminuer les besoins en main-d'oeuvre (tableau 7).

L'achat d'une moissonneuse batteuse de plus grande capacité permet de se libérer des travaux faits par un tiers et d'augmenter ainsi la marge brute de l'exploitation.

La situation B est caractérisée par le remplacement de la moissonneuse-batteuse et des outils de déchaumage comme indiqué ci-dessus (tableau 6). Les itinéraires techniques sont modifiés. GEDE fournit alors des nouvelles solutions (tableau 6).

### **Situation B2**

Pour une surface disponible de 235 ha, celle-ci est complètement utilisée avec une productivité marginale de 6 819 F/ha et une augmentation de la marge brute totale de 66 K.F.

### **Situation B3**

Une simulation montre que le système fonctionne pour une surface totale pouvant s'élever à 257 ha, soit un accroissement possible de surface de 22 ha. Dans ces conditions, la marge brute augmente de 208 K.F par rapport à la situation initiale A1. Le revenu brut augmente de 193 K.F par rapport à A1 (tableau 6).

Pour une telle surface (tableau 6), le système est limité car les besoins en travail du chef d'exploitation atteignent la disponibilité correspondante en octobre, soit 160 heures, avec une productivité marginale de 8 557 F/h.

Cette valeur très élevée conduit à rechercher une réduction du travail du sol (voir situation C) au moyen d'équipements appropriés.

**Tableau 7**  
**Déchaumage : Réduction des temps de travaux entre la situation A et les situations B et C**

Culture à Préparer	Situation A		Situations B et C		Gain h/ha	Surface (1) Economie	
	Nombre, nature des passages	Temps unitaires h/ha	Nombre, nature des passages	Temps unitaires h/ha		(ha)	(heures)
Blé de pois, lin luzerne	1 passage de chisel	0,7	1 passage de combiné LENKEN	0,4	0,8	62,5	50
	1 passage de cover-crop total	0,5 1,2					
Betteraves escourgeon pois - lin	1 passage de chisel	0,7	2 passages de combiné LENKEN	0,8	0,4	107	42,8
	1 passage de cover-crop total	0,5 1,2					
Luzerne	1 passage de cover-crop	0,5	1 passage de LENKEN	0,4	0,1	22,5	2,25
<b>TOTAL</b>							<b>95</b>

(1) surfaces suivant assolement de la situation A1

### 3-3 - Evolution nécessaire pour un agrandissement supplémentaire - Situation C

En octobre, le chef d'exploitation conduit la récolteuse de betteraves. Il assure également le semis de céréales dans les chantiers combinés d'implantation (2 charrues et une herse ou un vibro combiné au semoir). C'est ce 2ème type d'opération qui sature la disponibilité en heures de travail. Les chauffeurs sont sollicités au cours de ce mois à raison de 311 H pour 320 heures disponibles.

Un nouvel accroissement de la surface cultivée exige l'adoption d'un mode de travail du sol simplifié qui augmente les débits de chantier.

Ce raisonnement conduit à prendre la décision suivante : suppression du labour, achat et utilisation d'un cultivateur rotatif à axe horizontal à corps décompacteurs et à semoir intégré DUTZI de 3 m.

L'introduction du DUTZI (Situation C) simplifie les itinéraires : le nombre et la durée des opérations de travail du sol sont diminués (tableau 3).

L'achat du DUTZI doit aller de pair avec celui d'un tracteur de 155 CV pour le tirer.

Une puissance de 52 ch/m de largeur de travail permet une vitesse d'avancement de 6Km/h environ, soit un temps moyen unitaire de 0,7h/ha.

En contre-partie, un tracteur de 95 CV est revendu. On aboutit à la situation C (tableau 6).

Remarque : En Octobre, la récolte des betteraves, demande environ 47 heures de travail à 3 personnes avec le matériel actuel ( $1,4 \text{ h/ha} \times 45 \times \frac{3}{4} = 47 \text{ heures}$ ) <sup>(1)</sup>

L'adoption d'une récolteuse plus performante ne deserrerait que faiblement les contraintes de main-d'oeuvre en octobre.

---

(1) Le coefficient  $\frac{3}{4}$  vient de ce que les  $\frac{3}{4}$  de la sole de betteraves sont récoltés en octobre et  $\frac{1}{4}$  est récolté en novembre.

### Situation C2

Pour la surface initiale de 235 ha, il n'y a pas de contrainte de main-d'oeuvre ni de traction saturée. La productivité marginale de la terre utilisée est de 6810 F/ha. La marge brute totale augmente de 69 K.F par rapport à A1.

### Situation C3

Si on simule une augmentation de surface, la surface maximum cultivable, avec les moyens définis ci-dessus, atteint 277 ha, soit 42 ha supplémentaires par rapport à la situation initiale et 20 ha supplémentaires par rapport à la situation B3.

Dans cette nouvelle situation C3, les possibilités de la moissonneuse batteuse deviennent facteur limitant. La productivité marginale de l'heure de moissonneuse batteuse en août s'élève à 10 464 F/h.

La marge brute totale augmente de 363 K.F par rapport à A1. Le revenu progresse de 344 K.F par rapport à A1 (tableau 6).

Si on simule le remplacement de la moissonneuse batteuse actuelle (débit = 0,6 h/ha) par une moissonneuse batteuse plus performante (débit = 0,5 h/ha), on trouve que le système pourrait fonctionner avec une surface maximum de 290 ha et une marge brute totale de 2.221.861 F.

La contrainte limitante devient alors la traction lourde au mois d'août. Cette hypothèse n'est pas retenue car elle suppose une capacité d'investissement, et surtout une capacité d'agrandissement qui dépasse les possibilités réelles de l'agriculteur.

### Conséquences des investissements sur le revenu

A'3, B3, C3 représentent les situations correspondant aux 3 niveaux de mécanisation décrits, avec un assolement optimisé et une SAU maxima. Le tableau 8 ci-après rassemble la valeur des variations de revenu (par rapport à la situation A1) et de SAU correspondantes. Il donne également les accroissements de revenu et de SAU en passant d'une situation à l'autre.

**Tableau 8 : Comparaison des Revenus**

Situations comparées	A <sub>3</sub> A <sub>1</sub>	B <sub>3</sub> A <sub>1</sub>	C <sub>3</sub> A <sub>1</sub>	B <sub>3</sub> A' <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A' <sub>3</sub>
Variation de revenu (en KF)	+ 79	+193	+ 344	+ 114	+ 151	+ 265
Accroissement de SAU (en ha)	0	+ 17	+ 37	+ 17	+ 20	+ 37

Ainsi, l'ensemble des investissements réalisés permet d'augmenter la SAU de 37 ha et d'accroître le revenu de 265 K.F., d'où un accroissement du revenu à l'hectare de :

$$\frac{265 \text{ K.F}}{277 \text{ ha}} = 957 \text{ F/ha}$$

### CONCLUSION

Ainsi, sur cette exploitation, GEDE aura permis de déceler une réduction possible de la main-d'oeuvre permanente.

D'autre part, à chaque situation, les contraintes de main-d'oeuvre, de traction et de surface ont été identifiées ce qui a permis d'orienter le choix des investissements vers le ou les types d'outils qu'il faudrait remplacer pour lever les contraintes limitantes identifiées.

On a simulé alors le remplacement de tel outil par tel autre pour vérifier l'hypothèse précédente. Cette simulation a permis de connaître l'incidence du changement sur la surface maximum cultivable, la marge brute totale et l'assolement optimum correspondant.

L'incidence des investissements est mesurée en définitive par l'augmentation de revenu qu'ils induisent sur la surface maxima cultivable.

Ainsi, dans l'exploitation étudiée, GEDE aura permis d'ajuster les ressources en main-d'oeuvre aux besoins et de vérifier la pertinence du choix des équipements.

# GESTION DE L'EAU DANS LES EXPLOITATIONS IRRIGUEES

## *Choix d'une stratégie d'irrigation et d'un assolement irrigué*

Ph. BEYRIES <sup>(1)</sup>

(1) CEMAGREF BORDEAUX - Division Production et Economie Agricoles  
50, avenue de Verdun - BP 3 33611 GAZINET Cedex

En s'appuyant sur l'exemple de deux exploitations irriguées, nous allons montrer comment un logiciel, tel que GEDE avec ses moyens de calcul (optimisation, simulation), peut permettre à l'agriculteur de mieux réfléchir la gestion d'un bien rare tel que l'eau à l'échelle de son exploitation et lui permettre d'élaborer facilement différents scénarios répondant à ses interrogations.

Dans la présente étude, la notion de gestion de l'eau dans l'exploitation recouvre uniquement l'aspect stratégique du problème ; en est donc exclu l'aspect tactique, soit le pilotage de l'irrigation qui consiste à définir pour chaque arrosage la date et la dose jugées optimales (réf. bibliographique 1).

La gestion de l'eau dans une exploitation, telle qu'elle est abordée dans ce travail, réside dans la réponse à trois questions simples : quelles cultures irriguer ? Sur quelle surface ? Sur la base de quelle quantité d'eau ?

Si les questions sont simples à formuler, les réponses le sont moins tant les facteurs à prendre en compte sont nombreux. Très schématiquement, on peut les regrouper en trois niveaux :

- l'exploitation et son fonctionnement
- le climat et sa variabilité
- les réponses à l'eau des cultures

La gestion de l'eau est très liée aux caractéristiques de l'exploitation et, notamment, celles relatives au facteur eau lui-même :

- ressources en eau disponible
- matériel et équipement d'irrigation (débits, ....)
- caractéristiques pédologiques des différents sols de l'exploitation (RFU, ...)
- parcellaires (surfaces irrigables...).

Mais elle est également liée, plus généralement, au fonctionnement global de l'exploitation. Ainsi, par exemple, le choix de l'assolement irrigué ne peut être fait indépendamment de l'assolement en sec, pour différentes raisons :

- agronomiques (exigence de rotation des cultures d'été et des cultures d'hiver en fonction des sols)
- de main-d'oeuvre (concurrence de main-d'oeuvre à certaines époques de l'année pour différents travaux)
- économiques (marges des cultures d'hiver par rapport aux cultures d'été)

La prise en compte de l'exploitation dans sa globalité, avec ses caractéristiques, ses contraintes, ses potentialités, constitue donc un point de passage obligé. C'est la phase de modélisation de l'exploitation.

Le second niveau est celui constitué par le climat. Dans notre cas, il s'agira uniquement du déficit hydrique estival. Celui-ci constitue un facteur à prendre en compte, tant par sa valeur moyenne sur longue période que par sa variabilité interannuelle <sup>(1)</sup>.

Enfin, le troisième niveau est celui des réponses à l'eau des différentes cultures irriguées. En effet, aujourd'hui, on ne peut plus réfléchir la gestion de l'eau sans s'interroger sur deux points <sup>(2)</sup>:

- l'intérêt d'avoir des conduites d'apport d'eau restrictives sur les cultures ; donc, envisager de ne plus irriguer uniquement à l'ETM <sup>(3)</sup>
- l'intérêt de diversifier les cultures irriguées qui présentent des différences, tant de consommation d'eau (voir graphique 1 pour maïs, tournesol et soja), que de périodes d'irrigation [ex. pois avant le maïs]

(1) Le graphique 1 illustre cette variabilité du déficit hydrique selon les années. Ainsi, pour le maïs, on passe de besoins en eau pour combler ce déficit hydrique de un peu moins de 100 mm (ordonnée) en 1977 (abscisse) à 275 mm en 1986.

(2) Un travail important de recherche et d'expérimentation, associant les instituts techniques, l'INRA et la CACG, est en cours sur ce thème dans le Sud-Ouest (ref. bibliographique n°2).

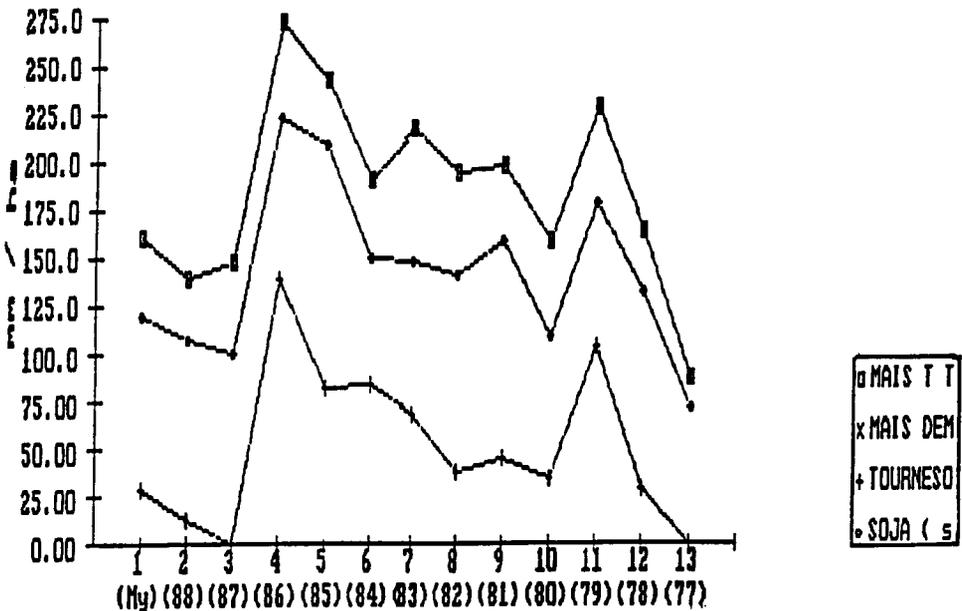
(3) ETM - évapotranspiration maximale (satisfaction totale des besoins en eau des plantes).

Cette brève présentation du cadre dans lequel se pose le problème de la gestion de l'eau montre, à l'évidence, la diversité des facteurs à prendre en compte et la difficulté d'une synthèse sans moyens de calcul.

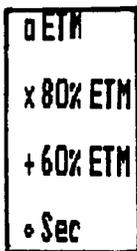
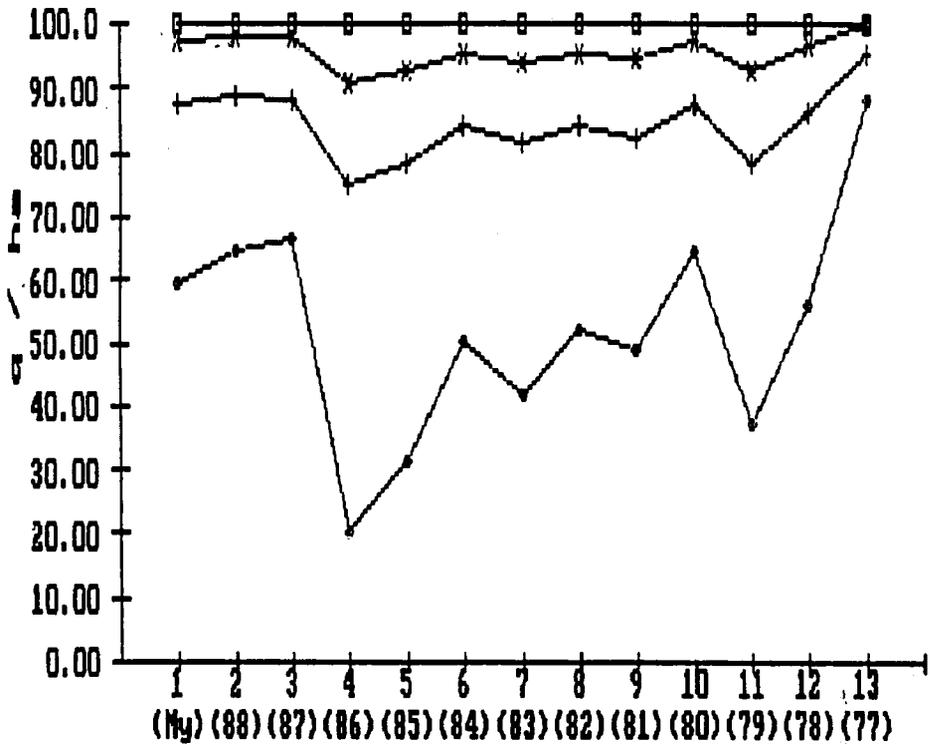
Pour illustrer notre propos nous avons retenu deux exploitations agricoles du Sud-Ouest de la France (Gers). Au travers de ces deux cas, nous retrouvons posés deux grands problèmes de gestion de l'eau rencontrés fréquemment dans cette région et qui sont :

- la stratégie d'irrigation à adopter : irriguer une grande surface avec des apports d'eau restrictifs ou irriguer une surface moindre avec des apports d'eau élevés ;
- le choix de l'assolement irrigué lorsque la ressource en eau disponible est en diminution (exemple : cas de mauvais remplissage d'un collinaire).

**Graphique 1**  
**Besoin en eau d'irrigation des cultures à l'ETM**  
**Cultures d'été sur Boulbenes coteaux drainés**



**Graphique 2**  
**Rendements selon la conduite de culture**  
**Maïs T Tard (sem 25 O4) sur Boulbenes coteaux drainés**



## 1-CHOIX D'UNE STRATEGIE D'IRRIGATION ET RECHERCHE DE LA REPARTITION OPTIMALE DE L'EAU DISPONIBLE ENTRE LES ILOTS D'IRRIGATION - CAS A

Ce cas correspond à une exploitation en irrigation depuis 10 ans, dans laquelle l'agriculteur, après quelques années sèches (85 - 86 - 89), s'interroge sur la validité de sa stratégie actuelle d'irrigation.

Son interrogation essentielle quant à sa gestion de l'eau se rapporte à sa stratégie restrictive d'apport d'eau menée jusqu'à présent : est-elle bonne ? n'irrigue-t-il pas une surface trop importante par rapport à sa ressource en eau disponible <sup>(1)</sup>.

Parallèlement, c'est aussi une interrogation quant à la répartition optimale de l'eau entre ses deux îlots d'irrigation : est-elle la meilleure ? doit-il répartir différemment l'eau sur ses deux îlots ?

Le tableau 1 présente rapidement quelques caractéristiques générales de cette exploitation.

La présentation retenue pour ce travail est calquée sur la démarche de mise en oeuvre du logiciel.

- Un premier temps (paragraphe A - les données de base) correspond à l'analyse du problème et au choix des données de base nécessaires. C'est la phase de modélisation de l'exploitation. Nous précisons, dans chaque cas, comment ont été pris en compte les facteurs relevant des trois niveaux dégagés précédemment (exploitation, climat, réponses à l'eau) ;

- Un deuxième temps (paragraphe B - les résultats), correspond à la phase d'optimisation et de simulation avec le logiciel. Nous y présentons les résultats obtenus en réponse aux questions et interrogations de l'agriculteur sur sa gestion de l'eau.

---

(1) Ce problème se pose surtout lorsque le matériel d'irrigation est déplaçable (enrouleur).

**Tableau 1**  
**EXPLOITATION A**

-	SAU = 90 ha				
-	Main-d'oeuvre : 2 UMO				
-	Irrigation collective : débit 18 l/s				
-	Matériel d'irrigation : 3 enrôleurs - 3 ha couverture totale				
-	Surface irrigable : totalité de l'exploitation				
-	Parcelleire : 2 flots				
		1 flot de Terrefort	:	55 ha	
		1 flot de Boulbène	:	35 ha	
-	Assolement (89) :				
		flot Terrefort		flot Boulbène	
	Soja irrigué	/		13,5 ha	
	Mais irrigué	30 ha		17,3 ha	
	Pois d'hiver	5 ha		/	
	Tournesol semence	8,5 ha		/	
	Blé	11,5 ha		4,2 ha	
-	Stratégie actuelle d'irrigation : limiter les quantités d'eau apportées aux différentes cultures et arroser une surface importante. Selon les années, cette stratégie se traduit par les apports suivants :				
	Mais : 3 à 4 apports maximum de 35 à 40 mm				
	Soja : 1 à 2 tours d'eau (selon l'année et les besoins du maïs)				
	Tournesol semence : 1 apport (pour des raisons de qualité du produit)				
	Au cours des 4 dernières campagnes, les apports suivants ont été faits :				
		86	87	88	89 (*)
Mais	1200 à 1600 m <sup>3</sup>	800 m <sup>3</sup>	800 m <sup>3</sup>	1200 m <sup>3</sup>	
Soja	800 m <sup>3</sup>	400 m <sup>3</sup>	400 à 800 m <sup>3</sup>	400 m <sup>3</sup>	
Tournesol semence	400 m <sup>3</sup>	400 m <sup>3</sup>	400 à 800 m <sup>3</sup>	400 m <sup>3</sup>	
* En 1989, ces apports tiennent compte de restrictions importantes					

## 1-1 Les données de base

Les données de base nécessaires portent sur deux points : d'une part les contraintes, d'autre part les activités prises en compte.

### Les contraintes

Elles résultent d'une analyse fine du fonctionnement de l'exploitation. Cette phase est primordiale, car d'elle découle la fiabilité des solutions dégagées. L'omission d'un facteur pouvant devenir une contrainte majeure dans le fonctionnement de l'exploitation peut rendre, en effet, irréalisable un assolement préconisé par le logiciel. Bien entendu, il ne s'agit pas d'intégrer d'emblée tous les éléments ou facteurs pouvant agir dans certaines conditions comme une contrainte. Il convient, néanmoins, de prendre les facteurs essentiels et vérifier que les solutions obtenues sont réalisables pratiquement. Notons que l'on peut à tout moment intégrer un nouveau facteur ou une nouvelle contrainte dans le système.

Dans le cas présent, les facteurs suivants ont été retenus comme pouvant devenir des contraintes.

### Les îlots de cultures

Deux îlots ont été définis dans cette exploitation, en fonction de la nature des sols, qui conditionnent d'une part les cultures possibles, les rotations envisageables, mais également les résultats techniques et économiques (rendement, marge). La surface de ces îlots constitue la première contrainte.

### Localisation des cultures

Pour des raisons d'isolement, la culture du tournesol semence ne peut être envisagée que sur le seul îlot terrefort. D'autre part, pour des raisons sanitaires (maladies), et pour des raisons de rotation de cette culture à plus long terme, l'agriculteur ne souhaite pas cultiver sur cet îlot d'autres oléagineux et, en particulier, le soja. De ce fait, le soja ne sera introduit que sur l'îlot boulbène.

Le pois d'hiver, introduit en 89 à titre expérimental, n'est envisagé que sur l'îlot terrefort pour, éventuellement, remplacer le blé sur cet îlot.

### Limitation des surfaces

Toute l'exploitation pouvant être irriguée, la surface irrigable n'a pas été retenue comme une contrainte. Certaines cultures présentent des limitations de surface :

- le tournesol semence qui fait l'objet d'un contrat avec une surface fixe,

- le pois, qui est retenu pour une surface au plus égale à sa surface actuelle. S'agissant d'une culture nouvelle (qui a donné d'excellents résultats 89), l'agriculteur ne souhaite pas en augmenter l'importance dans l'immédiat.

### **Rotation des cultures**

Sur l'îlot boubène, aucune contrainte de rotation n'a été retenue. En effet, la monoculture du maïs, sur ce type de sol, ne pose pas de problèmes majeurs, ni l'extension du soja.

En revanche, sur l'îlot terrefort, le maintien et le respect de la structure du sol nécessite de limiter les surfaces en maïs irrigué, pour éviter les successions de type maïs-maïs et de manière à alterner, d'une année sur l'autre, culture sèche et culture irriguée. La surface actuelle de maïs irrigué a été retenue comme limite à ne pas dépasser.

### **La main d'oeuvre**

A deux périodes de l'année, les disponibilités en main d'oeuvre ont été jugées comme pouvant être insuffisantes dans certaines situations. Il s'agit, en l'occurrence, du printemps, avec les travaux de préparation de sol et de semis, et de l'été avec une concurrence entre la moisson, la conduite de l'irrigation et le travail sur le tournesol semence.

Pour chaque culture, les itinéraires techniques ont été reconstitués et les temps de travaux à la parcelle évalués pour ces deux périodes retenues.

Les disponibilités en main d'oeuvre à chaque période ont été calculées à partir d'évaluation du temps de travail possible de l'agriculteur par jour, et du nombre de jours disponibles à chaque période.

Les références relatives aux jours disponibles proviennent d'une étude INRA (réf. bibliographique 3) ; ils correspondent à une fréquence de fiabilité ajustée 8 années/10 et tiennent compte des différences induites par les types de sol (tableau 2).

### **Ressources en eau**

L'exploitation dispose actuellement d'un débit de 18 l/s. Ce débit est réparti et utilisé de la façon suivante par l'agriculteur :

îlot boubène	7,5 l/s
îlot terrefort	10,5 l/s



Cependant, le débit disponible sur l'îlot boulbène peut être en totalité ou en partie transféré sur l'îlot terrefort (même en cours de campagne). Cette possibilité de transfert de débit d'un îlot sur l'autre fera l'objet d'un des scénarios.

Dans la modélisation de l'exploitation, nous avons préféré travailler non en l/s mais en m<sup>3</sup>. Le passage des l/s aux m<sup>3</sup> s'est fait de la façon suivante : compte tenu des temps de déplacement des matériels (enrouleurs et tuyaux) et de la forme du parcellaire, un temps d'irrigation réel de 18 h/jour a été retenu. 3 hypothèses de durée de la campagne d'irrigation ont été prises :

70 jours : soit une période d'irrigation allant du 20 juin au 10 septembre

deux autres hypothèses de durée de la campagne d'irrigation pour 60 jours et 52 jours afin de prendre en compte diverses restrictions (cas en 89) ou pannes [52 jours correspondent à une durée proche de celle observée en 89].

Sur ces bases, les volumes d'eau disponibles sont les suivants :

#### Durée campagne d'irrigation

	70 jours	60 jours	52 jours
Boulbène	34000 m <sup>3</sup>	29200 m <sup>3</sup>	25300 m <sup>3</sup>
Terrefort	47600 m <sup>3</sup>	40800 m <sup>3</sup>	35400 m <sup>3</sup>
Eau totale	81600 m <sup>3</sup>	70000 m <sup>3</sup>	60700 m <sup>3</sup>

La liste des contraintes, définies avec l'indication des valeurs "seuil" retenues, figure au tableau 3.

### 1-2 Les activités prises en compte

#### 1-2-1 Les rendements

Pour les cultures en sec pratiquées par l'exploitant, les hypothèses de rendement reposent sur l'analyse des rendements obtenus au cours des dernières années.

Pour les cultures irriguées (maïs et soja), pour lesquelles le facteur climatique prend une importance primordiale dans notre cas, les hypothèses de rendement ont été formulées à partir d'une estimation d'un rendement potentiel (réalisable par l'exploitant) lorsque le facteur eau n'est pas limitant, et à partir d'un calcul sur la base des fonctions de

**Tableau 3**  
**Les contraintes prises en compte**

GEDE	CARACTERISTIQUES DU SYSTEME DE PRODUCTION OPTIMAL			CENAGREF
	(SUITE)			
..... • 3/ LES CONTRAINTES • .....				
A LIMITE SUPERIEURE				
DESIGNATION	UNITE	SEUIL	CONSOUMATION	PRODUCTIVITE MARGINALE
W 1-15/8	HEURES	280.00	45.06	
EAU BOUL	M3	34000.00	34000.00	+1
W15-31/8	HEURES	280.00	67.00	
EAU TERF	M3	47600.00	47600.00	+2
SAU MAIS	HECTARES	30.00	19.22	
EAU TOTA	M3	81600.00	81600.00	
W15-31/7	HEURES	280.00	56.96	
WT1-30/4	HEURES	242.00	242.00	+74
W1-30/3	HEURES	200.00	44.69	
WB1-30/4	HEURES	160.00	92.67	
1/4-30/5	HEURES	440.00	440.00	+146
W1-30/5	HEURES	220.00	198.00	
W 1-15/7	HEURES	280.00	89.21	
MAIS230T	HECTARE	55.00	19.22	
MAIS SET	HECTARE	55.00	16.97	
POIS TER	HECTARE	5.00	5.00	+1571
BLE TERF	HECTARE	55.00	5.31	
BLE BOUL	HECTARE	35.00	9.31	
MAIS240B	HECTARE	35.00		
MAIS SEB	HECTARE	35.00		
SOJA200B	HECTARE	35.00	17.00	
SOJA SEB	HECTARE	35.00	8.69	
ILOT n° 1	HECTARE	55.00	55.00	+3772
ILOT n° 2	HECTARE	35.00	35.00	+3772
A LIMITE INFERIEURE				
DESIGNATION	UNITE	SEUIL	CONSOUMATION	PRODUCTIVITE MARGINALE
SAU HIV	HECTARES	10.00	19.63	
D'EGALITE				
DESIGNATION	UNITE	SEUIL	CONSOUMATION	PRODUCTIVITE MARGINALE
TOUR SEN	HECTARE	8.50	8.50	+7960
NOTA : La productivité marginale est le gain (ou la perte) de marge totale lorsque le seuil de la contrainte correspondante est augmenté d'une unité				

production (1) relatives à la réponse à l'eau des différentes cultures lorsque ce facteur eau devient limitant. Les estimations de rendement obtenues à l'aide de ces facteurs de production proviennent du logiciel LORA (INRA-ITCF). Le graphique 2 (issu de ce logiciel) montre ainsi les rendements que l'on obtient pour un maïs et pour différentes années lorsque le facteur eau devient limitant : 80 %, 60 % de l'ETM et pour un rendement potentiel de 110 q <sup>(2)</sup>.

Dans notre cas, nous avons retenu différents scénarios d'apports d'eau sur les cultures irriguées : d'une part, un scénario correspondant à des apports d'eau permettant de couvrir l'ETM des années les plus sèches ; d'autre part, des scénarios correspondant à des apports d'eau inférieurs à cette valeur.

Les quantités d'eau apportées retenues sont les suivantes et correspondent à une formulation en terme de tours d'eau : ainsi, pour le maïs ont été envisagés :

- 6 apports, soit 2300 m<sup>3</sup> (apports de 35 à 40 mm)
- 5 apports, soit 1900 m<sup>3</sup>
- 4 apports, soit 1400 m<sup>3</sup>

En brouhène, les quantités apportées ont été légèrement augmentées pour tenir compte d'une RU plus faible (+ 100 m<sup>3</sup>).

Pour chacun de ces scénarios d'apport d'eau et pour chacune des cultures irriguées, nous avons calculé, à partir du logiciel LORA, les rendements moyens qui auraient été obtenus au cours des 13 dernières années si une telle politique avait été appliquée. Les rendements obtenus, en moyenne et pour l'année la plus sèche, figurent au tableau 4. Figurent également dans ce tableau les apports d'eau moyens résultants (sur les 13 années).

---

(1) Si des références de rendement sont établies localement (expérimentations, réseaux de parcelles), elles sont à utiliser en priorité.

(2) Ces estimations prennent en compte la climatologie du poste météorologique le plus proche de l'exploitation et des caractéristiques hydriques des sols de l'exploitation.

Tableau 4  
Données Technico économiques

	TERREFORT				TERREFORT		
	MAIS	MAIS	MAIS	MAIS	BLE	POIS	TOURNESOL
	2300 M3	1900 M3	1400 M3	SEC	D'HIVER	SEMENCE	
RENDEMENT MOYEN (qx)	110	108	101	67	60	45	10
ANNEE SECHE (qx)	105	96	80	33	60	45	10
EAU APPORTEE (M3)	1750	1800	1350				400
PRODUIT BRUT (FRS)	10967	10794	10127	6700	6300	7875	20000
CHARGES OPERATIONNELLES(FRS)	2720	2700	2660	2000	2220	2400	6040
DONT IRRIGATION (FRS)	260	240	200				60
MARGE BRUTE (FRS)	8247	8094	7467	4700	4080	5475	13960

	BOULBENE				BOULBENE					
	MAIS	MAIS	MAIS	MAIS	BLE	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA	SOJA
	2400 M3	2000 M3	1560 M3	SEC		2000 M3	1600 M3	1200 M3	800 M3	SEC
RENDEMENT MOYEN (qx)	100	98	94	57	60	35	34	32	30	24
ANNEE SECHE (qx)	95	87	74	20	60	33	30	28	23	16
EAU APPORTEE (M3)	1800	1700	1500			1400	300	1100	800	
PRODUIT BRUT (FRS)	9962	9804	9350	5700	6300	10275	10113	9570	8971	7080
CHARGES OPERATIONNELLES(FRS)	2524	2509	2484	2000	2220	2385	2370	2340	2295	2160
DONT IRRIGATION (FRS)	270	255	225			210	195	165	120	
MARGE BRUTE (FRS)	7438	7295	6866	3700	4080	7890	7743	7230	6676	4920

### 1-2-2 Les marges

Les prix de vente retenus pour les différentes cultures (supposés constants dans notre travail) sont :

Culture	Blé	Maïs	Soja	Pois
Prix (F/q)	105	100	295	175

Le calcul des charges opérationnelles a été effectué avec l'agriculteur. Pour les cultures irriguées, les charges opérationnelles hors irrigation ont été supposées constantes quels que soient les apports d'eau effectués. Le coût d'irrigation a été calculé sur la base du volume moyen apporté et d'un coût de 0,15 F/m<sup>3</sup>. Les valeurs correspondantes figurent au tableau 4.

### 1-3 Les résultats

Sur la base de la modélisation précédente de l'exploitation et des hypothèses retenues, nous avons effectué différentes optimisations et simulations pour répondre aux interrogations de l'agriculteur, qui se situaient à deux niveaux :

- choix d'une stratégie d'irrigation
- recherche de la répartition optimale de l'eau entre les îlots

#### 1-3-1 Choix d'une stratégie d'irrigation

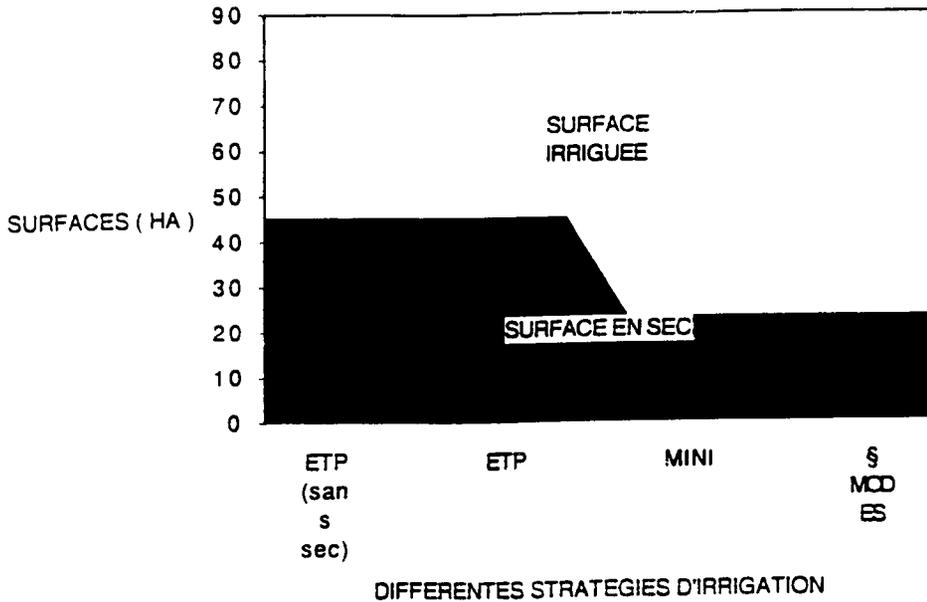
Pour répondre à cette question, nous avons recherché et comparé les solutions optimales de quatre stratégies d'irrigation réalisables sur cette exploitation. Ces quatre stratégies sont les suivantes :

Dénomination :

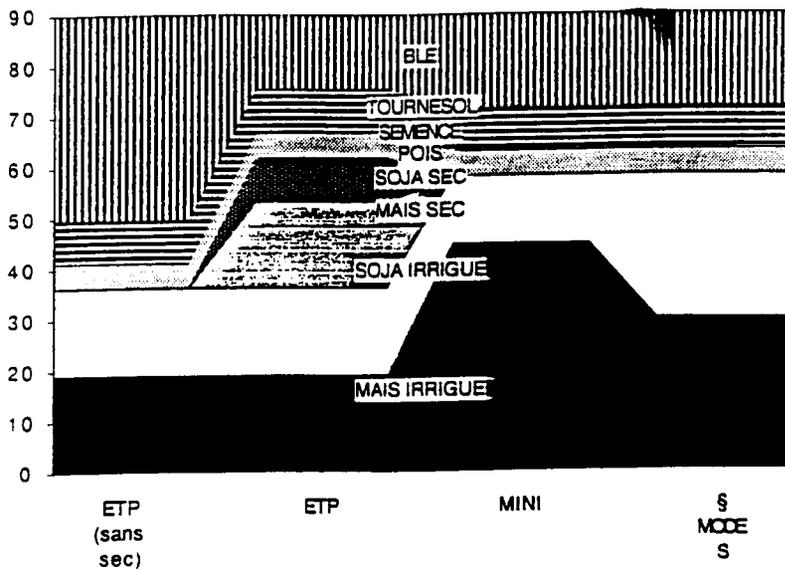
- ETP = irrigation des cultures uniquement à l'ETM ;
- ETP(sans sec) = variante de la stratégie précédente, en n'autorisant aucune culture d'été en sec dans l'assolement ;
- ("MINI" = irrigation des cultures avec des apports d'eau les plus restrictifs (proche de la stratégie actuelle de l'exploitant) ;
- "Différents modes"  
(# modes) = sans a priori quant aux quantités d'eau à apporter aux cultures.

Les optimisations réalisées par le logiciel, pour chacune de ces stratégies, donnent les assolements et marge brute globale suivants. Les résultats figurent sur le tableau 5 et les graphiques 3 à 6.

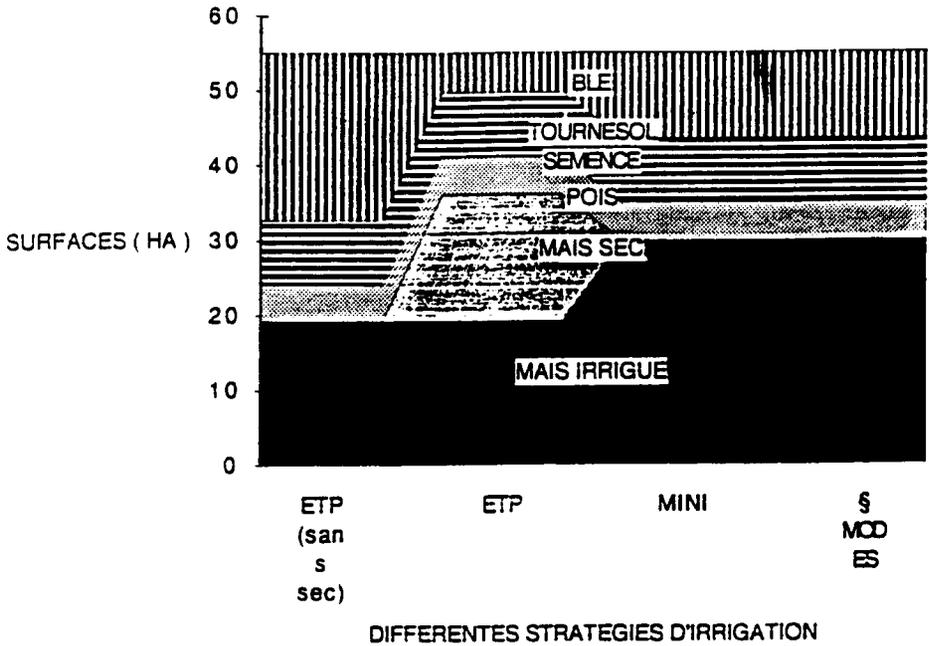
**Graphique 3**  
**Surfaces irriguées selon les stratégies**



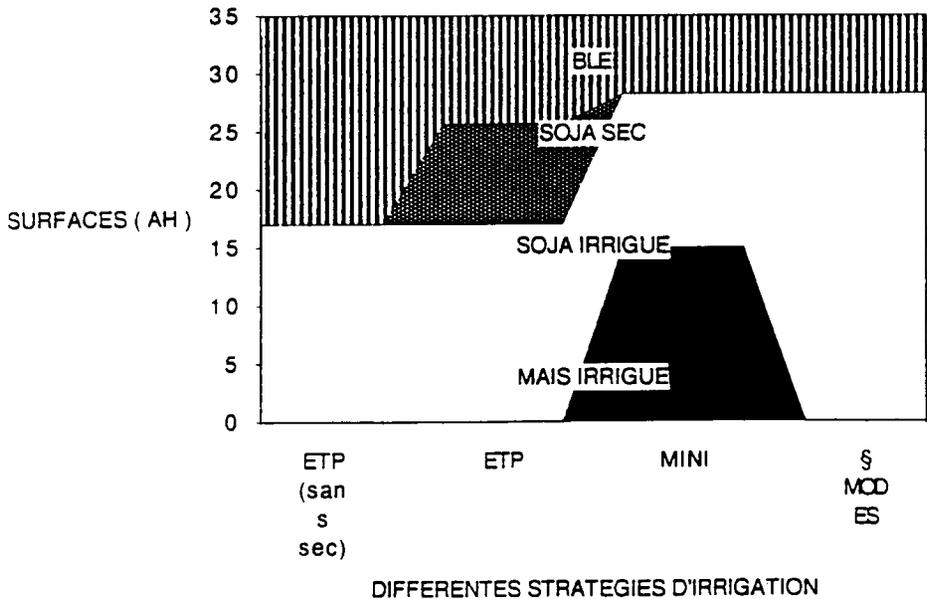
**Graphique 4**  
**Assolements de l'exploitation selon les stratégies**



**Graphique 5**  
**Assolements îlot TERREFORT**



**Graphique 6**  
**Assolements îlot BOULBENE**



**Tableau 5**  
**les assolements issus de l'optimisation pour les 4 stratégies**

	IRRIGATION ETP	IRRIGATION ETP(sans sec)	IRRIGATION MINI	IRRIGATION #MODES	ASSOLEMENT AGRICULTEUR
<b>ILOT TERREFORT</b>					
MAIS 2300 M3	19 ha	19 ha	-	-	-
MAIS 1900 M3	-	-	-	4 ha	-
MAIS 1400 M3	-	-	30 ha	26 ha	30 ha
MAIS SEC	17 ha	-	-	-	-
POIS	5 ha	5 ha	5 ha	5 ha	5 ha
TOURNESOL SEMENCE	9 ha	9 ha	9 ha	9 ha	9 ha
BLE	5 ha	22 ha	12 ha	12 ha	12 ha
<b>ILOT BOULBENE</b>					
SOJA 2000 M3	17 ha	17 ha	-	-	-
SOJA 1600 M3	-	-	-	-	-
SOJA 1200 M3	-	-	-	28 ha	-
SOJA 800 M3	-	-	13 ha	-	14 ha
SOJA SEC	9 ha	-	-	-	-
MAIS 1560 M3	-	-	15 ha	-	17 ha
BLE	9 ha	18 ha	7 ha	7 ha	4 ha
<b>SURFACE IRRIGUEE TOTALE</b>	45 ha	45 ha	67 ha	67 ha	69 ha
<b>EAU CONSOMMEE</b>	TOTALITE	Quasi TOTALITE	TOTALITE	TOTALITE	
<b>MARGE BRUTE GLOBALE</b>	618 000 F	600 500 F	636 000 F	652 000 F	643 500 F

En terme de marge brute globale dégagée, on note que c'est la stratégie "différents modes" qui dégage la meilleure marge : 652.000 F. Cette stratégie présente un écart de l'ordre de 16.000 F avec la stratégie "mini" ; en revanche, l'écart avec les stratégies ETP sont importants, 34 à 52.000 F.

Les différences d'assolement entre les stratégies portent sur :

**La surface totale irriguée**

Elle varie de 22 hectares selon les stratégies ; elle est importante pour les stratégies "mini" et "différents modes", environ 67 ha, et moindre pour les stratégies ETP = 45 ha (voir graphique 3).

**Les cultures retenues**

Le graphique 4 représente, pour les différentes stratégies, l'assolement de l'exploitation prise dans son entier, les graphiques 5 et 6 pour chacun des îlots.

## Ilot terrefort

On remarque d'abord que, pour les différents scénarios, les surfaces en pois et tournesol semence sont identiques et égales au maximum des limites fixées, soit 5 ha et 8,5 ha ; leur marge brute élevée (surtout le tournesol semence) constitue l'élément essentiel de cette présence constante dans les quatre scénarios.

Les scénarios se différencient quant à la surface irriguée totale, 28 ha pour les scénarios ETP et 39 ha pour les scénarios "mini" et "différents modes".

On notera que les scénarios ETP se différencient par la présence ou l'absence de maïs sec, celui-ci étant alors remplacé par du blé.

Les scénarios "mini" et "différents modes" sont très voisins ; seules les quantités d'eau apportées sur une partie de la sole en maïs diffèrent.

Pour le scénario "différents modes", l'irrigation du maïs est conduite sous une forme restrictive avec des apports de 1400 m<sup>3</sup>/ha.

Pour cet îlot, globalement les différents scénarios se différencient essentiellement par l'importance de la surface en maïs irrigué, la diminution de celle-ci se faisant au profit soit du blé soit du maïs sec.

## Ilot boubène

Sur cet îlot, les scénarios se différencient également par l'importance de la surface irriguée (17 et 28 ha).

Le soja irrigué, présent dans les quatre scénarios, constitue la seule culture irriguée pour trois de ceux-ci. Seul dans le scénario "mini", le maïs est retenu sur une surface de 15 ha.

Les scénarios ETP se différencient par la présence ou l'absence de soja sec, celui-ci étant, dans ce dernier cas, remplacé par du blé.

Enfin, dans le scénario "différents modes", l'irrigation du soja est principalement conduite sous une forme restrictive, 1200 m<sup>3</sup>/ha.

### Les contraintes mises en jeu pour l'élaboration des solutions

Compte tenu du mode de fonctionnement du logiciel (programmation linéaire), les assolements optimums correspondant aux quatre stratégies résultent de l'existence de contraintes saturées.

Le tableau 6 indique, pour chacun des scénarios, les contraintes saturées.

**Tableau 6**  
**Productivité marginale des contraintes saturées**

	IRRIGATION ETP	IRRIGATION ETP(sans sec)	IRRIGATION MINI	IRRIGATION #MODES
POIS LIMITE A 5 HA	1 571 F	1 000 F	3 535 F	2 196 F
TRAVAIL DU 1 AU 30 AVRIL	74 F		1 425 F	1 001 F
TRAVAIL DU 1 AVRIL AU 30 MAI	146 F			
EAU DISPONIBLE BOULBENE	1 F	2 F	0 F	1 F
EAU DISPONIBLE TERREFORT	2 F	2 F		1 F
SURFACE MAIS IRRIGUE TERREFORT			2 390 F	749 F
SURFACE ILOT TERREFORT	3 772 F	4 080 F	2 085 F	2 679 F
SURFACE ILOT BOULBENE	3 772 F	4 080 F	2 085 F	2 679 F

### Par rapport au facteur eau

L'eau disponible des différents îlots est, dans presque tous les cas, utilisée en totalité [sauf en irrigation "mini" sur l'îlot terrefort (utilisée à 95 % seulement)]. Dans les autres cas, on constate donc que ce facteur est une contrainte, dont la productivité marginale varie d'un scénario à l'autre : de 0 F à 2 F (signifiant que si l'on disposait d'un m<sup>3</sup> supplémentaire, celui-ci procurerait une augmentation de marge brute de 0 à + 2 F selon les scénarios). On notera que c'est dans le cas où l'on irrigue à l'ETP que cette productivité marginale est la plus élevée.

### Le travail

On notera que dans 3 scénarios, le travail au moment des semis des cultures d'été (travail du 1 au 30/4 et du 1/4 au 30/5) constitue une contrainte.

### La rotation

La limitation de la surface irriguée en terrefort, pour des raisons de rotation, constitue une contrainte dans les scénarios basés sur des stratégies d'apport d'eau limité (qui conduisent à augmenter de ce fait la surface irriguée).

### Les surfaces

Le facteur terre, au travers de la surface possible à cultiver, est limitant dans tous les cas. La surface maximum en pois retenue agit comme une contrainte. L'augmentation d'1 ha de cette surface entraînerait une augmentation de marge brute de 1395 F à 3535 F selon les scénarios.

### Comparaison avec l'assolement de l'agriculteur

L'assolement de l'agriculteur est très proche de celui correspondant à la stratégie "mini" :

- en terrefort, on trouve le même assolement
- en boubène, les différences entre les deux assolements portent sur des écarts de

surface faibles : 2 ha au maximum, correspondant à une surface en maïs irrigué plus grande dans l'assolement agriculteur.

Les apports d'eau sur les cultures définissant la stratégie "mini" correspondent à peu près aux apports réalisés par l'agriculteur (qui, rappelons-le, sont 2 apports sur soja, soit environ 800 m<sup>3</sup> et 3 à 4 sur maïs, soit environ 1400 m<sup>3</sup>).

Il ressort de la comparaison de ces quatre stratégies, que celles visant à limiter les apports d'eau sur les cultures (stratégie "mini" et "différents modes") donnent en moyenne des résultats meilleurs que les stratégies basées sur une conduite proche de l'ETM. Ces résultats confortent donc la politique actuelle de l'irrigant, puisque celle-ci est proche des solutions donnant les meilleurs résultats.

Notons, cependant, au vu des résultats obtenus, qu'une substitution du soja irrigué au maïs irrigué semble intéressante en terme de marge brute globale dans cette exploitation.

Il nous a paru intéressant de situer ces stratégies par rapport à des scénarios climatiques : l'année sèche et l'année humide. Nous avons ainsi calculé les marges brutes totales obtenues dans chaque scénario, en prenant comme données de base les rendements obtenus par les différentes cultures, de l'année sèche et de l'année irriguée (telles qu'elles figurent au tableau 4) <sup>(1)</sup>. Nous n'avons modifié que les rendements des cultures d'été. Les résultats figurent au graphique 7.

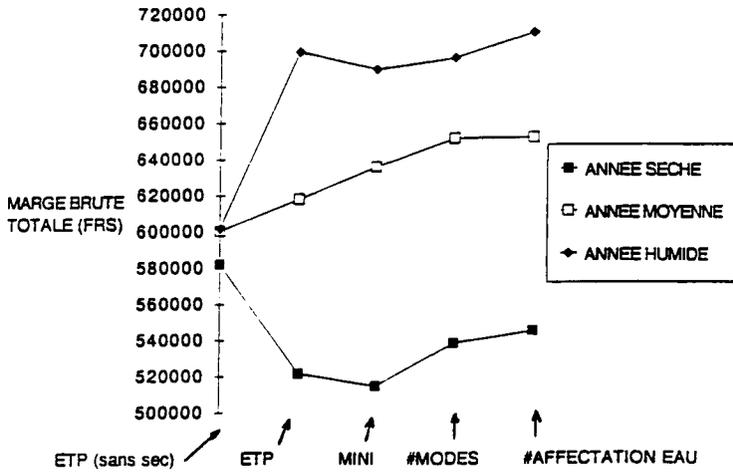
Ce graphique montre qu'hormis le scénario ETP sans sec, il existe des écarts importants de marge brute globale en année sèche et humide par rapport à l'année moyenne.

La stratégie limitant au maximum les variations de marge brute totale dues aux aléas climatiques estivaux est la stratégie d'irrigation à l'ETP sans cultures d'été en sec.

---

(1) En année humide, ils sont égaux au rendement plafond.

**Graphique 7**  
**Les marges brutes moyennes selon le "type d'année" pour 5 scénarios d'irrigation**



**Tableau 7**  
**Modification d'assolement résultant d'une affectation différente de l'eau entre les îlots**

	ASSOLEMENT OPTIMISE #MODES	MODIFICATION DE L'ASSOLEMENT OPTIMISE # MODES ( # affectations de l'eau disponible)
<b>ILOT TERREFORT</b>		
mais 1900 m3	4 ha	+26 ha
mais 1400 m3	26 ha	-26 ha
mais sec	-	+4,2 ha
blé	12 ha	-4,2 ha
<b>EAU UTILISEE</b>	<b>47600 m3</b>	<b>+12800 m3</b>
<b>ILOT BOULBENE</b>		
soja 1600 m3	0,3 ha	-0,3 ha
soja 1200 m3	28 ha	-28 ha
soja 800 m3	-	+30 ha
blé	7 ha	-1,7 ha
<b>EAU UTILISEE</b>	<b>34000 m3</b>	<b>-12800 m3</b>

Pour les trois autres stratégies, celle ayant la diminution la moins importante de cette marge brute en année sèche est la stratégie d'irrigation "différents modes" - écart de 1700 F avec la stratégie ETP et 2400 F avec la stratégie "mini".

Ce graphique montre ainsi que différentes possibilités s'offrent à l'agriculteur et que c'est à lui, en dernier ressort, qu'incombe le choix entre, notamment, disposer d'un revenu moindre mais peu variable, ou un revenu plus élevé mais variable.

### 1-3-2 Répartition optimale de l'eau entre les deux îlots

L'agriculteur ayant la possibilité de transférer une partie de l'eau disponible de l'îlot boubène sur l'îlot terrefort, nous avons cherché à connaître la répartition optimale de l'eau entre ces deux îlots et l'assolement optimum qu'il en résulterait.

Nous avons donc opéré en éliminant la contrainte eau terrefort (en conservant la contrainte eau totale et eau boubène). Nous ne donnerons que les modifications entraînées par cette modification sur la stratégie "différents modes". (Tableau 7)

On constate ainsi, qu'une partie de l'eau est effectivement transférée sur l'îlot terrefort (12.800 m<sup>3</sup>). La surface de maïs irriguée sur l'îlot terrefort n'est pas modifiée. Cependant la conduite en est modifiée, passage de 1400 à 1900 m<sup>3</sup>/ha. Le maïs sec sur 4 ha fait son apparition.

Sur l'îlot boubène, les surfaces des cultures sont peu modifiées (diminution de 2 ha du soja) ; la conduite irriguée du soja est, en revanche, modifiée ; elle passe d'un apport de 1200 m<sup>3</sup> à 800 m<sup>3</sup>/ha.

La marge brute globale ainsi obtenue est très légèrement supérieure à la précédente. A noter qu'en année sèche et humide, cette nouvelle répartition de l'eau donne également des résultats meilleurs (voir graphique 7 : sigle# affectation eau).

## **CONCLUSION pour l'exploitation A**

Les optimisations et simulations faites confortent les choix actuels de l'agriculteur en matière de stratégie d'irrigation et d'assolement mis en place. Elles lui montrent que son choix d'avoir une conduite restrictive dans les apports d'eau d'irrigation est en "moyenne" valable, même si en année sèche une baisse importante de marge brute totale est enregistrée.

Elles lui montrent qu'il existe une marge de manoeuvre lui permettant d'augmenter ses résultats et, qu'en particulier, le soja avec des conduites d'eau restrictives mériterait une place plus importante dans l'assolement.

Elles lui indiquent qu'une répartition différente de l'eau entre les îlots est possible et qu'elle entraîne une moindre sensibilité du système aux années sèches.

## **2 -CHOIX DE L'ASSOLEMENT IRRIGUE EN FONCTION DE DIFFERENTES DISPONIBILITES EN EAU (cas de mauvais remplissage d'un lac collinaire) - CAS B**

Ce cas correspond à une exploitation dans laquelle l'agriculteur, venant de réaliser un investissement d'irrigation complémentaire, comprenant une augmentation de ses ressources en eau et de son matériel d'irrigation, s'interroge sur l'assolement irrigué à mettre en place compte tenu de ces nouvelles ressources en eau, mais surtout s'interroge sur l'assolement à retenir en cas de mauvais remplissage de son lac collinaire (situation rencontrée en 1989).

Le tableau 8 présente rapidement quelques caractéristiques générales de cette exploitation. Nous reprendrons une démarche et une présentation analogues à celles du cas précédent.

### **2-1 Les données de base**

#### **2-1-1 Les contraintes**

##### **Les îlots de culture**

Dans cette exploitation 2 îlots de culture ont été définis ; ils se distinguent par la possibilité ou non d'irriguer ; l'îlot irrigable est nommé "îlot exploitation", le non irrigable "îlot éloigné".

La relative homogénéité des sols sur l'exploitation (Terreforts) n'a pas nécessité d'autre subdivision du parcellaire de l'exploitation.

##### **Limites de surface**

La surface totale en blé dur a été limitée à 40 hectares pour des raisons de stockage.

La culture d'ail avec soja dérobé a été limitée à 3 hectares pour des raisons de main d'oeuvre au moment de la récolte, mais aussi pour des problèmes de risque tant au niveau des prix que des conditions climatiques.

##### **Rotation des cultures**

Sur l'îlot exploitation, la nature du sol (Terrefort argilo-calcaire) nécessite pour assurer le maintien et le respect de la structure d'éviter d'irriguer deux années de suite la même parcelle ; une culture en sec doit donc être intercalée entre deux cultures irriguées ; pour cette raison la surface maximale pouvant être irriguée chaque année a été fixée comme devant être inférieure à la moitié de la surface de cet îlot.

## Tableau 8: Exploitation B

- SAU = 110 ha				
- Main-d'oeuvre : 2 UMO				
- Irrigation :				
collectif	:	35 ha à 1800 m <sup>3</sup>		
individuel	:	collinaire 9000 m <sup>3</sup>		
débit disponible instantané	:	23,6 l/s		
matériel	:	5 ha de couverture intégrale,		
		2 enrroueurs (1 90 mm)		
- Parcellaire : 2 îlots				
	îlot exploitation	:	85 ha	
	îlot éloigné	:	25 ha	
- Surface irrigable : totalité de l'exploitation				
- Assoiement (89) :				
	îlot exploitation		îlot éloigné	
blé tendre	18,5 ha			
blé dur	22 ha		18 ha	
tournesol sec	1,5 ha		7 ha	
Maïs irrigué	19 ha			
Soja irrigué	21 ha			
Ail + soja irrigué	3 ha			
- Stratégie actuelle d'irrigation : assurer la meilleure satisfaction des besoins en eau des cultures irriguées - préfère apporter davantage d'eau à l'hectare que d'augmenter la surface irriguée. Le tournesol irrigué a été abandonné en 89 faute de résultats valables. Le soja est pour l'instant conduit avec un apport d'eau de moins que le maïs.				
Au cours des 4 dernières campagnes, les apports suivants ont été faits :				
	86	87	88	89 (*)
Maïs	1600 m <sup>3</sup>	1050 m <sup>3</sup>	1050 m <sup>3</sup>	1400 m <sup>3</sup>
Tournesol	700 m <sup>3</sup>	non irrigué	en sec	en sec
Soja			700 m <sup>3</sup>	1050 à 1400 m <sup>3</sup>
* En 1989, le lac était insuffisamment rempli.				

Par ailleurs, la surface en cultures d'hiver a été retenue proche de la moitié de la surface de cet îlot, l'agriculteur ne souhaitant pas avoir des surfaces importantes en cultures d'été conduites en sec .

Sur l'îlot éloigné, seules trois cultures sont envisagées : blé dur, blé tendre, tournesol ; pour le tournesol une rotation minimale de trois an est retenue (problèmes phytosanitaires) ; enfin, l'agriculteur ne souhaitant pas uniquement des successions blé/blé, une surface maxi de 18 hectares pour le blé a été prise en compte.

### La main d'oeuvre

Seule une période de l'année a été retenue comme pouvant être considérée comme contraignante sur le plan du travail ; il s'agit des mois de mars, avril et mai, mois de préparation des sols et des semis des cultures d'été ; une évaluation des temps de travaux et des disponibilités en main d'oeuvre à cette période a été menée selon une approche identique à celle présentée dans l'exemple précédent.

## Ressources en eau

L'exploitation dispose actuellement d'un contrat basé sur un volume maximum à l'hectare : soit 35 ha à 1800 m<sup>3</sup> et d'un petit collinaire individuel de 9000 m<sup>3</sup> ; elle dispose donc d'un volume global de 72000 m<sup>3</sup>.

Les débits instantanés disponibles sont de 23,6 l/s ;

## Le matériel

Avec ses enrouleurs, l'agriculteur peut irriguer tout type de cultures ; par contre avec sa couverture totale (5 ha au total), il n'envisage que l'irrigation du maïs (le travail lié au changement de positions étant plus pénible sur soja et tournesol).

De ce fait, au moins 5 ha de maïs seront imposés dans les assolements.

La liste des contraintes définies avec l'indication des valeurs "seuil" retenues figurent au tableau 9.

## 2-2 Les activités prises en compte

Seules les cultures actuellement pratiquées sont introduites dans une première approche ; notons que des cultures d'hiver envisageables telles que le pois, l'orge ou le colza rentrent en concurrence pour la récolte avec celle de l'ail et la préparation du soja dérobé.

## Les rendements

Une approche identique à celle utilisée dans l'exemple précédent est employée ; les valeurs correspondantes figurent au tableau 10.

## Les prix et marges

Les prix de vente retenus sont les suivants :

Tournesol	maïs	blé tendre	blé dur	soja
260 F	100 F	105 F	160 F	295 F

Les marges des différentes activités figurent au tableau 10

**Tableau 9**  
**Liste des contraintes retenues**

GEDE	CARACTERISTIQUES DU SYSTEME DE PRODUCTION OPTIMAL			CEMAGREF
	(SUIVE)			
..... 3/ LES CONTRAINTES .....				
..... A LIMITE SUPERIEURE .....				
DESIGNATION	UNITE	SEUIL	CONSOHMATION	PRODUCTIVITE MARGINALE
SAU BLED	HECTARES	40.00	40.00	+625
W1/30/5	HEURES	220.00	128.00	
SAU BLSA	HECTARES	18.00	16.67	
SUR IIRI	HA	43.00	43.00	+1633
REC AIL	HA	3.00	3.00	+11510
W1/30/4	HEURES	220.00	219.13	
W1/430/5	HEURES	440.00	347.13	
EAU IIRI	M3	72000.00	72000.00	+0
W1/30/3	HEURES	200.00	50.33	
BLE TDR	HECTARE	85.00		
BLE DUR	HECTARE	85.00	40.00	
MAIS SEC	HECTARE	85.00		
MAIS1800	HECTARE	85.00	5.00	
MAIS1500	HECTARE	85.00		
MAIS1200	HECTARE	85.00		
SOJA SEC	HECTARE	85.00		
SOJA1800	HECTARE	85.00	23.00	
SOJA1500	HECTARE	85.00	12.00	
SOJA1200	HECTARE	85.00		
SOJA 900	HECTARE	85.00		
TOUR SEC	HECTARE	28.33	2.00	
TOUR IRR	HECTARE	28.33		
AIL+SOJA	HECTARE	85.00	3.00	
BLEIDRSA	HECTARE	25.00	16.67	
BLEDURSA	HECTARE	25.00		
TOURNESA	HECTARE	8.33	8.33	+232
ILOT n° 1	HECTARE	85.00	85.00	+5407
ILOT n° 2	HECTARE	25.00	25.00	+5175
..... A LIMITE INFERIEURE .....				
DESIGNATION	UNITE	SEUIL	CONSOHMATION	PRODUCTIVITE MARGINALE
MAT IIRI	HECTARES	5.00	5.00	-93
SAU HIVE	HECTARES	40.00	40.00	-232
..... * NOTA : La productivité marginale est le gain (ou la perte) de marge totale * lorsque le seuil de la contrainte correspondante est augmenté d'une unité * .....				

**Tableau 10**  
**Données technico économiques**

	MAIS		MAIS		MAIS		MAIS		MAIS		BLE		BLE		AIL +	
	1800 M3	1500 M3	1200 M3	900 M3	600 M3	300 M3	1200 M3	900 M3	600 M3	300 M3	TENDRE	DUR	SOJA	SEC	10	10
RENDEMENT MOYEN (q/ha)	107	104	99	99	99	99	99	99	99	65	50	50	10	10	10	10
EAU APPORTEE (M3)	1530	1400	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	-	-	-	1200	1200	1200	1200
CHARGES OPERATIONNELLES(FRS)	2930	2910	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880	1850	2200	2200	29580	29580	29580	29580
DONT IRRIGATION (FRS)	230	210	180	180	180	180	180	180	180	-	-	-	180	180	180	180
MARGE BRUTE (FRS)	7802	7513	6968	6968	6968	6968	6968	6968	6968	5175	5800	5800	19420	19420	19420	19420

	SOJA		SOJA		SOJA		SOJA		SOJA		TOURNESOL		TOURNESOL		TOURNESOL	
	1800 M3	1500 M3	1200 M3	900 M3	600 M3	300 M3	1200 M3	900 M3	600 M3	300 M3	SEC	700 M3	SEC	700 M3	SEC	28
RENDEMENT MOYEN (q/ha)	35	34	33	31	31	31	31	31	31	25	31	31	28	31	28	28
EAU APPORTEE (M3)	1300	1250	1140	890	890	890	890	890	890	-	-	455	1800	1905	1800	1800
CHARGES OPERATIONNELLES(FRS)	2395	2390	2370	2335	2335	2335	2335	2335	2335	2000	2000	1905	1800	1905	1800	1800
DONT IRRIGATION (FRS)	195	190	170	135	135	135	135	135	135	-	-	105	1800	105	1800	1800
MARGE BRUTE (FRS)	7895	7750	7465	6887	6887	6887	6887	6887	6887	5322	6220	6220	5407	6220	5407	5407

## 2-3 Les résultats

Sur la base de la modélisation précédente de l'exploitation et des hypothèses retenues, nous avons effectué différentes optimisations et simulations pour répondre aux interrogations de l'agriculteur.

Dans une première phase, nous avons recherché l'assolement optimal à retenir dans l'hypothèse d'un remplissage correct du lac.

Dans une deuxième phase, nous avons étudié les assolements à privilégier en cas de mauvais remplissage du lac.

### 2-3-1 Choix de l'assolement optimal (sous l'hypothèse d'un remplissage normal du lac)

Le graphique 8 et les tableaux 9 et 11 présentent les résultats de l'assolement optimal dégagé par optimisation avec GEDE sur la base des données précédentes ; le tableau 9 indique les contraintes saturées avec leur productivité marginale.

En matière d'irrigation et de cultures irriguées, on note que :

- la surface irriguée possible est totalement utilisée et constitue de ce fait une contrainte dont la productivité marginale est forte + 1633 F ;
- le volume total d'eau disponible est également totalement utilisé ;
- les cultures irriguées retenues sont :

\* l'activité ail+soja pour la totalité de la surface autorisée (cette activité "sort" compte tenu de sa marge brute très élevée ce qui induit une productivité marginale conséquente de +11810 F) ;

\* le soja irrigué qui occupe une place prépondérante 35 ha avec des conduites irriguées basées sur des apports d'eau élevés :

- 23 ha à 1800 m<sup>3</sup>

- 12 ha à 1500 m<sup>3</sup>

\* le maïs irrigué n'est présent que sur 5 ha, soit la surface minimale imposée par la contrainte de matériel ; il est irrigué sur la base d'apports d'eau élevés 1800 m<sup>3</sup> ; notons que la productivité marginale liée à cette contrainte est faible et négative -93 F ;

Pour les cultures en sec, d'hiver et d'été, on remarque que le blé dur est retenu sur une surface correspondant à la surface maximale autorisée (productivité marginale de +625 F) ; sur l'îlot éloigné, le tournesol

est également cultivé jusqu'à sa limite ; enfin, les cultures d'hiver autorisées sur l'îlot exploitation sont au minimum de la surface limite prévue (40 ha et productivité marginale de -232 F).

Si l'on compare cet assolement obtenu par optimisation avec l'assolement réel de l'exploitation, on peut remarquer (voir graphique 8 et tableau 11) que globalement les assolements sont assez voisins ; ils diffèrent essentiellement au niveau des cultures irriguées, pour lesquelles il y a en fait remplacement du maïs par le soja.

Dans cette exploitation, le soja est une culture récente (3<sup>ème</sup> année de culture en 1990) qui prend actuellement de l'importance par rapport au maïs qui est une culture plus traditionnelle ; l'assolement actuel de l'agriculteur avec un certain équilibre entre le maïs irrigué et le soja irrigué correspond dans une certaine mesure à une stratégie visant à diversifier les cultures irriguées mais aussi à limiter les risques.

Face à cette "stratégie", nous avons cherché à définir quel était l'assolement optimisé et quelle marge brute totale l'on obtenait si on "imposait" au système une surface en maïs irrigué égale à sa valeur actuelle (19 ha).

Nous obtenons ainsi un assolement - voir graphique 8 et tableau 11 - dénommé "scénario 19 ha de maïs" qui, par rapport au premier assolement optimisé, ne diffère que par les seules surfaces totales en maïs irrigué et en soja irrigué ; il y a simplement substitution du maïs au soja ; les apports d'eau restent très élevés, maïs à 1800 m<sup>3</sup> et soja à 1800 ou 1500 m<sup>3</sup>.

Sur le plan financier, on constate que la marge brute globale dégagée par ces assolements est pratiquement identique (diminution de 1000 F lorsque l'on impose 19 ha de maïs).

On peut donc dire, dans ce cas, qu'il existe une relative "substituabilité" des cultures irriguées maïs et soja ; de ce fait, des préoccupations plus agronomiques permettant de comparer ces deux activités seraient à analyser plus finement et à prendre en compte.

Ainsi peut-il en être de critères tels que la régularité, la sensibilité à certains phénomènes climatiques ou parasitaires, les marges de progrès possibles ; (il ne faut pas pour autant éliminer des paramètres tels que l'évolution des prix).

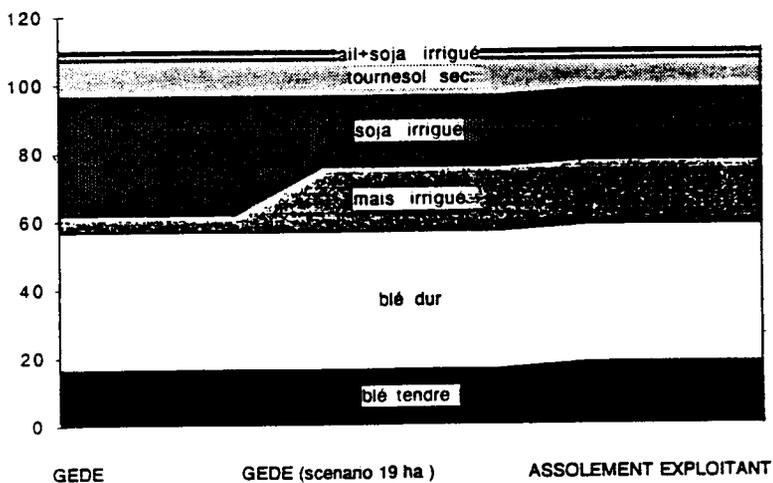
### 2-3-2 Assolements à privilégier en cas de mauvais remplissage du lac

Nous avons voulu, dans cette partie, étudier un problème rencontré par l'agriculteur, et qui est assez fréquent dans le Sud-Ouest ; il s'agit du mauvais remplissage de lacs collinaires dû à des précipitations insuffisantes durant l'hiver.

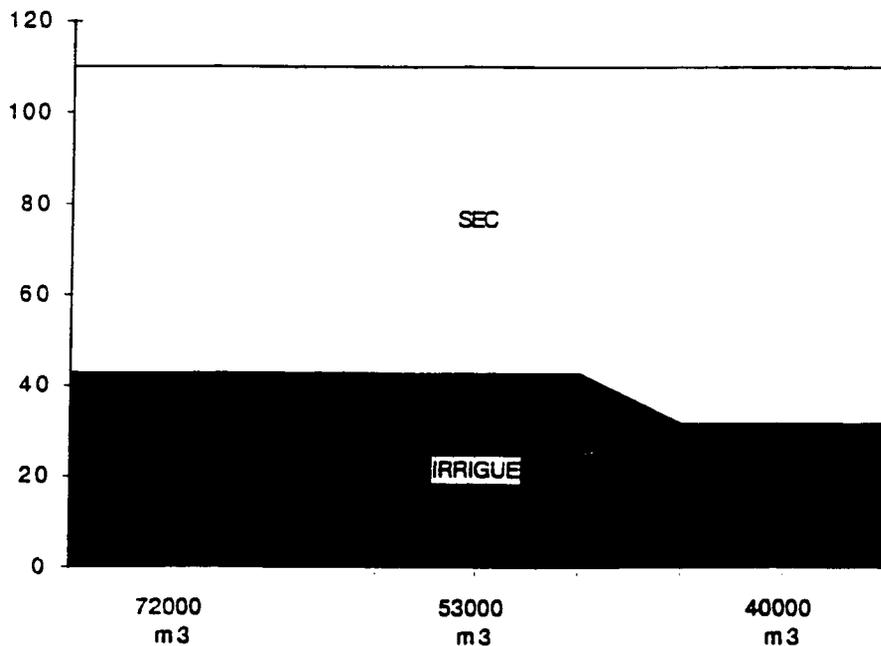
**Tableau 11**  
**Assolements optimisés et Assolement exploitant**

	ASSOLEMENT GEDE	ASSOLEMENT scénario 19 ha de maïs	ASSOLEMENT AGRICULTEUR
<b>ILOT EXPLOITATION</b>			
blé tendre			18.5 ha
blé dur	40 ha	40 ha	22 ha
tournesol sec	2 ha	2 ha	1.5 ha
maïs irrigué 1800 m3	5 ha	19ha	19 ha
soja irrigué 1800 m3	23 ha	9 ha	21 ha
soja irrigué 1500 m3	12 ha	12 ha	
ail+soja irrigué	3 ha	3 ha	3 ha
<b>ILOT ELOIGNE</b>			
blé tendre	17 ha	17 ha	
blé dur	-		18 ha
tournesol sec	8 ha	8 ha	7 ha
	-	-	-
<b>SURFACE IRRIGUEE</b>	43 ha	43 ha	43 ha
<b>MARGE BRUTE GLOBALE</b>	746000 Frs	745000 Frs	

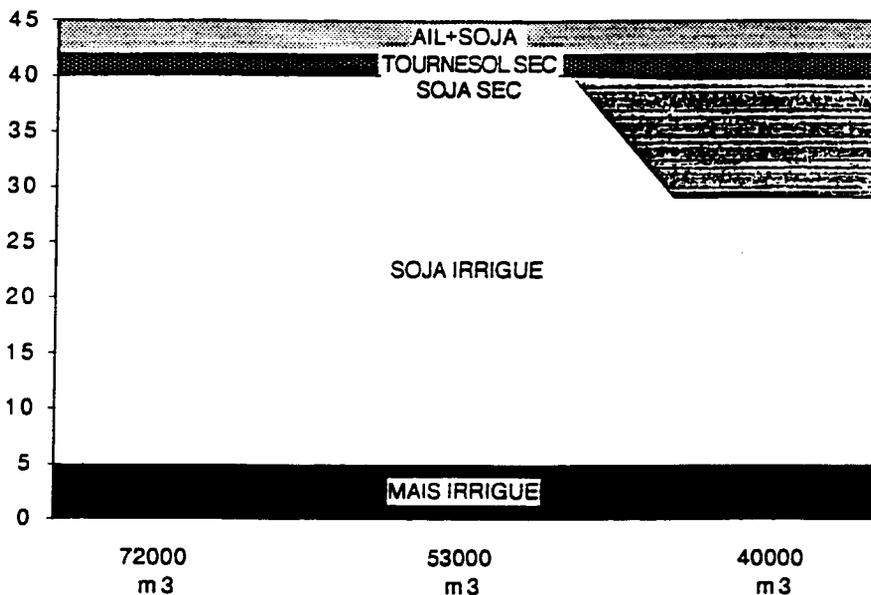
**Graphique 8**  
**Assolements optimisés et Assolement Exploitant**



**Graphique 9**  
**Surface irriguée en fonction des différentes hypothèses de ressources en eau**



**Graphique 10**  
**Assolement en fonction des différentes hypothèses de ressources en eau**



Dans cette situation, l'agriculteur se retrouve au printemps devant des choix de cultures d'été à effectuer alors que les cultures d'hiver sont déjà en place et que le volume d'eau dont il dispose est inférieur à celui prévu initialement (lors des semis des cultures d'hiver).

Nous avons donc cherché à partir de GEDE quel devait être le choix de cultures d'été dans une telle situation en partant, de ce fait, d'un assolement dont les cultures d'hiver étaient fixées ; nous avons donc repris les cultures et les surfaces correspondant à l'assolement optimisé tel qu'il est défini précédemment, soit :

- \* îlot exploitation : 40 ha de blé dur
- : 3 ha d'ail
- \* îlot éloigné : 16,7 ha de blé tendre

Nous avons cherché les assolements optimum pour deux hypothèses de remplissage du lac (-30% et -50% par rapport au volume total) soit 53000 m<sup>3</sup> et 40000 m<sup>3</sup>.

Les assolements ainsi obtenus figurent aux graphiques 9 et 10.

Lorsque le volume d'eau disponible baisse de 30% (72000 à 53000 m<sup>3</sup>), on constate que ni la surface irriguée totale, ni la répartition des différentes cultures irriguées n'est modifiée ; seuls les apports d'eau sur ces cultures évoluent vers une irrigation restrictive :

- \* pour le maïs, passage de 1800 à 1500 m<sup>3</sup>/ha
- \* pour le soja, de 1800 ou 1500 à 1200 m<sup>3</sup>/ha

Lorsque le volume d'eau disponible baisse de 50% (72000 à 40000 m<sup>3</sup>), on constate que la surface irriguée totale diminue de 11 ha mais que la répartition des différentes cultures reste identique ; sur le plan des apports d'eau, on note, de même que précédemment, une conduite plus restrictive (maïs 1500 m<sup>3</sup>, soja 1200 m<sup>3</sup>) ; par contre 11 ha de soja conduits en sec apparaissent (correspondant à la diminution de 11 ha de la surface irriguée).

Globalement, il apparaît que, quelle que soit la disponibilité en eau, la proportion et la nature des cultures d'été restent les mêmes, seules étant modifiées les conduites irriguées : soit que la culture n'est pas irriguée, soit qu'elle l'est, mais avec des apports variables.

Bien entendu, une fois l'assolement mis en place, l'agriculteur en fonction des données climatiques de l'année (année sèche ou année humide) sera amené à définir les apports d'eau nécessaires et, peut-être, à irriguer, par exemple, une partie du soja initialement prévue en sec (passage de la phase stratégique à la phase tactique).

Si l'on réalise le même type de simulation-optimisation en imposant 19 ha de maïs, on obtient -voir graphique 11- des assolements dans lesquels le soja sec est retenu sur des surfaces de plus en plus importantes : 3 ha pour 53000 m<sup>3</sup>; 14 ha pour 40000 m<sup>3</sup>.

Notons que pour ces deux hypothèses, l'écart de marge brute globale entre les assolements optimisés (celui avec 19 ha de maïs imposés et celui sans) reste malgré tout faible : autour de 7000 F.

Remarque : dans nos différentes solutions, le tournesol n'apparaît que très peu en sec ou en irrigué ; or, en situation de "pénurie" d'eau prévisible, le tournesol est très souvent la culture privilégiée (c'est ce que l'on constate dans les enquêtes).

Dans notre cas, l'extension de cette culture est limitée par les disponibilités en main d'oeuvre au mois d'avril (contrainte saturée) ; si l'on lève cette contrainte (en autorisant par exemple des semis plus tardifs), cette culture est alors introduite dans l'assolement : ainsi dans le scénario avec 40000 m<sup>3</sup> le tournesol remplace totalement le soja en sec.

## **CONCLUSION relative à l'exploitation B**

Avec un remplissage normal du lac, l'analyse menée à partir de GEDE conduit à proposer à l'agriculteur un assolement différent de celui pratiqué actuellement par celui-ci ; un assolement basé essentiellement sur le soja irrigué donnant en effet en moyenne les meilleurs résultats sur les 13 années climatiques retenues.

Néanmoins les analyses montrent un faible écart de marge brute entre l'assolement optimum obtenu par GEDE et un assolement proche de celui de l'agriculteur compte tenu d'une relative "substituabilité" entre le maïs et le soja.

Lorsque les ressources en eau diminuent, le soja (et sous certaines conditions l'association soja + tournesol) donne les meilleurs résultats et le maintien du maïs dans les assolements entraîne une baisse de la marge brute qui peut être importante.

## CONCLUSION

L'objectif de l'étude de ces deux cas concrets et de la présentation qui en a été faite était essentiellement de montrer la démarche qui pouvait être mise en oeuvre à partir d'un logiciel tel que GEDE pour l'approche de la gestion de l'eau à l'échelle de l'exploitation.

De ce fait, la présentation de l'étude de ces cas proposée ici n'est pas exhaustive et certains points sont à approfondir ; en particulier, d'autres scénarios ou changements possibles seraient intéressants à aborder ; par ailleurs, il conviendrait de "tester" la stabilité des assolements obtenus à partir de la modification de certains paramètres importants (prix, rendements).

Les deux cas présentés ne couvrent pas toutes les situations possibles rencontrées dans les exploitations en matière de gestion de l'eau ; d'autres situations fréquentes existent comme la diminution du débit disponible au cours de la campagne d'irrigation ou l'introduction d'une culture irriguée à cycle d'irrigation décalé par rapport aux cultures irriguées traditionnelles (cas du pois).

Enfin, rappelons que cette approche n'a d'intérêt qu'au cas par cas, au niveau de l'exploitation et à partir de la prise en compte de ses caractéristiques propres : parcellaire, pédologie, ressources en eau, contraintes, etc.

## BIBLIOGRAPHIE

(1) M. DECROIX ; J. PUECH

Le pilotage de l'irrigation à la parcelle. Rapport général présenté à la conférence internationale de Paris organisée par la commission internationale des irrigations et du drainage - CEMAGREF/INRA - 1984 - 28 pages ;

(2) B. BALAS ; J.M. DEUMIER

Gestion de l'eau au niveau de l'exploitation agricole ; utilisation rationnelle des ressources en eau dans l'assolement pour améliorer et régulariser le revenu agricole. Actes du Colloque - Comité Economique des Nations Unies pour l'Europe - Sept. 1989 - 15 pages ;

(3) J.R. MARTY ; M. CABELGUENNE ; J. PUECH ; A. HILAIRE

Perspectives d'optimisation technico-économiques d'assolement de cultures à graines : céréales et oléoprotéagineux. INRA, Sept. 1984 - 93 pages + annexe ;



# IMPACT DE L'IRRIGATION SUR DES EXPLOITATIONS DU CANTON DE SAINT-AUBAN (ALPES MARITIMES)

**Thierry RIEU** <sup>(1)</sup>

(1) CEMAGREF MONTPELLIER - Division Irrigation  
Domaine de Lavalette - BP 5095 34033 MONTPELLIER Cedex

## **INTRODUCTION**

Le contenu de cette section est issu de travaux méthodologiques plus larges portant sur les études économiques préalables à la conception de périmètres irrigués.

La méthode mise au point vise, dans une démarche prospective, à mieux quantifier et à localiser la demande en eau agricole à moyen terme ; elle s'attache particulièrement à :

- évaluer l'évolution probable de la production agricole de cette zone en tenant compte de la diversité des systèmes de production et des contraintes naturelles (disponibilités en terres et en eau, par exemple,

- localiser l'utilisation agricole de l'espace de l'ensemble de la zone en situation irriguée.

Le schéma suivant en précise les principales étapes.

L'analyse et la modélisation des exploitations représentatives servent de support à ce document et représentent une étape essentielle de la démarche.

Le présent document expose l'utilisation de GEDE dans 5 exploitations et illustre bien la diversité de comportement des exploitations face à l'irrigation et montre comment l'outil GEDE peut être appliqué dans des exploitations très diverses : depuis le maraîchage jusqu'à l'élevage, en passant par des exploitations traditionnelles produisant des céréales et des fourrages.

---

GEDE - Logiciel d'aide à la décision stratégique pour l'exploitation agricole - Etudes du CEMAGREF, série Production et Economie Agricoles, 1992, n° 1 : pp. 129-170

Les scénarios testés par le modèle concernent systématiquement l'introduction de l'irrigation sur les terres rendues irrigables par le projet envisagé.

Les avantages, mais aussi les hypothèses fortes qui sont parfois nécessaires pour arriver à modéliser le fonctionnement des exploitations, sont mentionnés au fil du texte.

## 1 - L'EXPLOITATION n° 1

### 1-1 Description de l'exploitation

L'exploitation produit, à titre principal, des légumes de plein champ et des pommes-de-terre et pratique des rotations "pommes-de-terre ou cultures légumières céréales/luzerne" qui se traduisent par une production complémentaire de foins et de céréales.

La main d'oeuvre familiale est importante (5 UTH en été - 2 UTH en hiver) et est complétée par une main d'oeuvre salariée saisonnière (6 UTH de juillet à octobre).

La SAU de l'exploitation (46,8 ha) est morcelée en dix parcelles dont aucune ne dépasse 5 ha ; les terres sont de deux natures distinctes :

- des terres irrigables, parfois éloignées de l'exploitation, labourées avec des rotations "céréales/luzerne" incluant des pommes-de-terre et des cultures légumières,

- des terres non irrigables, peu valorisées, comportant parfois des rotations céréales/luzernes et surtout des prairies.

L'assolement 1988-1989 comporte :

- des cultures légumières ..... 5,1 ha
- des pommes-de-terre primeurs  
et de conservation ..... 7 ha
- du blé d'hiver et de l'orge ..... 7,4 ha
- des luzernes ..... 8 ha
- des prairies ..... 18,1 ha

Compte tenu des potentialités des terres et de la possibilité ou non d'irriguer, les terres de l'exploitation sont réparties entre quatre îlots :

- Ilot labourable irrigable (12,9 ha) : il est essentiellement composé de terrains alluviaux de plaine, pourvus d'une ressource en eau peu aléatoire.

- Ilot labourable non irrigable (15,9 ha) : il comprend des terres de plaine non irrigables ou disposant d'une ressource en eau aléatoire.

- Ilot de plaine non labouré (4,5 ha) : il s'agit de parcelles de plaine à faible potentialité, du fait de l'hydromorphie des sols.

- Ilot non labourable (13,6 ha) : ce sont des terres, soit hydromorphes, soit accidentées qui sont entretenues par une fauche.

### L'équipement comprend :

#### 1) Tracteurs :

- 1 - 60 CV - 2 RM - (1982)
- 1 - 50 CV - 2 RM - (1973)
- 1 - 35 CV - 2 RM - (1971)
- 1 - 40 CV - 2 RM - (1970)

#### 2) Travail du sol :

- 2 - herse traînée (3,00m) et rotative (2,10m)
- 1 - rotavator 1,50m
- 2 - rouleaux dont un cultipacker 2,40m
- 1 - vibroculteur 2,40m
- 2 - charrues bisoc réversibles

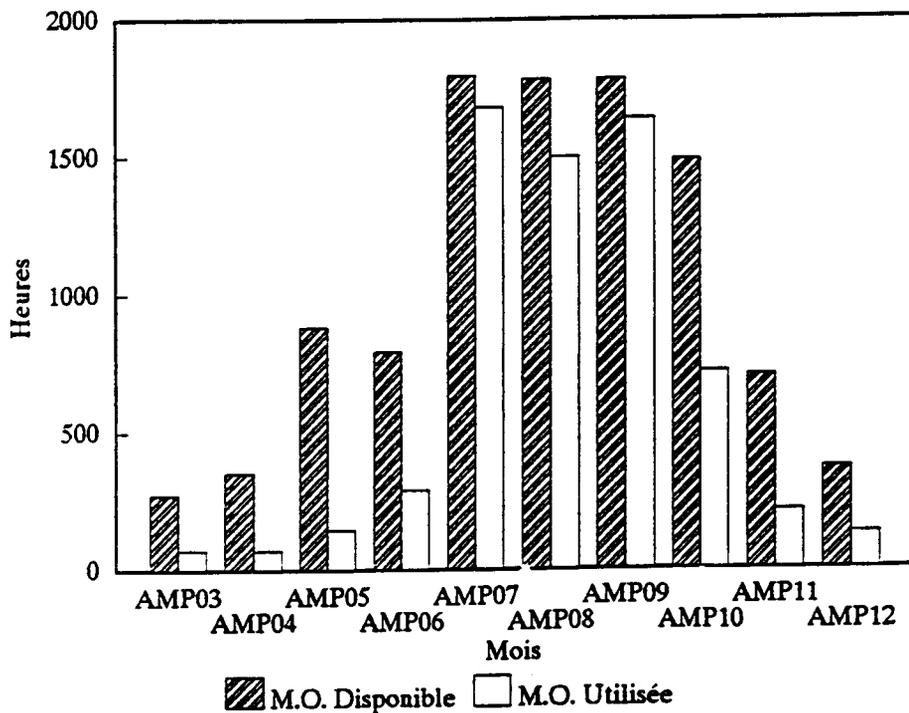
#### 3) Matériel de semis, d'entretien et de récolte :

- 2 - semoirs à grains et de précision
- 1 - épandeur d'engrais
- 1 - atomiseur
- 1 - faucheuse rotative

## **Exploitation 1**

- 1 - chargeur monte balles.
- 3 - arracheuses de pommes de terre : crocodile, automatique, ensacheuse
- 1 - arracheuse de carottes
- 1 - planteuse de salades
- 1 - gyrobroyeur
- 2 - appareils de lavage - calibrage des pommes de terre
- 2 - planteuses de pommes de terre.

**Tableau 1**  
**Utilisation moyenne de la main d'oeuvre**  
**Exploitation n° 1**



4) Matériel d'irrigation :

4 - groupes moto pompes de 25 à 120 m<sup>3</sup>/heure  
7 ha de couverture totale + tuyaux de raccords.

5) Matériel en CUMA

1 - rampe pulvérisatrice de 9,00m  
1 - peseuse - ensacheuse

Les bâtiments se composent de :

- 2 hangars pour le stockage du foin et des céréales,
- 1 silo à pommes de terre,
- 2 hangars pour remiser le matériel.

## 1-2 Analyse et modélisation du fonctionnement de l'exploitation

### 1-2-1 Les ressources et les activités retenues dans le modèle

La main d'oeuvre disponible et son utilisation pour les différentes activités est représentée par le tableau 1 :

Le nombre de jours disponibles par mois est évalué à partir des déclarations de l'exploitant et en déduisant les journées d'intempéries (neige, pluie) ; elles sont définies comme la moyenne sur 30 ans de jours de pluie supérieure à 30 mm et de jours de neige calculés à partir des relevés météorologiques de la station de ST AUBAN.

Le conditionnement, le transport et la vente des produits légumiers sont intégrés, en termes de coût et de temps de travail, aux activités correspondantes.

Les ressources considérées comme limitantes (et faisant donc l'objet d'une écriture en termes de contraintes) sont la main d'oeuvre permanente, la main d'oeuvre temporaire de juillet à octobre, les heures de traction lourde et légère de mars à novembre et la surface irrigable

Les activités réalisables, par îlot, sont décrites dans le tableau 2 :

**Tableau 2**  
**Répartition des cultures par îlot**

Ilot Culture	Ilot labourable irrigable	Ilot labourable non irrigable	Ilot labourable	Ilot non labourable
Légumes	X			
Pommes de terre primeur	X			
Pommes de terre de conservation irriguées	X			
Blé d'hiver	X	X	X	
Pommes de terre de conservation au sol		X		
Semis de Luzerne		X		
Luzerne		X		
Prairie			X	X
Orge		X	X	

Les itinéraires techniques associés à la conduite de chaque culture ont été décrits, opération par opération, au pas de temps mensuel pour les grandes cultures et au pas de quinze jours pour les cultures légumières. En effet ces dernières sont conduites en bandes avec mise en place d'une nouvelle bande tous les dix à quinze jours environ. A titre d'exemple, le tableau 3 fournit le calendrier de travaux des salades "chicorées frisées".

Le tableau, complété par les temps de travaux relatifs aux opérations, permet de construire une fiche moyenne par culture légumière, puis, avec l'aide de la fonction "fiche moyenne" de GEDE, une activité "légume moyen" représentant l'activité légumière de cette exploitation.

## 2-2 Résultats économiques

Les résultats économiques calculés à partir des déclarations de l'exploitant pour la campagne 1988 sont indiqués dans le tableau suivant :

**Tableau 4**  
**Résultats économiques**

Culture	Temps de trav. annuel en heure/ha	Charges proportion. en F/ha	Marge brute par ha
Légumes	732	33.731	172.199
Pommes de terre primeur	649	31.233	51.017
Pommes de terre de conservation irriguées	683	35.447	27.553
Pommes de terre de conservation au sec	375	25.035	7.965
Blé d'hiver	55	2.992	4.208
Semis de Luzerne	50	2.543	457
Luzerne	48	1.085	2.165
Orge	51	2.067	1.533
Prairie	24	819	1.131

La dispersion des marges brutes est plus forte (de 1 à 100, entre l'activité légumière et l'orge) que celle des charges et des consommations de main d'oeuvre. Une telle disparité de valeurs peut paraître surprenante, mais toutes les terres ne peuvent porter des cultures à haute valeur ajoutée et par ailleurs l'agriculteur souhaite pratiquer des rotations luzerne/légumes ou céréales/légumes pour des raisons sanitaires.

### 2-3 Modélisation

L'assolement calculé par le modèle est comparé dans le tableau 5 à l'assolement de l'agriculteur pour la campagne 1988.

**Tableau 5**  
**Calage du modèle**

Culture	Assolement calculé	Assolement réel	Différence
Légumes	6,4	5,1	+ 1,3
Pommes de terre primeurs	1,1	1,1	0
Pommes de terre de conservation irriguées	3,5	4,7	- 1,2
Pommes de terre au sec	0	1,8	- 1,8
Céréales	8,4	7,4	+ 1
Semis de luzerne	1,3	1,3	0
Luzerne	7,9	7,2	+ 0,7
Prairie	18,1	18,1	0

L'assolement calculé est suffisamment proche de l'assolement réel pour considérer que le modèle rend bien compte des choix de l'agriculteur. Il majore les surfaces légumières à plus forte marge brute au détriment des surfaces en pommes de terre, et à l'intérieur de la

production de pommes de terre, il élimine l'activité "production de pommes de terre au sec". Cela tient probablement au fait que le modèle ne tient pas compte du fait que les cultures légumières et de pommes de terre primeurs sont plus risquées que la production de pommes de terre de conservation.

Les principaux facteurs limitants sont :

- les surface en terres de toutes catégories,
- la main d'oeuvre permanente en juillet et septembre,
- la main d'oeuvre temporaire en été.

La totalité de la surface de l'exploitation est utilisée et l'équipement n'est jamais contraignant (utilisation à 50 % environ).

Le desserrement des contraintes de 10 % environ ne sélectionne pas d'autres activités et assure une certaine robustesse aux résultats.

#### 2-4 Simulation

La mise en place d'un projet d'irrigation se traduit, pour cette exploitation par la possibilité d'irriguer l'îlot n° 2 ("labourable non irrigable") d'une surface de 15,9 ha. Sur ces terres à bonnes potentialités agronomiques, il est possible d'y pratiquer les mêmes cultures que sur l'îlot n° 1, actuellement irrigué.

Cette simulation conduit à l'assolement suivant :

- Légumes .....	7,2 ha
- Pommes de terre primeurs .....	1,3 ha
- Pommes de terre de conservation irriguées .....	3,0 ha
- Pommes de terre au sec .....	0
- Céréales .....	3,0 ha
- Semis de luzerne .....	1,2 ha
- Luzerne .....	1,2
- Prairie .....	10,4 ha
- Jachère .....	13,3 ha

En conservant la même structure d'exploitation, et en accroissant la main d'oeuvre temporaire estivale, la surface en cultures légumières et pommes de terre primeurs augmente légèrement (+1,5 ha), ainsi que la surface irriguée.

La marge brute de l'exploitation passe de 1,21 à 1,31 millions de francs, mais la prairie régresse de 8 ha et la jachère apparaît (13,3 ha).

Cette tendance concorde avec les déclarations de l'agriculteur qui souhaiterait réduire son activité "production de céréales et de fourrages" dans la mesure où une irrigation non aléatoire lui est proposée sur l'îlot labourable.

Elle signifie, à terme, l'abandon des terres des îlots non labourables et non irrigables, par les exploitations de ce type, et pose le problème de leur entretien (zone de développement des résidences secondaires).

Les surfaces irriguées, portant des cultures légumières et des pommes de terre, sont inchangées lorsque le prix de l'eau varie entre 0,50 F/M3 à 4 F/m3.

### 2-5 Conclusions

La modélisation montre que l'arbitrage, entre les prairies et les terres cultivées, dépend essentiellement de la surface irrigable, alors que le choix de la surface légumière, par rapport aux cultures céréalières et fourragères, est directement lié au niveau de la main d'oeuvre disponible en période estivale.

La récolte de fourrage sur prairie pourrait être abandonnée sans modifier sensiblement la marge brute de l'exploitation et est effective dès que la contrainte de surface irrigable disponible est levée.

## 2 - L'EXPLOITATION n° 2

### 2-1 Description de l'exploitation

L'exploitation relève des exploitations d'élevage de type "Bovin allaitant" et produit essentiellement des "Broutards" et des pommes de terre, seule production qui ne soit pas destinée à l'alimentation animale.

La main-d'oeuvre permanente de l'exploitation se compose du chef d'exploitation (58 ans) et de son épouse (49 ans). Ils font appel à l'entraide avec les voisins pour la récolte de foins et de céréales.

En novembre 1988, la surface de l'exploitation est de 33,2 ha se répartissant en :

Céréales.....	3,1 ha
Luzernes.....	15,8 ha
Pommes de terre.....	0,4 ha
Prairies de fauche.....	8,5 ha
Pâtures.....	5,4 ha

Le parcellaire est morcelé (25 unités) et ne comprend pas de parcelles d'une surface supérieure à 5 ha.

L'exploitation dispose uniquement de trois parcelles irrigables de façon aléatoire par pompage dans un cours d'eau non pérenne ; l'agriculteur y cultive des pommes de terre et une prairie intensive utilisée en pâturage tournant.

Les prairies de fauche et les pâturages sont installés sur les terres non labourables.

#### L'équipement comprend :

##### 1) Tracteurs :

1 48 CV : 2 RM  
1 40 CV : 2 RM.

##### 2) Travail du sol :

1 Herse Croskill : 2,20 m } Copropriété  
1 Charrue bisoc }  
1 Cultipacker : 2,50 m.

### 3) Matériel de semis :

- 1 Semoir à grain à disques } Copropriété
- 1 Epandeur d'engrais } }
- 1 Presse ramasseuse moyenne densité
- 1 Râteau faneur
- 1 Faucheuse rotative 1,70 m
- 1 Chargeur monte-balle.

### 4) Matériel d'irrigation :

- 1 Groupe motopompe de 60 m<sup>3</sup>/h
- 2 Asperseurs mobiles permettant arrosser, 5 ha.

### 5) Matériel en CUMA :

- Benne à grains 3,5 T
- Epandeur de fumier
- Sous-soleuse
- Moissonneuse-batteuse
- Arracheuse de pommes de terre
- Gyrobroyeur.

### Le troupeau bovin allaitant comprend :

- 2 taurillons,
- 13 vaches,
- 16 génisses.

## Exploitation 2

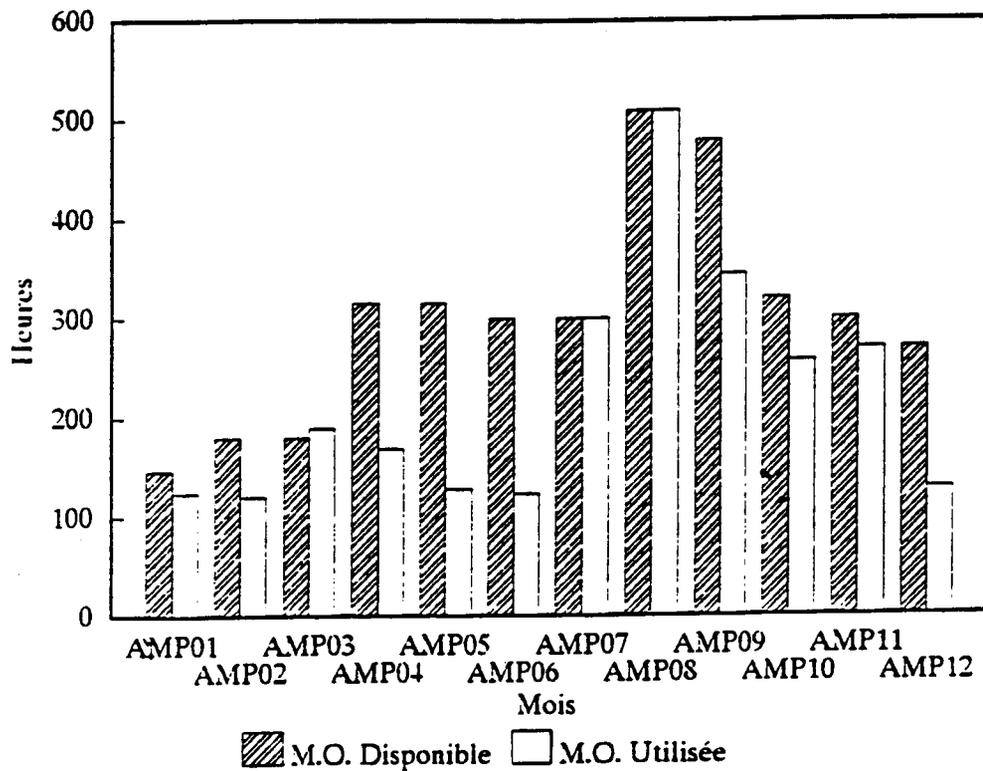
La production est commercialisée sous forme de broutards de 6 mois. Le troupeau est conduit en un seul lot ; la période de saillie est mai-juin et celles des vêlages en février-mars.

Le troupeau reste à l'étable de la dernière semaine de novembre au début mai, pour être ensuite conduit sur les prairies et les pâturages jusqu'à la fin du mois de juillet. A partir de cette période et jusqu'en novembre, il utilise les terres proches du siège de l'exploitation et celles qui sont irriguées en pâturage tournant.

Les bâtiments d'élevage comprennent une étable ancienne aménagée en stabulation libre et des bâtiments construits en 1965 comprenant une étable en stabulation fixe et un hangar destiné au stockage de foin.

# Utilisation moyenne de la main d'oeuvre

## Exploitation n° 2



## 2-2 Analyse et modélisation du fonctionnement de l'exploitation

### 2-2-1 Les ressources et les activités retenues dans le modèle

La main-d'oeuvre disponible et son utilisation par les activités sur l'exploitation sont décrites au pas de temps mensuel par le schéma ci-contre.

L'évaluation des disponibilités est réalisée sur la base des déclarations de l'exploitant et en déduisant du temps disponible le temps consacré au troupeau. Le temps disponible représente donc le volume de travail pouvant être utilisé par des cultures et des fourrages.

Compte tenu du recours à la CUMA, de l'entraide entre voisins pour les principaux chantiers et du matériel disponible sur l'exploitation, nous avons vérifié pour cette exploitation que le matériel n'est pas un facteur limitant et nous n'avons pas introduit de contrainte sur l'utilisation des équipements.

Les activités réalisables par îlot sont définies dans le tableau ci-dessous ; trois itinéraires techniques ont été distingués pour les prairies à partir de l'analyse des pratiques parcellaires et correspondent à une coupe, à une coupe et un pâturage ou à deux pâturages, à des prairies temporaires irriguées et exploitées plus de trois fois. De même trois itinéraires techniques sont pris en compte pour la culture de luzerne en fonction du nombre et du mode d'exploitation.

**Tableau 2**  
**Répartition des cultures sur les îlots.**

Culture	Îlot labourable	Îlot non labourable
Blé d'hiver	X	
Orge	X	
Luzerne pâturée	X	
Luzerne 1 coupe	X	
Luzerne 2 coupes	X	
Prairie intensive	X	
Pommes de terre	X	
Prairie à 2 pâturages		X
Prairie 1 coupe		X
Pâturage		X

### 2-2-1 Résultats économiques

Les cultures de vente représentent une faible part de la production agricole de cette exploitation et afin d'obtenir des produits bruts par culture, nous avons réparti linéairement le produit de la vente des animaux en fonction de la surface et du nombre théorique d'unités fourragères produites par culture.

Les résultats économiques ainsi obtenus sont les suivants :

**Tableau 3**  
**Résultats économiques**

Culture	Temps de travail annuel	Charges proportionnelles /ha	Marge Brute par ha
Blé d'hiver		1910	1384
Orge		1748	1340
Luzerne pâturée		433	1200
Luzerne 1 coupe		909	1591
Luzerne 2 coupe		1357	3456
Pommes de terre			20468
Prairie intensive		2036	3164
Prairie 2 pâturages		568	832
Prairie 1 coupe		848	1375
Pâture		568	598

### 2-3 Hypothèses de modélisation et résultats

Le logiciel GEDE maximise la marge brute totale de l'exploitation, sous un ensemble de contraintes techniques, à structure de production constante.

Dans ce cas précis, le foncier, la main-d'oeuvre permanente, l'équipement, mais aussi la structure et l'effectif du troupeau sont considérés comme fixes. Le point est traduit par l'écriture de contraintes particulières assurant un apport énergétique suffisant au troupeau, c'est-à-dire pour l'année un niveau d'unités fourragères, un volume de foin et de céréales minimaux.

Compte tenu de la formalisation adoptée, faire varier le cheptel est une tâche fastidieuse puisqu'elle conduit à réécrire quelques contraintes, à modifier les disponibilités en main-d'oeuvre et à recalculer les produits bruts.

Le tableau 4 permet de comparer l'assolement proposé par le modèle et l'assolement réel de l'agriculteur en 1988.

Cultures	Assolement calculé	Assolement réel	Différence
Céréales	3,0	3,1	-0,1
Luzeerne	15,8	15,9	-0,1
Prairie intensive	0,6	0,5	+0,1
Pommes de terre de conservation	0,4	0,4	0
Prairie	13,4	8,0	+5,4
Pâturage	0	5,4	-5,4

L'assolement calculé est très proche de celui mis en place par l'exploitant, par contre le modèle rend mal compte de l'arbitrage entre prairies et pâturages.

La totalité de la SAU est utilisée et les principaux facteurs limitants sont :

- . la surface,
- . la main-d'oeuvre permanente en juillet, septembre et octobre,
- . la surface irrigable (prairie intensive et pommes de terre),
- . les contraintes particulières assurant l'alimentation du troupeau bovin allaitant.

Un desserrement des contraintes en main-d'oeuvre saturées de 20 % ou une modification du niveau des marges brutes de  $\pm 500$  F ne modifient pas la structure de l'assolement.

### 2-2-4 Simulation

L'îlot labourable (19,8 ha) est inclus en totalité dans le périmètre d'irrigation projeté. Dans ce nouveau contexte, l'agriculteur ne souhaite pas modifier l'effectif de son troupeau compte tenu des bâtiments dont il dispose, mais envisage de commercialiser des pommes de terre de conservation et d'accroître la surface en prairie intensive.

Le projet constitue la base de la simulation dont les résultats sont fournis ci-dessous :

Céréales.....	3,0 ha
Luzerne.....	11,0 ha
Prairie intensive.....	5,3 ha
<b>Pommes de terre de conservation</b>	
irriguées .....	0,5 ha
Prairie de fauche.....	13,4 ha
Pâtures.....	0 ha

Sans accroissement de main-d'oeuvre, les projets de l'exploitant semblent réalisables ; le développement de l'activité "Vente de pommes de terre" passe par l'embauche de main-d'oeuvre saisonnière et l'acquisition de matériel de récolte des pommes de terre.

La marge brute de l'exploitation augmente peu (de 64 000 F à 68 000 F), mais l'alimentation fourragère du troupeau n'est plus contraignante. Cela peut se traduire soit par une sécurité d'approvisionnement fourrager supplémentaire, soit par la possibilité d'accroître l'effectif du troupeau.

La main-d'oeuvre permanente est saturée de juillet à octobre.

La surface de prairie irriguée dépend fortement du niveau de marge brute par hectare de cette culture, et sera donc sensible au prix de l'eau :

Evolution de la surface optimale en prairie irriguée en fonction de la marge brute par ha.

Par contre, la surface en pommes de terre de conservation irriguées est peu sensible à une variation de marge brute de l'ordre de 2 000 F/ha.

## 2-5 Conclusion

L'existence d'un troupeau limite la main-d'oeuvre disponible pour les cultures et par suite les possibilités d'extension de la culture de pommes de terre irriguées.

La modélisation montre que la surface en prairies (ou luzernes) irriguée est sensible au prix de l'eau car l'accroissement de marge brute procuré par l'irrigation est peu important.

L'alimentation fourragère du troupeau est sécurisée et pourrait permettre un accroissement du cheptel.

### 3 - L'EXPLOITATION n° 3

#### 3-1 Description de l'exploitation

Cette exploitation est représentative des exploitations traditionnelles du canton de ST AUBAN ; elle produit essentiellement des grains et des fourrages. La totalité de la production est vendue sur le marché local. La rotation céréales/luzerne occupe la quasi-totalité des terres labourables. Les luzernes pures sont souvent remplacées par des mélanges vendus en fourrage pour les chevaux.

La main-d'oeuvre permanente comprend le chef d'exploitation (67 ans) à temps complet et son épouse qui aide son mari uniquement en période de semis et de récolte.

En juillet, le fils et deux saisonniers complètent la main-d'oeuvre permanente pour la récolte des fourrages.

La surface agricole utile (S.A.U.) de l'exploitation est de 38 ha en novembre 1988 et l'assolement pratiqué s'établit de la façon suivante :

Céréales.....	9,9 ha
Luzernes.....	13,3 ha
Prairies.....	14,8 ha

Le parcellaire est très morcelé (42 parcelles) et aucune parcelle n'est d'une surface supérieure à 5 ha.

Les plus petites parcelles portent essentiellement sur des prairies et ne sont pas irrigables.

#### L'équipement comprend :

##### 1) Tracteurs

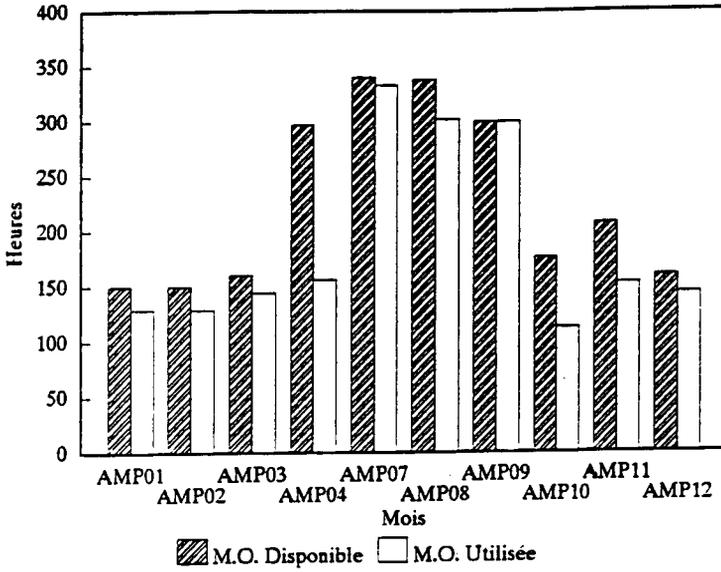
- 1 77 CV : 2 RM (1985),
- 1 56 CV : 2 RM (1974).

##### 2) Travail du sol

- 1 herse rotative : 2,50 m,
- 1 cultivateur : 2,50 m,
- 2 rouleaux plats et cultipaker,
- 1 charrue trisoc.

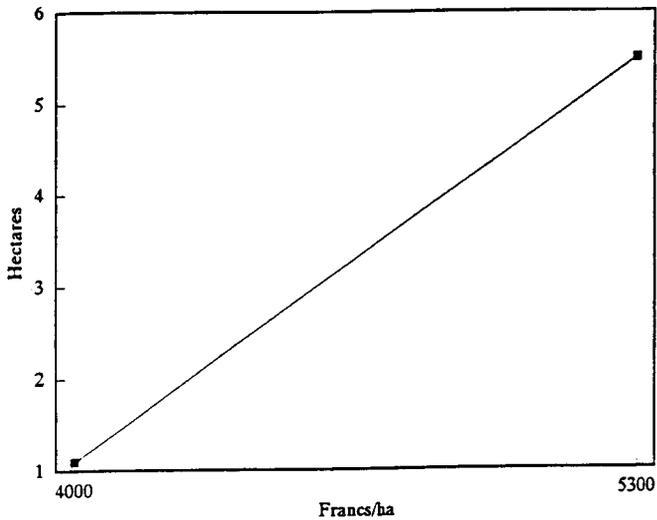
## Utilisation moyenne de la main d'oeuvre

### Exploitation n° 3



## Surface optimale en luzerne

### En fonction de la marge brute



### 3) Matériel de semis, d'entretien et de récolte

- 1 semoir à grains à disques,
- 1 épandeur d'engrais,
- 1 pulvérisateur,
- 1 faucheuse rotative : 2,00 m,
- 1 chargeur monte-balles,
- 1 moissonneuse-batteuse (ancienne).

**Les bâtiments** se réduisent à deux hangars construits en 1960 et de 1000 m<sup>2</sup> de surface environ, destinés d'une part au remisage du matériel et du foin, d'autre part au stockage des grains et du foin.

### 3-2 Analyse et modélisation du fonctionnement de l'exploitation

#### 3-2-1 Les ressources et les activités retenues dans le modèle

La main-d'oeuvre disponible et son utilisation par les activités de l'exploitation sont représentés au pas de temps mensuel, par le schéma ci-contre.

L'évaluation de la main-d'oeuvre disponible est réalisée à partir des déclarations de l'exploitant et en distinguant :

- le nombre d'heures disponibles par mois pour les cultures en tenant compte des intempéries (pluie, neige, grêle) sur la base d'une analyse statistique des relevés météorologiques,

- le temps consacré au conditionnement, au transport et à la commercialisation des grains et fourrages qui sont considérés comme indépendants des conditions climatiques.

En ce qui concerne le matériel, nous avons seulement pris en compte la disponibilité du tracteur affecté au labour pour les mois d'avril, octobre et novembre.

Les activités réalisables, par îlot, sont définies dans le tableau ci-après ; l'analyse des pratiques parcellaires de l'exploitant nous a conduit à considérer trois itinéraires techniques pour les luzernes selon le nombre de coupes (2 ou 3) et pour la première année de production (semisde luzerne sous orge).

**Tableau 2 : Répartition des cultures par flot**

Culture	Ilot	Adret	Adret	Plaine	Plaine
		labou- rable	non labou- rable	labou- rable	non labou- rable
Blé d'hiver		X		X	
Orge		X		X	
Blé de printemps		X			
Semis de luzerne		X			
Luzerne 2 coupes		X		X	
Luzerne 3 coupes		X		X	
Prairie			X		X

### 3-2-2 Résultats économiques

Les résultats économiques sont détaillés dans le tableau 3 et concernent, à l'hectare, la marge brute, le temps de travail annuel et le niveau des charges proportionnelles par culture. Les résultats sont différents, notamment pour les cultures, entre l'ilot "plaine" et l'ilot "adret" caractérisé par des sols de potentialités agronomiques inférieures.

**Tableau 3 : Résultats économiques par culture**

Culture	Ilot	Temps de	Charges	Marge
		travail annuel H/ha	propor- tionnel F/ha	brute F/ha
Blé d'hiver	Plaine	68	3443	2857
Semis de luzerne	Plaine	56	3860	-360
Luzerne 2 coupes	Plaine	61	1648	3752
Luzerne 3 coupes	Plaine	80	2278	4122
Céréales de printemps	Plaine	62	3007	1869
Prairie	Plaine	43	1116	1684
Blé d'hiver	Adret	74	3543	2757
Orge	Adret	66	3241	1635
Luzerne 2 coupes	Adret	63	1905	3495
Luzerne 3 coupes	Adret	92	2666	3734
Prairie	Adret	47	1259	1541

Les temps de travaux de la main-d'oeuvre permanente à l'hectare sont élevés du fait de la prise en compte de la commercialisation de l'ensemble des productions (conditionnement, transport et vente) qui s'effectue essentiellement en période hivernale. L'agriculteur a indiqué des temps globaux pour cette activité et nous les avons répartis entre les activités sur la base des surfaces et des volumes de production.

Les temps de travaux associés à chaque intervention culturale sont majorés du temps de transport moyen pour se rendre du siège de l'exploitation à chacun des îlots (+0,8 ha pour l'îlot plaine et +1,2 h pour l'îlot adret).

### 3-2-3 Modélisation

La décision d'assolement de l'exploitant est représentée dans le tableau 4 ainsi que l'assolement réel de l'exploitant en 1988 pour comparaison.

**Tableau 4**  
**Assolement de l'exploitation n° 3**

Cultures	Assolement calculé	Assolement réel	Diffé- rence
Céréales de printemps	6,6	6,9	-0,3
Blé d'hiver	5,7	3,0	+2,7
Semis de luzerne	2,3	3,3	-1
Luzerne	8,6	10,0	-1,4
Prairie	14,8	14,8	0

L'assolement calculé est assez proche de celui pratiqué par l'exploitant et témoigne d'un calage satisfaisant du modèle. Il majore les surfaces en céréales au détriment des luzernes.

La totalité de la surface de l'exploitation est utilisée et les terres de plaine ont les productivités marginales les plus élevées.

Les principaux facteurs limitants sont :

- la surface,
- la main-d'oeuvre permanente en juillet et en septembre,
- la main-d'oeuvre temporaire en août et septembre.

L'assolement optimal varie peu lorsque les contraintes de structure (surface, main-d'oeuvre permanente) sont desserrées : un accroissement de main-d'oeuvre permanente de 40 heures en septembre fait passer la totalité de la luzerne 2 coupes en luzerne 3 coupes, mais influe peu la marge brute totale et la répartition céréales/luzernes.

En ce qui concerne les marges brutes par hectare de chaque activité, le modèle accepte des variations de l'ordre de 1 000 F/ha sans modifier la nature des activités sélectionnées.

### 3-2-4 Simulation

L'introduction de l'irrigation est envisageable sur l'îlot "Plaine labourable" : l'exploitant aurait alors la possibilité :

. de cultiver des pommes de terre de conservation en embauchant de la main-d'oeuvre saisonnière pour la récolte en septembre (embauche de 2 saisonniers pendant un mois),

. d'irriguer les luzernes pour augmenter le volume de production et réaliser de façon certaine une troisième coupe.

Avec ces hypothèses, l'assolement calculé est le suivant :

Céréales de printemps.....	5,3 ha
Blé d'hiver.....	6,4 ha
Pommes de terre de conservation irriguée..	1,8 ha
Semis de luzerne.sous orge.....	2,3 ha
Luzerne.....	3,1 ha
Luzerne irriguée.....	4,3 ha
Prairie de fauche.....	14,8 ha

La part de chaque type de culture est peu modifiée, la surface irriguée s'élève à 6 ha et la marge brute totale passe de 81 000 F à 117 000 F. Les facteurs limitants sont identiques à ceux identifiés par l'assolement actuel.

La surface de luzerne irriguée dépend assez fortement du niveau de la marge brute et sera donc sensible au prix de l'eau.

Par contre la surface en pommes de terre de conservation irriguées est peu sensible à une variation de marge brute de l'ordre de 2 000 F/ha.

### **3-2-5 Conclusion**

Compte tenu de la simplicité du mode de fonctionnement de ce type d'exploitation, la modélisation a simplement permis de confirmer les pointes de travail dues à la récolte des productions.

Le développement de la production de pommes de terre irriguées se heurte aux disponibilités en main-d'oeuvre et en terres labourables et irrigables.

La surface en luzerne irriguée dépend fortement du prix de l'eau d'irrigation qui s'il est supérieur à 2 F/m<sup>3</sup> rend l'irrigation de cette culture peu attractive.

## 4 - L'EXPLOITATION n° 4

### 4-1 Description de l'exploitation

L'exploitation produit traditionnellement du fourrage et des céréales et se distingue de l'exploitation n° 3 par le fait que l'exploitant est âgé et que la disponibilité en main-d'oeuvre permanente est plus faible.

La main-d'oeuvre permanente se compose uniquement du chef d'exploitation (67 ans) à temps complet ; il fait appel à la main-d'oeuvre occasionnelle pour la plantation et la récolte de pommes de terre de conservation, à l'entraide familiale (1 frère à mi-temps) pour la récolte des foins et des céréales.

La SAU de l'exploitation s'élève à 19,3 ha répartie en 13 parcelles groupées autour du siège de l'exploitation d'une surface proche de 1 ha et d'une parcelle supérieure à 5 ha.

En novembre 1988, l'assolement est le suivant :

Céréales.....	0,6 ha
Pommes de terre.....	0,5 ha
Luzerne.....	3,7 ha
Prairie de fauche.....	14,3 ha
Jachère.....	0,2 ha

L'exploitation dispose d'une parcelle irrigable (1 ha) qui connaît une rotation luzerne+dactyle/pommes de terre.

Une partie des terres labourables ne sont plus travaillées et se transforment en prairies et l'agriculteur ne renouvelle plus les luzernes depuis 2 ans (pas de semis de luzerne sous orge).

### L'équipement comprend :

#### 1) Tracteurs

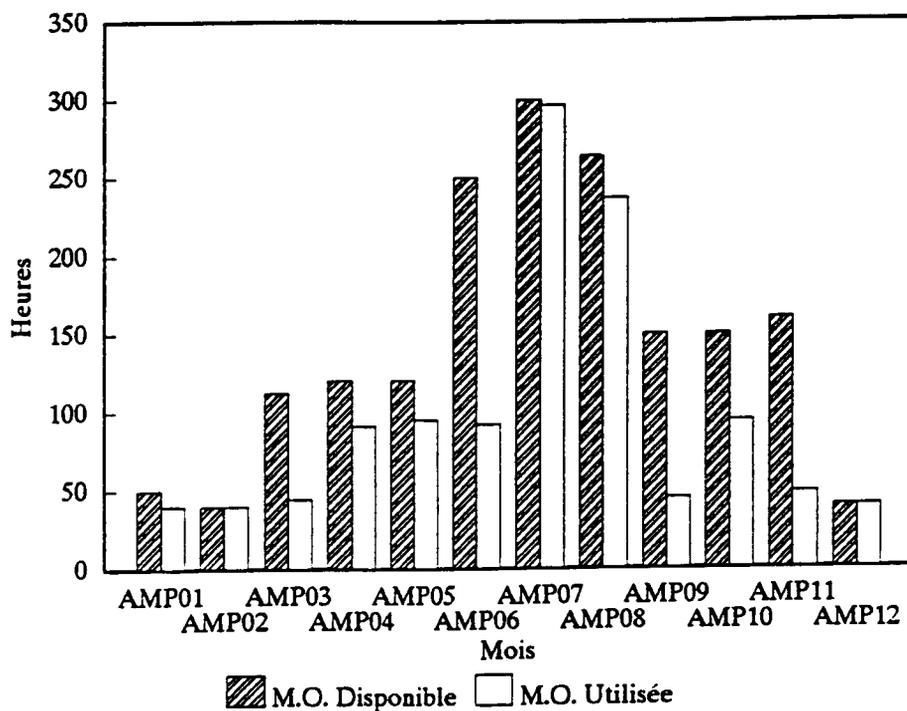
1 35 CV : 2 RM (1960),  
1 45 CV : 2 RM (1979).

#### 2) Travail du sol

1 Herse traditionnelle : 2,80 m,  
1 Cultivateur : 2,00 m,  
1 Rouleau Croskill : 2,30 m,  
1 Charrue bisoc.

# Utilisation moyenne de la main d'oeuvre

## Exploitation n° 4



### 3) Matériel de semis, d'entretien et de récolte

- 1 Epandeur d'engrais,
- 1 Semoir à disques à grains : 1,80 m,
- 1 faucheuse rotative : 1,60 m,
- 1 Râteau faneur,
- 1 Presse à moyenne densité,
- 1 Remorque à foin,
- 1 Arracheuse à pommes de terre de type "Crocodile",
- 1 Benne à grain : 1,5 T.

### 4) Matériel d'irrigation

- 1 Groupe motopompe 8 CV,
- 3 Asperseurs.

### 5) Matériel en CUMA

- 1 Pulvérisateur rampe de 9 m,
- 1 Moissonneuse-batteuse,
- 1 Benne à grains : 3 T,
- 1 Planteuse de pommes de terre.

Les bâtiments comprennent deux hangars pour le stockage de la paille et du foin, un silo à grains et un bâtiment pour le remisage du matériel agricole.

## **Exploitation 4**

### **4-2 Analyse et modélisation du fonctionnement de l'exploitation**

#### **4-2-1 Les ressources et les activités retenues**

L'évaluation de la main-d'oeuvre disponible, au pas de temps mensuel, est réalisée à partir :

- des déclarations de l'exploitant agricole lors de l'enquête,
- d'une estimation de la moyenne des jours disponibles par mois sur la base d'une analyse des données pluviométriques sur 30 ans,
- du temps consacré à la commercialisation des produits (fourrages essentiellement, transporté en bottes) qui est considéré comme indépendant des conditions météorologiques et qui est réparti entre les activités proportionnellement aux volumes produits.

Le tableau ci-dessous rend compte des disponibilités en main-d'oeuvre et de leur utilisation par les différentes activités de l'exploitation.

Compte tenu de l'âge de l'exploitant, de sa tendance à réduire son activité et de son niveau d'équipement, le matériel agricole n'est pas un facteur limitant du fonctionnement de l'exploitation quelle que soit la période considérée. Le modèle ne comporte donc pas de contrainte en matériel.

Les activités prises en compte dans le modèle sont décrites dans le tableau 2 ; nous avons ajouté, aux activités pratiquées par l'exploitant, le semis de luzerne sous orge avec une contrainte de surface minimale permettant d'assurer le renouvellement de la surface en luzerne.

**Tableau 2**  
**Répartition des cultures par îlot**

Culture \ Ilot	Labourable	Non Labourable
	*Céréales	X
*Pommes de terre de conservation au sec	X	
*Pommes de terre de conservation irriguées	X	
*Semis de luzerne	X	
*Luzerne	X	
*Jachère	X	
*Prairie		X

L'analyse des pratiques parcellaires montre que les itinéraires techniques pour la production d'orge et d'avoine sont très proches. Une seule activité (fiche moyenne orge et avoine) est utilisée sous la dénomination "céréales".

#### 4-2-2 Résultats économiques

Les résultats économiques sont détaillés dans le tableau 3 et concernent, à l'hectare, la marge brute, le temps de travail annuel et le niveau des charges proportionnelles par culture.

Cultures	Temps de travail annuel en H/ha	Charges proportionnel en F/ha	Marge brute F/ha
Céréales	55	2 813	1 087
Pommes de terre de conservation au sec	426	24 532	20 468
Pommes de terre de conservation irriguées	534		28 000
Semis de luzerne	3	2 171	429
Luzerne	41	1 667	4 836
Jachère			
Prairie	39	1.485	1 555

Les temps de travaux à l'hectare comprennent le temps consacré à la culture et à la commercialisation. Les temps de travaux des cultures fourragères ont été accrus de 0,5 heure par intervention culturale pour tenir compte des temps de déplacement d'une parcelle à l'autre.

### 4-3 MODELISATION

Le tableau 4 compare l'assolement pratiqué par l'agriculteur en 1988 aux résultats de modélisation.

Cultures	Assolement calculé	Assolement réel	Différence
Céréales	0,9	0,8	+0,1
Semis de luzerne	0,6	0	+0,6
Luzerne	3,1	3,7	-0,6
Pommes de terre de conservation	0,4	0,5	-0,1
Prairie de fauche	14,3	14,3	0

L'assolement calculé correspondrait exactement à l'assolement pratiqué si nous n'avions pas imposé une activité "semis de luzerne" destinée à assurer le renouvellement des luzernes.

La totalité de la surface de l'exploitation est utilisée et les principaux facteurs sont les suivants :

- Surface de l'exploitation,
- Main-d'oeuvre permanente en juillet en août,
- Main-d'oeuvre temporaire en octobre.

Compte tenu de la simplicité du modèle, il réagit peu à une réduction des marges brutes inférieure à 1 000 F/ha.

### 4-4 SIMULATION

Bien que l'activité agricole de cette exploitation soit en régression, quelques parcelles sont incluses dans le périmètre d'irrigation de CAILLE et seront irrigables.

L'exploitant n'envisage ni culture nouvelle, ni cultures fourragères irriguées, mais serait amené à irriguer des pommes de terre pour s'assurer un niveau et une qualité de récolte minimaux.

Les résultats de simulation sont décrits ci-dessous :

Céréales .....	0,8 ha
Semis de luzerne sous orge .....	0,6 ha
Luzerne .....	2,9 ha
Pommes de terre de conservation irriguées	0,7 ha
Prairie de fauche .....	14,3 ha

Malgré une augmentation de la main-d'oeuvre temporaire pour la récolte de pommes de terre, l'assolement varie peu par rapport à la situation actuelle.

L'accroissement de surface et de production de pommes de terre fait passer la marge brute totale de l'exploitation de 40 000 F à 51 300 F.

#### **4-5 CONCLUSION**

Les surfaces occupées par les prairies sont importantes dans ce type d'exploitation et ne correspondent pas uniquement à des terres non labourables.

La réduction des surfaces cultivées permet de réduire les exigences en temps de travail et de ne travailler que les terres proches du siège de l'exploitation.

La main-d'oeuvre familiale est la seule utilisée ; des aides ponctuelles sont nécessaires, quelques jours par an, pour la plantation et la récolte des pommes de terre : elles sont d'origine familiale ou amicale, jamais salariées.

L'introduction de l'irrigation est limitée à la culture de pommes de terre irriguées sur une surface modeste. Cependant cette nouvelle culture assure une régularisation et un accroissement de la marge brute totale de l'exploitation.

## 5 - L'EXPLOITATION n° 5

### 5-1 Description

L'exploitation relève des exploitations d'élevage ovin dont l'activité est en régression ; cette situation se caractérise par un troupeau de petite taille (85 brebis), une main-d'oeuvre permanente âgée et une surface en pâture ou prairie supérieure à 50 % de la SAU.

La main-d'oeuvre permanente se compose du chef d'exploitation (58 ans) et d'un ascendant (75 ans). L'exploitant fait appel à de la main-d'oeuvre occasionnelle en septembre pour la récolte des pommes de terre.

En novembre 1988, la SAU de l'exploitant est de 30 ha et l'assolement est le suivant :

Céréales.....	4,4 ha
Luzerne.....	8,6 ha
Pommes de terre de conservation..	0,2 ha
Prairie de fauche .....	13 ha
Pâture.....	4,2 ha

Le parcellaire est excessivement morcelé (96 parcelles, soit en moyenne 0,3 ha par parcelle...) et seules quelques parcelles labourées sont d'une surface supérieure à 1 ha.

### L'équipement comprend :

#### 1) Tracteurs

1 45 CV : 2 RM (1966).

#### 2) Travail du sol

1 Herse traînée,  
1 Charrue bisoc.

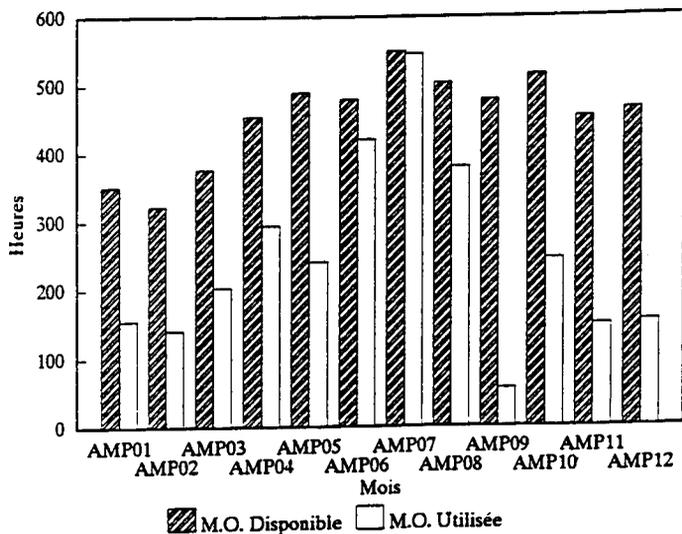
### **Surface optimale en prairie irriguée**

#### **En fonction de la marge brute**

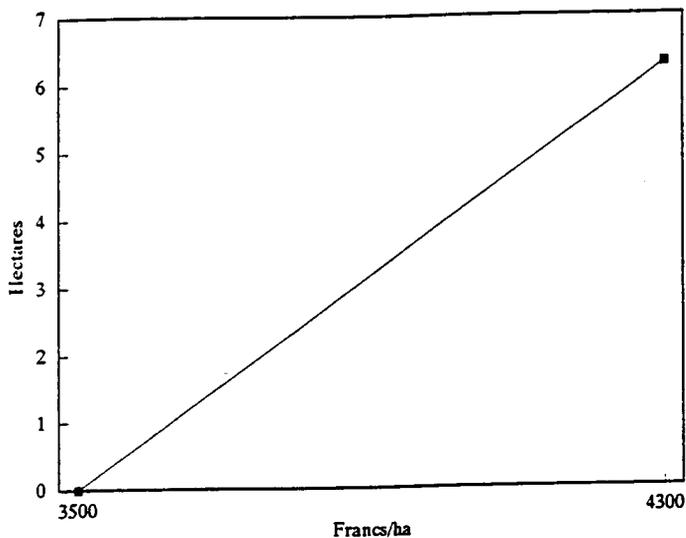
#### 3) Matériel de récolte

1 Faucheuse : 1,50 m,  
1 Râteau faneur frontal : 1,80 m,  
1 Presse ramasseuse moyenne densité,

## Utilisation moyenne de la main d'oeuvre Exploitation n° 5



## Surface Optimale en prairie irriguée En fonction de la marge brute



1 Remorque à foin,  
1 Arracheuse de pommes de terre de type  
"Crocodile".

Le troupeau se compose de :

- 85 brebis-mères,
- 16 agneaux femelles,
- 2 béliers.

Il utilise la totalité des productions fourragères et des céréales de l'exploitation et est conduit en 2 lots selon la date de naissance des agneaux. Le calendrier fourrager ci-après (tableau 1) précise la conduite des différents lots. Le troupeau est mis en estive auprès d'un berger salarié du 15 juin au 30 septembre.

Les bâtiments d'élevage comprennent trois bergeries anciennes 330 m<sup>2</sup> au total, deux granges de petite capacité et une remise pour le matériel.

## 5-2 Analyse et modélisation du fonctionnement de l'exploitation

### 5-2-1 Les ressources et les activités retenues dans le modèle

L'évaluation des disponibilités en main-d'oeuvre, au pas de temps mensuel, repose sur :

- l'évaluation des jours disponibles pour les travaux des champs à partir d'une analyse statistique des données pluviométriques,
- les déclarations de l'agriculteur qui permettent de soustraire au temps disponible le temps consacré à l'entretien du troupeau,
- le conditionnement et la vente des pommes de terre sont intégrées dans l'activité pommes de terre.

Le tableau 2 ci-dessous présente la main-d'oeuvre disponible pour les cultures et son utilisation.

Des contraintes de disponibilité du tracteur sont écrites pour les périodes correspondant aux labours d'automne et de printemps.

Les activités réalisables par îlot sont définies dans le tableau 3.

**Tableau 3**  
**Répartition des cultures**

Cultures	Ilot	Terres labourables	Terres non labourables
Luzerne		X	
Orge		X	
Blé d'hiver		X	
Pommes de terre de conservation		X	
Prairie		X	X
Pâture		X	X

Dans un premier temps, nous avons défini trois îlots en subdivisant l'îlot labourable en un îlot labourable et un îlot labourable favorable à la culture des pommes de terre. Pour des raisons de simplification de l'agrégation des différentes exploitations correspondant au type de celle-ci, nous avons choisi de les regrouper.

### 5-2 Résultats économiques

Les pommes de terre vendues directement à un grossiste sur place représentent la seule culture dont le produit brut soit aisé à atteindre.

Pour les autres productions, valorisées par le troupeau, nous avons réparti le produit de la vente annuelle des agneaux en fonction de la surface et de la valeur fourragère théorique de chaque culture.

Les subventions (primes compensatoires ovines) par brebis sont transformées en primes par hectare et sont réparties en fonction de la contribution de chaque culture fourragère à l'alimentation du troupeau. Elles interviennent comme des charges proportionnelles négatives et expliquent, par exemple, le niveau de charge négatif de l'activité pâture.

Les résultats économiques obtenus sont les suivants :

**Tableau 4**  
**Résultats économiques**

Culture	Temps de travail annuel en H/ha	Charges proportionnelles en F/ha	Marge brute en F/ha
Luzerne	40	51	1 269
Blé d'hiver	50	1 161	519
Orge	42	1 329	351
Pommes de terre de conservation	370	13 420	8 832
Prairie	58	389	645
Pâturage	4	- 58	349

**Tableau 5**

Cultures	Assolement calculé	Assolement réel	Différence
Céréales	3,8	4,0	-0,2
Luzerne	9,5	8,6	+0,9
Pommes de terre de conservation	0,2	0,2	0
Prairie de fauche	17,7	13,0	-1,3
Pâturage	4,8	4,2	+0,6

### 5-2-3 Hypothèses de modélisation et résultats

Le logiciel GEDE maximise la marge brute totale de l'exploitation, sous un ensemble de contraintes techniques, à structure de production constante.

Dans le cas d'une exploitation d'élevage, cela implique que la structure de l'exploitation (foncier, main-d'oeuvre permanente, équipement, cheptel) est considérée comme fixe.

Ne pouvant faire varier l'effectif et la composition du troupeau, nous avons écrit des contraintes particulières assurant le renouvellement du troupeau et notamment un apport énergétique suffisant.

Les contraintes considérées concernent :

- la surface de pâturages de printemps,
- le volume de foin,
- la quantité de céréales.

Les décisions d'assolement de l'exploitant pour la campagne 1988 sont comparées aux résultats de modélisation dans le tableau 5.

L'assolement calculé, proche de celui de l'exploitant, reflète les choix de l'agriculteur.

Les principaux facteurs limitant le développement de l'exploitation sont :

- la surface de l'exploitation,
- la surface en pommes de terre,
- la main-d'oeuvre permanente en juillet pour la récolte des fourrages.

L'alimentation du troupeau est largement assurée (contraintes correspondantes non saturées) par la production fourragère et céréalière de l'exploitation qui permettrait de doubler l'effectif du troupeau.

La simplicité du modèle (peu d'activités proposées et système assez contraint) le conduit à peu faire varier la nature de l'assolement lorsque les contraintes sont desserrées.

Les marges brutes peuvent varier d'environ 400 F en moyenne sans que la nature des activités sélectionnées soit remise en cause.

## 5-4 SIMULATION

Compte tenu de la localisation des parcelles de l'exploitation et des limites du projet d'irrigation, 6 ha environ de terres labourables seraient irrigables.

L'agriculteur aurait la possibilité d'y cultiver des pommes de terre de conservation irriguées ; il prévoit de pratiquer cette culture et d'embaucher 1 à 2 personnes pour la récolte et éventuellement d'arroser des luzernes les années sèches.

La simulation de ce projet aboutit à l'assolement suivant :

Céréales.....	2,8 ha
Luzerne.....	9,6 ha (dont 4 ha irrigués)
<b>Pommes de terre de conservation irriguées</b> .....	
Prairie de fauche .....	1,9 ha
Pâturage.....	11,7 ha
	4,2 ha

L'introduction de pommes de terre irriguées se traduit par une régression des surfaces en céréales et par un accroissement significatif de la marge brute totale de l'exploitation (de 25 000 à 86 000 F).

De nouveaux facteurs limitants apparaissent :

- . l'alimentation en céréales du troupeau,
- . la main-d'oeuvre permanente et saisonnière en octobre,
- . la surface irrigable.

En fonction de la variation de la marge brute de la luzerne irriguée, la surface irriguée varie de 2,6 à 4,4 ha.

La culture de pommes de terres irriguées est préférée à celle des pommes de terre au sec dès que la marge brute est supérieure à 3 000 F/ha.

## 5-5 CONCLUSION

D'après les résultats de modélisation, le passage à l'irrigation serait attractif pour cette exploitation agricole dans la mesure où le troupeau ovin n'occupe pas la totalité de la main-d'oeuvre.

Cependant il est nécessaire de tenir compte de deux caractéristiques exogènes au modèle :

- l'exploitant est âgé et choisit des activités lui permettant de réduire son activité, ce qui peut être en contradiction avec la pratique de l'irrigation,

- le parcellaire de la zone où est située l'exploitation est extrêmement morcelé.

## CONCLUSION

L'analyse et la modélisation du fonctionnement des différents types d'exploitation du canton de ST AUBAN amène à constater la diversité des comportements des exploitants lors de l'introduction de l'irrigation.

Cette diversité se traduit tant par les itinéraires techniques pratiqués et leurs marges brutes que par les surfaces irriguées prévues par le modèle.

Les stratégies de passage à l'irrigation sont essentiellement fonction de la main d'oeuvre disponible et des cultures pouvant être introduites dans l'exploitation.

D'un point de vue technique, le logiciel GEDE s'est révélé suffisamment souple pour pouvoir modéliser le fonctionnement d'exploitations très variées allant du maraîchage à l'élevage en passant par des exploitations produisant des grains et des fourrages.

L'utilisation de GEDE dans des exploitations ayant une production légumière significative pose des problèmes de pas de temps, pour la description de ces activités. Ne prenant pas en compte les risques climatiques et issus de la commercialisation, il propose, en général des assolements insuffisamment diversifiés

En ce qui concerne les exploitations d'élevage, le raisonnement sur ces surfaces cultivées doit se conduire à structure de production constante et donc à cheptel identique.

## BIBLIOGRAPHIE

**BOUSSARD J.M.**, - programmation mathématique et théorie de la production - Ed. Cujas - 251 p.

**BOUSSARD J.M., BRUN A.** - 1970 - Adaptation de l'agriculture à l'irrigation. Etude économétrique des exploitations du Bassin de la Laye. Paris - INRA - Série - Travaux de Recherches - 82 p.

**DIQUELOU P.** - 1989 - Analyse du fonctionnement des exploitations du canton de SAINT-AUBAN - Rapport d'étude - 42 p.

**RIEU T., MARTINAND P., DIQUELOU P.** - 1989 - Analyse économique préalable à la conception d'un périmètre irrigué dans le canton de SAINT-AUBAN - Communication aux journées d'étude de la Commission Internationale de Génie Rural -11 p.

**RIEU T.** - 1989 - Etudes économiques préalables à la conception de périmètres irrigués dans le canton de SAINT-AUBAN. Rapport d'étude - 60 p.



**Troisième partie**

**PERSPECTIVES d'UTILISATION**  
**et EVOLUTION**



# PERSPECTIVES D'UTILISATION ET D'EVOLUTION

Rémy SEVERAC

## 1 - APERCU DES UTILISATIONS

Dans les chapitres précédents quelques exemples d'utilisation axés sur le raisonnement des équipements ont été présentés. Le tableau 3 de la page 19 schématise les éléments qui interviennent dans le calcul d'optimisation du système d'exploitation.

La considération des différents termes permet d'identifier les familles de problématiques à résoudre :

- Diversification des techniques et des activités : Il s'agit d'une part de la variation des valeurs portées dans les colonnes, mais aussi de l'introduction ou de la suppression de colonnes.

- Variation des prix : La variation du prix des intrants (charges opérationnelles) et du prix de vente (produit brut) ce qui entraîne une variation de la marge brute (dernière ligne du tableau).

- Variation de structure de l'exploitation : La dernière colonne du tableau chiffre la capacité de l'exploitation pour chacun des facteurs de production. On peut distinguer des contraintes économiques et environnementales extérieures à l'exploitation et des contraintes de structures propres à l'exploitation (terre, travail, capital) . Ces variations peuvent porter sur les valeurs des seuils de la dernière colonne du tableau, mais se traduire aussi par la suppression ou l'introduction de lignes.

### 1-1 Techniques, itinéraires techniques et activités

Les doses d'intrants, les durées de travaux par période pour une activité donnée, chaque coefficient à la croisée d'une ligne (contrainte) et d'une colonne (activité) peut être modifié et il est immédiat de simuler les conséquences de la modification de la technique sur le système d'exploitation.

Citons quelques cas à titre d'illustration :

- . Changement de la durée d'une opération culturale
- . Traitement pesticide supplémentaire
- . Incidence de différentes doses d'eau sur du maïs (date et durée des opérations)
- . Incidence de la pratique de l'éclaircissage sur pèche.

La méthode est commode pour comparer deux techniques cependant, elle ne permet pas de déterminer le meilleur niveau d'emploi d'un intrant mais seulement le meilleur parmi ceux qui sont testés.

Les itinéraires techniques diffèrent en général avec les équipements mais on peut aussi les modifier sans changer les moyens de production. Par exemple:

- si les ressources en eau sont limitées, faut-il irriguer au canon enrouleur une faible surface selon les besoins de la culture ou une surface plus importante recevant seulement une irrigation de complément qui implique en même temps une fertilisation réduite, une densité plus faible, éventuellement une lutte moins intensive contre les parasites ?

- l'introduction de traitements fongicides sur blé permet des semis plus précoces à l'automne avec des rendements plus élevés mais oblige à repenser l'organisation des successions culturales, les travaux d'enlèvement de récoltes des précédents, les travaux de préparation des semis de blé.

Les exemples de ce type sont nombreux surtout si on associe au changement d'itinéraires techniques un changement d'équipement. On reviendra sur ce problème en étudiant les problèmes de changement de structure de l'exploitation. Signalons cependant dès maintenant qu'il sera fréquent de prendre en compte les changements d'équipement qui accompagnent les modifications d'itinéraires techniques, par exemple :

- simplification des travaux du sol pour le semis
- vendange manuelle et vendange mécanique
- comparaison de techniques d'irrigation (quadrillage, canons enrouleurs, machines à pivots)
- tracteur de puissances associées à des machines de largeur de travail appropriées.

La comparaison d'itinéraires techniques appliqués à une même espèce est une comparaison d'activités par exemple l'activité maïs irrigué selon les besoins en eau de la plante, le maïs irrigué en irrigation restreinte (O, 6 ETP) et le maïs non irrigué.

De même selon les variétés, les dates de plantation, la destination de la récolte. La tomate, par exemple, représente des activités différentes allant de la tomate de bouche à la tomate industrielle, de la tomate précoce forcée à la tomate de saison.

Une même espèce peut ainsi donner lieu à différentes activités plus ou moins indépendantes (des impératifs agronomiques notamment d'assolement pourront être communs alors que les impératifs de techniques culturales seront indépendants).

A côté des changements d'itinéraires (techniques qui modifient l'activité), il est possible d'introduire ou d'enlever des activités.

En conséquence, il s'agit d'un moyen privilégié pour étudier la diversification des productions.

Quel est l'intérêt pour telle ou telle structure d'exploitation d'introduire de nouvelles spéculations ? Après la 2ème guerre mondiale, l'art des combinaisons rentables est passé au second plan face aux avantages de la spécialisation : l'accroissement de productivité due au savoir faire du spécialiste contrebalançait largement la recherche d'un meilleur emploi du facteur et la répartition du risque. La réduction des marges, l'encombrement des marchés, la protection de l'environnement conduisent maintenant à rechercher des équilibres entre les activités moins dommageables à l'environnement tout en améliorant la rentabilité grâce à un meilleur savoir faire combinant l'organisation du travail et des itinéraires techniques efficaces.

### **1-2 Variation des prix**

Le calcul de la marge brute varie avec le coût des intrants : engrais, pesticides, eau, aliments du bétail acheté, travaux par tiers, etc... De même, le produit brut et par conséquent la marge brute varient avec le prix de vente des produits.

La méthode permet de simuler les effets de la variation des prix toutes choses égales par ailleurs, par contre, elle convient moins bien pour prévoir les modifications de techniques qu'il serait souhaitable de réaliser.

Si par exemple, le prix des engrais est augmenté de 20 %, le calcul déterminera la perte de revenu et éventuellement la substitution d'activités, par contre, il peut-être intéressant d'utiliser des doses d'engrais plus faibles mais pour le savoir, il faudra procéder à plusieurs tests, c'est-à-dire, effectuer le calcul pour chacun des nouveaux itinéraires techniques proposés.

De même faire varier le prix de vente en supposant toutes choses égales par ailleurs ne reflète pas totalement la réalité.

En effet, si le prix de vente augmente, il y aura souvent intérêt à accroître le rendement (et pour cela modifier notamment les intrants). On peut donc distinguer 2 phases dans les études de variations de conjoncture.

1 - Calculer l'effet des variations de prix en supposant inchangé les activités mises en concurrence.

2 - Rechercher quelles modifications apporter aux activités pour s'adapter au mieux aux variations de prix en testant quelques propositions de changement de techniques (plus ou moins intensives selon le cas).

### 1-3 Structure de l'appareil de production

Si dans un premier temps il s'agit bien d'optimiser la répartition des activités en fonction des facteurs de production existants, ici on va rechercher les modifications de l'appareil de production, c'est-à-dire, les investissements ou les désinvestissements qui sont les plus profitables.

Les applications présentées dans la deuxième partie de ce document en sont l'illustration. La comparaison de 2 situations faisant intervenir un équipement différent se fait de la manière suivante :

1 - Calcul de la marge brute des situations 1 et 2 sans tenir compte du coût des investissements nécessaires ; soit  $M B S_1$  la marge brute de la situation 1 et  $M B S_2$  la marge brute de la situation 2.

2 - Evaluation de la différence d'amortissement annuel des situations  $S_1$  et  $S_2$ .

$A = AS_2 - AS_1$  en valeur algébrique avec  $AS_1$  amortissement de la situation 1 et  $AS_2$  amortissement de la situation 2.

$$3 - \text{Gain} = M B S_2 - M B S_1 - A.$$

Il y a lieu de remarquer toutefois que le calcul de  $A$  peut être complexe car il peut y avoir des ventes d'équipement pour passer de la situation 1 à la situation 2 ainsi que des désinvestissements sans possibilité de vente.

Par exemple,  $A$  peut être négatif (désinvestissement). Pour la phase de transition, les investissements existants peuvent être un obstacle au changement.

Pour rechercher les changements profitables, on pourra observer les profits marginaux des contraintes saturées qui sont un indicateur des contraintes à desserrer.

Dans le calcul précédent, on peut avoir  $MBS_2 < MBS_1$  mais si  $A$  est négatif, il se peut que  $MBS_2 - MBS_1 - A$  soit positif. Supposons par exemple un jeune verger ( $MBS_1$ ) pour lequel on envisage le remplacement par une culture annuelle ( $MBS_2$ ). Dans ce cas si  $MBS_2 - MBS_1$  est positif on a intérêt à arracher le verger. Si  $MBS_2 - MBS_1$  est négatif, le verger sera conservé jusqu'au moment du renouvellement. A ce moment là, le remplacement du verger par la culture annuelle diminuera la charge de structure de la valeur  $A = AS_2 - AS_1$  ( $A$  est négatif). Si  $MBS_2 - MBS_1 - A < 0$  on replantera le verger sinon on remplacera le verger par la culture annuelle.

### 1-3-1 Le facteur terre

Jusqu'à maintenant, le facteur terre a souvent été limitant, la mécanisation, notamment, ayant augmenté considérablement la productivité du travail. Il s'est développé une agriculture de plus en plus intensive avec fréquemment un sous emploi d'une partie au moins de l'équipement. De plus ce suréquipement est une assurance pour faire face aux années climatiques défavorables (réduction des jours disponibles).

Si on calcule le système optimal pour une année climatique normale, on va très souvent mettre en évidence un sous emploi de l'équipement et on obtiendra aussi un profit marginal de la terre élevé qui révèle que l'exploitation pourrait accroître la surface cultivée sans accroître ses moyens de production, au besoin en pratiquant une agriculture moins intensive.

Les exploitants peuvent étudier avec l'outil GEDE les conséquences d'une politique de gel des terres et en déduire par exemple le montant de l'aide qui équilibrerait un gel de 20 % de la superficie de l'exploitation.

Il est clair que l'impératif de réduction de 20 % de la SAU conduirait à éliminer les plus mauvaises terres et à une agriculture encore plus intensive sur le reste de l'exploitation.

Un impératif de baisse de 20 % de la production sans imposer de gel de terre pourra par contre s'opérer de différentes manières : extensification combinée de gel de terre et désinvestissement. La méthode peut être utilisée pour calculer la surface que l'exploitation pourrait cultiver avec profit sans investissement supplémentaire.

Il suffit d'être en mesure de calculer le coût des charges (fermage, impôts fonciers, intérêt du capital) liées à l'unité de surface, d'introduire ces charges en supplément dans chacune des fiches d'activités susceptibles d'être cultivées sur cette nouvelle surface, de prendre une limite de surface pour l'ilôt assez grande pour ne plus être limitante. Le calcul déterminera la surface optimale à cultiver d'où par différence la surface complémentaire recherchée.

### 1-3-2 Le travail

La main d'oeuvre permanente disponible, souvent réduite à la main d'oeuvre familiale est en général le facteur de base de l'exploitation autour duquel avec la superficie se constitue le système d'exploitation.

Les changements importants avec l'arrivée d'un fils ou le départ d'un père sont l'occasion de réorganisations importantes qui peuvent être réfléchies à l'aide de la méthodologie GEDE.

Lorsque la main d'oeuvre permanente est saturée, si le profit marginal de l'heure de main d'oeuvre est élevé, il sera probablement intéressant pour l'exploitation de faire appel à de la main d'oeuvre temporaire. Dans les situations réelles, on constate bien que l'exploitation a recours à de la main d'oeuvre d'appoint lors des pointes de travail. Il en résulte que le profit marginal de l'heure de main d'oeuvre n'est pas élevé.

L'évaluation du nombre de jours disponibles pour réaliser les différentes opérations culturales est difficile à connaître en raison des nombreux paramètres qui interviennent : nature des sols, nature des travaux et de la culture, fréquence des situations climatiques mais aussi parce que l'attitude du chef d'exploitation face au risque (ses règles de décision) dépend de facteurs psychologiques qui lui sont spécifiques (voir paragraphe 3.2.2.).

En outre la main d'oeuvre familiale peut accepter des pointes de travail importantes, d'où la nécessité de vérifier avec l'exploitant les limites réelles de la saturation. De plus certains chefs d'exploitation déclarent que leur objectif est de moins travailler et non de gagner plus d'argent. La contrainte de "moins travailler" peut parfois être satisfaite par des itinéraires techniques moins exigeants en travail.

Cette remarque pour rappeler que le calcul permet de combiner au mieux les itinéraires techniques retenus mais qu'il y a lieu de s'interroger en permanence sur leur pertinence notamment face aux contraintes saturées.

### 1-3-3 L'équipement

C'est l'aide à la décision en matière d'équipement qui pour le Département "Production et Economie Agricoles" du CEMAGREF constitue le principal intérêt de GEDE. Il permet de prendre en compte l'interaction de l'ensemble du système de production, c'est-à-dire, de réaliser une approche systémique et en même temps d'identifier les liaisons internes de cause à effet ce qui guide dans la recherche des améliorations à apporter.

A partir d'une situation initiale, il identifie s'il y a lieu les contraintes dues à une insuffisance d'équipement.

Ensuite, la réflexion amène à tester différentes solutions d'amélioration ce qui peut conduire à agir aussi sur d'autres facteurs que l'équipement et à remettre en cause les itinéraires techniques et même les activités.

- S'il s'agit de l'introduction d'un équipement innovant pour l'exploitation, il faudra être très attentif aux références, à la capacité de l'exploitation de travailler selon les normes retenues.

- Enfin, le passage de la situation actuelle à la situation d'avenir estimée souhaitable devra être étudiée selon un plan analogue à un plan de développement avec la constitution de budget prévisionnel annuel et vérification que les contraintes, notamment financières, pourront être respectées.

On a vu des exemples d'études (irrigation et machinisme) dans les chapitres consacrés aux applications, on pourrait dresser une liste à l'infini des équipements à étudier. Nous n'indiquons ici que quelques cas à titre d'illustration.

- Faut-il changer la puissance du tracteur, en acheter un ou en vendre un ?

- Faut-il mécaniser un travail réalisé jusque là manuellement ?

- Quel est l'intérêt de telle ou telle fonction supplémentaire sur le tracteur ?

- Quelle largeur de travail faut-il adopter lors de l'achat d'un équipement de remplacement ?

- Faut-il adopter une nouvelle méthode de simplification du travail du sol ?

- Quel est l'équipement en matériel d'irrigation qui conviendra le mieux ?

- Faut-il drainer ? Quelles seront les conséquences sur l'équipement etc...?

Un changement en appelle en général d'autres jusqu'à un nouvel équilibre. La méthode permet de prospecter ce nouvel équilibre et de réfléchir aux conséquences du changement que l'on envisage tandis qu'il est fréquent qu'une réflexion au premier degré conduit à un investissement dont l'agriculteur ne voit que progressivement les conséquences lorsqu'il les subit.

### **1-3-4 Contraintes extérieures à l'exploitation**

A coté des contraintes de structure internes à l'exploitation, il y a lieu de tenir compte aussi des contraintes du milieu physique, économique et social qui constituent l'environnement de l'exploitation. Citons quelques exemples :

- Ressources en eau disponibles ou encore débit instantané limité
- Quotas de production = surfaces en vigne, en betterave sucrière ou encore quotas laitiers
- Contrats de production avec organisme traitant ou commercialisant le produit
- Isolement de cultures de semences.

Ces variations de contraintes extérieures à l'exploitation peuvent quelques fois entraîner aussi des variations de charges de structure mais plus fréquemment, elles ont une incidence sur la valeur de reprise de l'exploitation.

### **1-4 Démarche générale**

Dans les paragraphes précédents, nous avons distingué différentes familles de changement selon qu'il s'agissait d'itinéraire technique, d'activité, de prix, de l'appareil de production mais en réalité un changement en appelle souvent un autre jusqu'à retrouver un nouvel équilibre.

D'abord, il paraît peu indiqué de tester plusieurs changements sans étudier les conséquences de l'introduction progressive de chacun d'entre eux. En effet, en introduisant les changements les uns après les autres, on comprend mieux les conséquences ce qui guide vers les améliorations à apporter.

Il y a lieu de noter aussi que les améliorations sont de deux ordres, il y a d'une part, des améliorations technologiques qui portent sur les itinéraires techniques appliqués aux activités et sur les investissements et d'autre part, des améliorations organisationnelles dont une part relève du calcul de GEDE. Dans tous les cas, l'expertise et la réflexion sont des compléments indispensables pour optimiser les résultats.

La fiabilité des conclusions dépend de la précision des références mais la pertinence de celles-ci n'est pas optimisée par GEDE qui peut seulement calculer le meilleur agencement des activités proposées mais ne peut que tester les pratiques culturales qui concourent à réaliser ces activités.

Les quatre applications présentées dans la deuxième partie limitées aux problèmes d'équipement montrent bien la diversité des problèmes à résoudre, les répercussions diverses sur les superficies cultivables, la main d'oeuvre nécessaire, l'évolution des activités, l'importance primordiale de certains choix de l'agriculteur.

Le calcul toutefois n'est pas en mesure de déterminer l'optimum d'emploi du facteur de production même si l'on connaît la fonction de production au sens des agronomes par contre, il est possible de tester quelques situations pour déterminer une plage d'optimum d'emploi.

Ce type de recherche exige de réfléchir en même temps aux différentes contraintes qui déterminent le système afin de lever les verrous qui proviennent d'une technique inadaptée ou d'un facteur de production qui peut être modifié (investissement).

Notons que les conclusions dépendent des facteurs limitants et qu'en conséquence, la précision des références les concernant est essentielle alors que l'information relative aux facteurs largement non limitants peut être beaucoup moins précise.

Lors de la constitution d'un dossier, la précision des références peut être médiocre mais celle-ci devra ensuite être affinée pour les facteurs saturés ou près de la saturation. On limite ainsi le travail nécessaire à l'établissement de références précises qui serait nettement plus lourd si la même précision était exigée sur l'ensemble des données.

La réflexion approfondie pour une meilleure stratégie sur une exploitation est en général complexe. Nous allons l'illustrer par deux exemples. Supposons un agriculteur dont le profit n'est pas l'objectif prioritaire, il souhaite diminuer le temps de travail et recherche un compromis entre un gain suffisant et un travail réduit.

Il peut dans un premier temps limiter le travail disponible et rechercher le profit maximum en fonction de ces contraintes de temps disponibles mais il peut aussi revoir les itinéraires techniques pour d'une part, modifier le calendrier des travaux et d'autre part, adopter des techniques moins exigeantes en main d'oeuvre (par exemple simplification du travail du sol, mécanisation d'un travail manuel, conduite d'une culture moins intensive, etc...).

GEDE permet de combiner au mieux les activités mais le résultat dépend aussi du bon choix des itinéraires techniques appliquées à ces activités.

Un autre exemple peut être illustré par le thème de l'extensification définie par la quantité produite à l'unité de surface. Lorsque la superficie est limitante, il apparaît un profit marginal à l'hectare. Si, sans modifier les autres facteurs de production, on accroît la superficie de l'exploitation, on constate qu'à partir d'une certaine quantité, la surface cultivée n'augmente plus et le profit marginal de la terre est nul.

En réalité, l'exploitant peut réagir de deux manières, accroître ses moyens de production pour exploiter cette superficie plus grande sans devenir plus extensif, ou bien modifier les itinéraires techniques antérieurs pour qu'ils soient moins exigeants en facteurs de production ce qui conduit à une extensification sur une surface encore plus grande.

Nous avons donc deux modes d'extensification, le premier a consisté à combiner les activités de manière à cultiver une surface plus grande sans modifier les itinéraires techniques ce qui s'est traduit par l'accroissement en superficie des activités moins exigeantes en moyens de production, le deuxième a modifié les itinéraires techniques appliqués aux activités.

Mais, en général l'agriculteur adopte une 3ème voie plus rentable qui consiste à accroître ses moyens de production et reste à un niveau d'intensification à l'hectare voisin de celui qu'il pratiquait avant l'agrandissement.

Supposons maintenant que pour une exploitation de surface donnée on recherche la compensation nécessaire pour qu'elle produise 20 % de production en moins en conservant le même revenu. Le gel de 20 % de terres ne sera pas suffisant car ce sont les superficies les moins productives qui seront gelées et la diminution de production sera inférieure à 20 %.

Par contre produire 20 % de moins sur la totalité de la surface obligera à rechercher des méthodes de production économes sur les intrants et il en résultera des techniques de production moins intensives.

GEDE permettra de calculer la nouvelle marge brute d'où le calcul de la subvention qui permettrait de maintenir le revenu.

Pour les exemples cités :

- la limitation du temps de travail
- l'extensification

Nous avons vu la synergie des deux recherches :

1 - Optimisation de la combinaison des activités

2 - Bon choix des activités notamment des itinéraires techniques qu'on leur applique.

La complexité vient de l'aller-retour continu de ces deux recherches que l'on doit combiner aux modifications à apporter à l'appareil de production pour desserrer les contraintes avec profit. La méthodologie constitue un guide pour la réflexion et un moyen rapide de calcul pour rechercher des solutions meilleures.

## 2 - LIMITES ET INSUFFISANCES

### 2-1 L'hypothèse de linéarité n'est pas respectée

L'emploi d'un facteur n'est pas proportionnel à l'importance de l'activité qui l'utilise. Par exemple, un îlot éloigné du siège d'exploitation exige un temps de déplacement fixe important par rapport au temps proportionnel à la surface de l'activité par conséquent la durée globale du travail ramené à l'hectare varie avec la surface et n'est pas proportionnelle à la surface.

On suppose aussi qu'il n'y a pas d'économie d'échelle dans la limite de la capacité des équipements utilisés ; toutefois, lorsque se pose le problème du remplacement, un équipement ajusté aux besoins sera avantageux par rapport à un surdimensionnement inutilement plus cher. La charge de renouvellement du matériel ne sera pas indépendante du volume de l'activité qui l'utilise.

Le problème de la non linéarité doit être examiné avec soin mais en général ne présente pas de difficultés insurmontables (on peut notamment après quelques tâtonnements déterminer la plage autour de laquelle se situe la solution et proposer une valeur approchée du coefficient technologique).

### 2-2 Précision des références

Ce problème déjà abordé au début du paragraphe 1.4. concerne toutes les méthodologies mais il est d'autant plus difficile à régler que l'analyse doit être approfondie. Une méthode sophistiquée telle que la programmation linéaire est très exigeante en références précises toutefois l'utilisation de GEDE atténue fortement ces exigences pour deux raisons.

D'abord en traitant des cas réels, les références sont celles qui s'appliquent à ce cas ; si l'exploitation a des enregistrements, les références sont précises et s'appliquent bien à l'exploitation. Si l'exploitation n'a pas d'enregistrement, il s'agit d'obtenir que l'agriculteur soit en mesure d'indiquer quelles sont les données sur lesquelles il s'appuie pour prendre ses décisions puisque c'est en définitive ce qu'il croit qui l'aide à se décider.

Ensuite, il n'est pas indispensable d'avoir une information très précise sur tous les facteurs, en effet dans un premier temps, il apparaît les contraintes limitantes et c'est pour elles et celles qui sont près de la saturation que la précision doit être établie ce qui réduit l'effort de recherche de grande précision à quelques variables seulement.

Des références normatives peuvent être utiles lors de la phase de démarrage en tant que cadrage et pour suppléer l'information insuffisante fournie par l'agriculteur, mais par la suite, l'agriculteur devra être en mesure de fournir les données qui lui sont propres.

Ces références normatives sont aussi utiles pour les nouvelles activités de l'exploitation en les validant par comparaison aux références réelles se rapportant aux activités pratiquées.

### **2-3 Les motivations du chef d'exploitation**

Le tempérament, la psychologie, le goût du risque (ou son aversion) le savoir-faire de l'exploitant sont autant de situations dont dépend la décision du chef d'exploitation.

On peut en général poser sous forme de contraintes les impératifs que se donne l'agriculteur par exemple impératifs religieux (ou de superstition), désir de constituer un patrimoine, refus de dépasser telle quantité de travail etc... puis déterminer dans le contexte du respect de ces contraintes, la répartition d'activité la plus favorable du point de vue économique.

La difficulté va consister à expliciter ces contraintes objectives ou subjectives. De plus les itinéraires techniques risquent fort d'être influencés par ces motivations.

### **2-4 La qualité des itinéraires techniques**

Comme indiqué dans le paragraphe 1.4., le logiciel permet de tester des itinéraires techniques mais ne permet pas d'optimiser des fonctions de production. Il y a souvent plus à gagner en améliorant l'itinéraire technique qu'en combinant mieux les activités.

Ce gain peut provenir de l'amélioration des techniques (meilleure variété, densité, apport d'engrais, emploi de pesticides, etc...) mais aussi du changement des séquences de technique en évitant qu'un facteur soit limitant sur une activité rémunératrice.

Ce savoir-faire technique repose sur les capacités de l'agriculteur (connaissance, réflexion, application).

## 2-5 L'importance du "risque"

Pour le moment, la méthodologie GEDE est insuffisante face aux risques. En effet, le calcul repose sur des situations normales. D'une manière pragmatique, il y a lieu de traduire les risques sous forme de contraintes, par exemple, en limitant les surfaces d'une activité pour laquelle les prix de vente des produits sont très fluctuants.

De même pour s'assurer que les travaux pourront être réalisés en temps opportun, on prendra une marge de sécurité, par exemple, en prenant pour seuil de jours disponibles celui qui correspond à 9 années sur 10.

Une autre méthode (voir paragraphe 3.2.2.) consiste à calculer pour chacune des situations possibles ce qu'il vaut mieux faire et retenir la stratégie qui, appliquée aux différents états de la nature, assure le meilleur résultat.

## 2-6 La substitution des facteurs de production

Il est fréquent que des facteurs de production soient substituables ce que le calcul ne fait pas apparaître.

Si par exemple, une exploitation dispose de deux tracteurs, l'un de 90 CV, l'autre de 55 CV, celui de 55 CV peut être saturé mais celui de 90 CV libre et en conséquence pour une pointe de travail le tracteur de 90 CV pourra réaliser une opération culturale normalement dévolue au tracteur de 55 CV.

Il y a lieu de s'interroger chaque fois qu'un facteur est saturé sur les possibilités de substitution ainsi que sur les possibilités de modification de l'itinéraire technique.

Plus ennuyeux encore est la possibilité de réaliser les travaux en dehors de la plage favorable avec pour conséquence la réduction du résultat, celui-ci étant en général diminué au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la période optimale.

Lorsque pour un facteur saturé tel que le nombre de jours disponibles pour un travail, le profit marginal est élevé, il peut être intéressant d'envisager les résultats obtenus en dehors de la période optimale.

On peut grâce aux contraintes spécifiques distinguer plusieurs périodes auxquelles correspondent des activités aux performances différenciées par exemple semis :

**du 20 Avril au 10 Mai** prévoir une activité maïs grain irrigué normal

**du 10 au 25 Mai** une activité maïs irrigué cycle court

**du 25 Mai au 10 Juin** une activité maïs irrigué à cycle très court.

Les contraintes de surface sont fréquemment saturées. Lorsqu'il s'agit de contraintes agronomiques d'assolement, on peut être tenté de les modifier au risque d'accroître les accidents parasitaires et les nuisances.

Le pourcentage élevé des céréales en zone de grande culture a été la conséquence de ce comportement, favorisé par les possibilités de traitement contre les maladies, les mauvaises herbes et les pucerons.

### 3 - COMPLEMENTARITES ET PERSPECTIVES D'UTILISATION ET D'AMELIORATION

D'autres méthodologies peuvent être complémentaires et pallier certaines des insuffisances. De plus on peut rechercher des évolutions pour améliorer cette complémentarité et faire face à des besoins existants ou prévisibles.

#### 3-1 Complémentarités

GEDE permet de définir la stratégie vers laquelle l'exploitation doit se diriger, cette stratégie portant à la fois sur :

- les techniques
- la combinaison des activités
- les investissements nécessaires

mais pour passer de la situation actuelle à cette situation d'avenir, la complémentarité du budget prévisionnel est très utile pour bâtir un plan de développement, et un calendrier de financement afin d'éviter les impossibilités de tous ordres dans la réalisation, notamment financières.

Au delà de l'étude de cas, l'analyse approfondie des exploitations d'une région permet d'établir une typologie affinée des systèmes d'exploitation.

Deux voies complémentaires permettent l'approche de l'économie agricole régionale : d'une part, l'étude statistique, comptable, globale permettant de chiffrer les résultats de l'ensemble régional, d'autre part, l'étude de la dynamique des unités composantes que sont les exploitations agricoles, les services et industries amont et aval de l'activité agricole.

Pour l'étude des entreprises agricoles, il est classique de réaliser une typologie (DOBREMEZ - 1989 - Note sur la démarche d'analyse des exploitations agricoles) et d'envisager les scénarios d'évolution de chaque type. Il est proposé d'établir un échantillon représentatif des exploitations afin que les simulations réalisées sur l'échantillon puissent être extrapolées à la région. On aura ainsi la compréhension détaillée des comportements différents des exploitations tout en chiffrant le résultat global pour la région.

Dans la pratique, il est nécessaire de réaliser une typologie préalable rudimentaire (dimension de l'exploitation, âge de l'exploitant, orientation technico-économique) afin de réduire l'échantillon tout en lui conservant de la précision. En effet le tirage des cas fréquents pourra être

réduit au bénéfice des cas plus rares trop mal représentés par un tirage uniforme. Cette méthodologie est en cours d'expérimentation et donnera lieu à un compte-rendu spécifique après cette première expérience.

### **3-2 Perspectives d'utilisation**

GEDE est un logiciel de choix stratégique pour les exploitations de production végétale qui ne tient pas compte de l'hétérogénéité climatique. Dans ce chapitre nous proposons des utilisations qui pallient partiellement ces insuffisances.

#### **3-2-1 Adaptation de la stratégie**

Le déroulement de la campagne n'étant pas conforme aux présupposés qui ont prévalu pour établir la stratégie, le logiciel peut-il aider à modifier les interventions à venir pour améliorer les résultats ?

A tout moment et pour chaque activité, on peut évaluer l'espoir de produit brut en fonction de la situation et des interventions à venir. La marge à optimiser est la différence produit brut moins charges spécifiques qui restent à effectuer.

La destruction partielle ou totale d'une culture, une limitation accidentelle d'un facteur de production, un changement devenu prévisible du prix de vente, des travaux impossibles à réaliser etc... obligent à rechercher les solutions les moins pénalisantes.

L'exploitant qui dispose du logiciel peut actualiser les fiches d'activité en ne tenant plus compte des charges déjà dépensées, en modifiant celles à venir en fonction de la situation ainsi qu'en réévaluant le produit brut (rendement et prix unitaire). Il peut au besoin introduire des activités nouvelles et naturellement tenir compte des activités en place.

Le calcul permettra au fur et à mesure du déroulement de la campagne, de prendre de meilleures décisions lorsque la réalité s'écartera fortement des hypothèses qui ont prévalu lors du choix stratégique.

#### **3-2-2 Prise en compte du risque**

Etant donné différents états de la nature, la stratégie optimale pour chacun d'eux peut être calculée ainsi que les résultats obtenus lorsque chacune des stratégies optimisées est appliquée aux autres états de la nature. En pondérant par les fréquences, on peut déterminer la meilleure stratégie.

De plus il y aura lieu d'éliminer les stratégies qui pour certains états de la nature aboutissent à des résultats catastrophiques insupportables. Il est clair aussi que la méthodologie n'est praticable que s'il est possible de définir un nombre restreint d'états de la nature : par exemple, jours disponibles (beau temps, temps normal, mauvais temps), performances des activités en fonction de situation pluviométrique et de température.

Une amélioration consistera à adapter la stratégie en fonction du déroulement de la campagne (voir paragraphe 3.2.1.).

### **3-2-3 Etude des exploitations ayant des productions animales**

Le logiciel GEDE étudie une campagne agricole, lie les activités aux surfaces et utilise un vocabulaire propre aux productions végétales. On peut toutefois l'utiliser pour la production animale sous réserve de savoir résoudre les trois types de difficultés indiquées ci-après :

1 - Les activités animales n'occupent pas de superficies mais des étables, des bergeries, etc... On considère les capacités d'hébergement des animaux au lieu de surfaces cultivables. Il suffit de créer autant d'ilôts logement que de type de logement (analogie avec la création d'ilôts de terrain). Les fiches d'activité relatives à un "ilôt logement" pour une activité animale se rapportent à l'unité de logement et il est réalisé autant de fiches d'activité que d'activités animales différentes susceptibles d'occuper ce logement.

S'il est envisagé des vaches laitières à 7.000 litres de lait, des vaches laitières à 5.000 litres et des vaches allaitantes, il sera créé trois fiches d'activité pour l'ilôt étable.

2 - Des conventions de vocabulaire permettront d'utiliser les fiches prévues pour les productions végétales par exemple les frais d'achat d'aliment seront mis à la place de fertilisation et les frais de vétérinaire et d'entretien de la santé des animaux dans pesticide. Dans la rubrique "semences" on pourra mettre l'amortissement de l'animal = (coût actualisé avant entrée en production - vente de réforme) / durée de production exprimée en années.

Les besoins alimentaires par période seront exprimés au moyen de contraintes particulières en distinguant les UF récoltés. Cette distinction apparaîtra aussi sur les fiches d'activité de productions fourragères.

3 - Enfin, pour lier les périodes productives des animaux et les périodes non productives, on dispose de deux solutions :

ou bien on effectue une fiche d'activité de production et une fiche d'activité de croissance et on lie les deux activités (par exemple, s'il est prévu qu'une vache produise 5 veaux dans sa vie à raison d'un par an, il faudra pour maintenir le troupeau que le nombre de génisses soit au moins égal à  $2/5$  du nombre de vaches si la durée de la période génisse égale 2 ans).

ou bien on réalise d'emblée une fiche moyenne pondérée d'une vache et de la génisse nécessaire à son renouvellement.

### 3-3 Evolutions

Dans le paragraphe 3.2.3., la convivialité du logiciel est mise à mal. Toutefois, celle-ci, toujours améliorable, est déjà bonne et la priorité des évolutions se situe semble-t-il ailleurs.

- Qualité de la saisie des données et allègement des travaux de saisie
- Liens à établir entre ce logiciel et d'autres logiciels
- Prise en compte des insuffisances et réduction de certaines limites.

Les saisies principales du logiciel GEDE sont les fiches d'activité résultantes des itinéraires techniques appliquées aux cultures.

Par exemple, ces fiches mentionnent par mois, le travail nécessaire.

Pour établir cette information, il faut ajouter les durées de travaux de chacune des opérations culturales élémentaires réalisées au cours de cette période. Si on modifie la durée d'une opération par exemple celle d'un traitement phytosanitaire (modification notamment de la largeur de travail de l'appareil) la correction à réaliser dans chaque fiche d'activité va être longue et source d'erreur.

Par ailleurs, lors de l'établissement des fiches d'activité, l'exploitant doit nécessairement identifier toutes les opérations qui interviennent. Notamment pour chacune d'elle, il faut connaître la période au cours de laquelle le travail doit être réalisé et la durée.

Il apparaît qu'un logiciel pourrait à partir des enregistrements des opérations culturales établir les pages 1 et 2 des fiches d'activité et que toute modification d'une opération culturale pourrait être répercutée automatiquement dans les fiches d'activité.

## CONCLUSION

GEDE est un outil d'aide à l'analyse de l'exploitation et d'aide à la réflexion sur la stratégie de l'exploitation. En modélisant le fonctionnement de l'exploitation, il lie l'analyse aux simulations prospectives et révèle la dynamique d'évolution de l'exploitation face aux différentes hypothèses de changement.

Les exemples cités dans le document privilégient l'étude de l'équipement (irrigation et machines agricoles) mais il est clair que l'outil permet l'étude de la variation de l'ensemble des facteurs de production : les intrants comme les facteurs structureaux (terre, travail, capital) et le savoir-faire de l'exploitant.

C'est, par excellence, un outil d'étude des politiques qu'elles soient le propre du chef de l'exploitation ou imposées de l'extérieur. Il aide à la réflexion, la provoque mais ne la remplace pas, il la nourrit par les résultats des calculs, permet la comparaison d'hypothèses mais les choix fondamentaux restent du ressort de l'exploitant.

Une limitation importante de la méthode paraît l'insuffisance de la formation au concept de la Marge Brute, à la programmation linéaire et à la notion de coût de substitution ce qui limite la capacité des utilisateurs à exploiter les calculs, à interpréter les résultats et à en tirer des enseignements pour une amélioration des techniques de production, l'organisation du système de production, notamment du travail, enfin introduire les investissements appropriés.

Le problème à résoudre est complexe d'où l'intérêt de la convivialité du programme sur micro-ordinateur, indispensable pour développer une utilisation individuelle et multiplier les études de cas réels plutôt que des cas types d'autant moins maîtrisés qu'on les veut plus généraux.

Cette nouvelle utilisation de la programmation linéaire devrait se développer, nous semble-t-il, malgré l'handicap du manque de formation par l'enseignement qui a délaissé cet outil jugé jusque là trop exigeant.

Il est probable aussi que jusqu'au début des années 80 l'accroissement de productivité par l'amélioration des itinéraires techniques était plus efficient pour améliorer le Revenu. Mais actuellement, alors que la politique agricole commune encourage l'extensification et que le soutien au prix diminue, une meilleure combinaison des facteurs de production revient d'actualité ainsi que l'économie des charges de structure en particulier celles qui paraissent liées à un équipement sous employé.



9 782853 622967

"Etudes" du CEMAGREF, série Production et économie agricoles n° 1, **GEDE, Logiciel d'aide à la décision stratégique pour l'exploitation agricole** - 1992 , 2<sup>e</sup> édition, ISBN 2-85362-296-7, ISSN 1158-6317. Dépôt légal 4<sup>e</sup> trimestre 1992 - Coordonnateur de la série : Rémi Séverac, chef de département. Photo de couverture : CEMAGREF - Impression et façonnage : imprimerie Louis Jean, BP 87, 05003 Gap - Edition et diffusion : CEMAGREF-DICOVA, BP 22, 92162 Antony Cedex, tél. : (1) 40 96 61 32 Diffusion aux libraires : TEC et DOC, 14 rue de Provigny, 94236 Cachan Cedex, tél. : (1) 47 40 67 00 **Prix : 200 F TTC**