

CIHEAM



*International
Centre for Advanced
Mediterranean Agronomic
Studies*

Centre
International
de Hautes Etudes
Agronomiques Méditerranéennes

Thèse / Thesis

requis pour
l'obtention du titre

submitted
for the degree of

Master of Science

Aide à la décision au niveau d'un périmètre irrigué :

essai de mise en œuvre des concepts des
modèles multi-agents

Fraj Chemak

Collection "Master of Science" n° 50
1999

**Institut Agronomique Méditerranéen de
Montpellier**



CIHEAM

Centre International de Hautes Etudes
Agronomiques Méditerranéennes

*International Centre for Advanced
Mediterranean Agronomic Studies*

Secrétariat Général / *General Secretary*

11, rue Newton
75116 PARIS
Tel.: (33-1) 53 23 91 00 – Fax: (33-1) 53 23 91 01



Instituts Agronomiques Méditerranéens
Mediterranean Agronomic Institutes
(IAM)

Bari – Chania – Montpellier – Zaragoza

IAM – Bari

Via Ceglie 23
70010 Valenzano, Bari, Italy
Tel.: (39) 80 78 06 111 – Fax: (39) 80 78 06 206

IAM – Chania

P.O. Box 85
73100 Chania, Crete, Greece
Tel.: (30) 821 81 151 – Fax: (30) 821 81 154

IAM – Montpellier

3191, route de Mende – BP 5056
34033 Montpellier Cedex 1, France
Tel.: (33-4) 67 04 60 00 – Fax: (33-4) 67 54 25 27

IAM – Zaragoza

Apdo. 202
50080 Zaragoza, Spain
Tel.: (34) 76 57 60 13 – Fax: (34) 76 57 63 77

Aide à la décision au niveau d'un périmètre irrigué : essai de mise en œuvre des concepts des modèles multi-agents

Fraj CHEMAK

collection "Master of Science" n°50
1999

Série Thèses et Masters

Ce Master est le 50^{ème} numéro de la collection "*Master of Science*" de l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier (voir liste en fin de volume).

Cette collection réunit les thèses *Master of Science* du CIHEAM-IAM.M ayant obtenu la mention "Publication", ainsi que les travaux doctoraux réalisés dans le cadre des activités scientifiques et pédagogiques de l'Institut et de ses enseignants-chercheurs.

La thèse *Master of Science* du Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes :

"Aide à la décision au niveau d'un périmètre irrigué : essai de mise en œuvre des concepts des modèles multi-agents"

a été soutenue par M. Fraj **CHEMAK** en octobre 1997 devant le jury suivant :

M. M. Labonne,	Directeur de recherche INRA, Montpellier	Président
M. J.M. Attonaty,	Directeur de recherche INRA, Paris Grignon	Membre
M. S. Zekri,	Enseignant ESA, Mograne, Tunisie	Membre
M ^{me} F. Jacquet,	Enseignant chercheur, CIHEAM/IAM, Montpellier	Membre
M. Ph. Le Grusse	Chargé de recherche, CIHEAM/IAM, Montpellier	Membre

Le travail de recherche a été encadré par M Attonaty, M. Le Grusse et M. Zekri

Le texte a été mis en forme pour cette publication par Mme M.C. Tigoulet pour le Bureau des publications.

CIHEAM

Institut Agronomique Méditerranéen
de Montpellier

Directeur : Gérard GHERSI

3191, route de Mende
34093 Montpellier Cedex 5 - France
Tél. : 04 67 04 60 00
Fax : 04 67 54 25 27

L'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier n'entend donner aucune approbation
ni improbation aux opinions émises dans cette thèse

Ces opinions n'engagent que leur auteur

Fraj CHEMAK - Aide à la décision au niveau d'un périmètre irrigué : essai de mise en œuvre des
concepts des modèles multi-agents.- Montpellier : CIHEAM/IAMM, 1999 - 131 p - (Thèse
Master of Science, IAMM, 1999, Collection Master of Science, n° 50)

Dédicace

A mon père.

A ma mère.

A ma femme pour ses sacrifices sans précédent.

A mon petit Mohamed qui attend mon retour.

A tous qui m'ont aidé pour accomplir cette formation.

Remerciements

Je tiens à exprimer ma gratitude et mes vifs remerciements à M. Philippe LE GRUSSE pour son aide précieuse dans l'accomplissement de ce travail et son soutien sans limite.

Avec mon profond respect, j'exprime également mes remerciements à M. Jean-Marie ATTONATY pour son aide particulière et l'innovation scientifique dans la réalisation de ce travail dont j'ai bénéficié largement.

Je remercie également M. Slim ZEKRI pour sa collaboration particulière dans l'accomplissement des travaux d'enquêtes et de collecte de données.

Mes vifs remerciements sont adressés à Mme Florence JACQUET pour ses directives précieuses et son soutien durant ma formation à l'Institut.

Je remercie M. Michel LABONNE qui m'a fait l'honneur de participer à ma soutenance et de présider le jury.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à tout le personnel, sans exception, de la station d'Economie et de Sociologie Rurales (ESR) de l'INRA Paris-Grignon et en particulier, M. Jean-Claude SOURIE, Directeur de la station, Mme M. H. CHATELIN, M. J. C. HAUTCOLAS, M. J. B. DUCLOS, M. B. QUENEL, Mme C. GORGEON, Mme D. HAUTCOLAS et Mme A. CHAMPENOIS.

Je remercie tout le personnel de la CTV Brahmi ainsi que ceux de l'arrondissement Boussalem et en particulier M. Mustapha EL BEJI pour sa collaboration distincte et son aide dans la réalisation de mon travail du terrain.

Mes vifs remerciements sont adressés à mes ex-collègues du GIL pour le soutien sans limite qu'ils m'ont apporté durant la réalisation des enquêtes et en particulier M. Ali RAHALI, M. Bechir HAMAMI, M. Sofiane KHLIFI et M. Radhouan SOUISSI.

Enfin, je remercie toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et la préparation de ce document.

« En cette fin du 2ème millénaire, la Tunisie a réalisé et mis sur pied un important arsenal de production : les équipements sont en voie d'achèvement dans tout le pays et les expériences, heureuses ou malheureuses qu'elle a acquises pendant ces 2, 3 ou 4 décades de gestion de périmètres irrigués ne peuvent que l'enrichir dans sa recherche de la maîtrise du secteur.

Les taux d'intensification, les efficiences ou autres indicateurs peuvent ne pas satisfaire l'esprit aujourd'hui mais le pays a su préserver une bonne partie de paysannerie en la convertissant à l'irrigué et son potentiel sol malgré la relative jeunesse de son expérience en matière de conduite de l'irrigation dans les grands ensembles organisés.

L'effort devra à l'avenir porter sur un meilleur encadrement, une meilleure formation et une meilleure organisation de cette paysannerie. »

Noureddine ENNABLI

L'irrigation en Tunisie, INAT, 1995.

Nous rejoignons l'auteur dans cette citation tout en ajoutant que notre «arsenal de production» nécessite, en plus, la volonté collective d'une bonne gestion et la conciliation des intérêts des différents acteurs, de l'amont à l'aval, pour mettre en place un système fructueux en faveur de l'intérêt général.

C'est dans cette optique que nous engageons ce travail qui consiste à mettre en place un outil d'aide à la décision et une méthodologie de réflexion.

Avant-propos

Préface

Introduction

PARTIE 1 • Les Périmètres publics irrigués en Tunisie : le cas du périmètre public de Bouheurtma

I – IMPORTANCE DU SECTEUR IRRIGUÉ DANS L'AGRICULTURE TUNISIENNE	7
1] Infrastructure hydraulique et ressources en eau	7
2] Le potentiel irrigable et les périmètres irrigués	8
3] La contribution du secteur irrigué	12
II – LES PÉRIMÈTRES PUBLICS IRRIGUÉS (PPI)	12
1] La consommation en eau	13
2] Les taux d'utilisation et d'intensification	13
3] Le système de production	14
4] L'adaptation et la maîtrise des techniques culturales	14
5] Les structures foncières	14
6] Des réflexions pour l'avenir	15
III – LE CHOIX DE LA RÉGION D'ÉTUDE : PRÉSENTATION ET PROBLÉMATIQUE	16
1] Présentation de la région de Jandouba	16
2] Les caractéristiques du PPI Bouheurtma	16
3] La problématique et les hypothèses de travail	20

PARTIE II • La gestion agricole : des outils et des méthodes en évolution perpétuelle

I – LES CONCEPTS ET LES DÉFINITIONS	23
1] Gestion et pilotage de l'exploitation agricole	23
2] L'exploitation agricole et la notion de système	25
II – L'ÉVOLUTION DES INSTRUMENTS ET DES MÉTHODES	28
1] Les impératifs d'évolution	28
2] Des instruments et des méthodes : pour mieux appréhender le fonctionnement de l'exploitation.	30

Partie III • Construction d'un modèle de fonctionnement d'un périmètre public irrigué (PPI)

I – DISPONIBILITÉ ET RECHERCHE DES DONNÉES	35
1] Quelles sont les données nécessaires ?	35
2] La disponibilité des données	37
3] Les enquêtes	37
II – LE TRAITEMENT DES DONNÉES	40
1] Le dépouillement des enquêtes	40
2] Saisie des données et calage des exploitations	44
III – L'AGRÉGATION ET LA VALIDATION DU MODÈLE	46
1] Le fonctionnement du programme	46
2] La construction du modèle	48

Partie IV • Des simulations et des résultats pour engager le dialogue et orienter les perspectives

I – L'EXPLOITATION AGRICOLE IRRIGUÉE : LES ENQUÊTES MONTRENT UNE RÉALITÉ DIFFÉRENTE DE LA PERCEPTION DE L'ADMINISTRATION	58
1] L'exploitation irriguée : quelle aptitude à l'intensification ?	58
2] L'exploitation irriguée face aux aléas climatiques	60
3] L'exploitation irriguée et le tarif préférentiel	61
II – DES SIMULATIONS ET DES RÉFLEXIONS POUR ORIENTER L'AVENIR DES PPI	62
1] L'effet d'une action d'intensification	62
2] L'effet d'un nouvel assolement et la sensibilité des conclusions aux variations du prix	65
3] L'effet d'un remembrement	75

Conclusion

Avant-propos

Ce travail développe une méthodologie d'analyse basée sur l'approche des Systèmes Multi-Agents (SMA). Il vise la mise en place d'un outil informatique d'aide à la décision dans un périmètre irrigué.

Dans le cadre d'une convention de coopération entre le CIHEAM-IAMM et l'INRA, ce travail a bénéficié du soutien matériel et logistique de l'INRA et du CIHEAM-IAMM. Cette collaboration nous a permis de travailler en alternance avec les différentes équipes partenaires du projet. Nous avons ainsi été accueillis pour quatre mois à l'INRA Paris-Grignon au sein de l'équipe GENEPI où nous avons travaillé en étroite collaboration avec M. Jean-Marie ATTONATY à qui j'exprime mes sincères remerciements et mon profond respect. Nous avons passé cinq mois à l'IAM de Montpellier avec M. Philippe LE GRUSSE. Enfin nous avons effectué le travail de terrain en Tunisie pendant trois mois au cours desquels l'appui de M. Slim ZEKRI a été fondamental pour la concrétisation de notre travail.

Préface

La thèse de Master que Fraj **Chemak** a consacrée à *L'aide à la décision au niveau d'un périmètre irrigué* est sans doute un numéro marquant d'une longue série de travaux de recherche développés au sein du CIHEAM.

En proposant que ce travail soit retenu pour le *Prix de la meilleure thèse 98* du CIHEAM, les membres du jury ont voulu souligner non seulement sa qualité scientifique, mais aussi son caractère appliqué à la résolution de problèmes importants pour le développement méditerranéen et le fait que cette recherche a été l'objet d'une étroite coopération entre équipes méditerranéennes.

A toutes ces qualités, pour lesquelles je félicite l'auteur et ceux qui l'ont encadré, je voudrais ajouter celle de l'originalité. En effet, dans une société de plus en plus soumise aux règles du marché et de moins en moins réglementée par l'intervention de l'Etat, la gestion des ressources rares (comme l'eau) demeure encore largement tributaire du comportement des acteurs qui se la partagent. Dans ce sens, l'aspect multiacteurs développé dans cette thèse est particulièrement original et ouvre la perspective d'une approche dans laquelle les stratégies et les décisions des entrepreneurs peuvent être astucieusement combinées à des lois économiques souvent plus désincarnées. Ainsi, les travaux conduits par Philippe **Le Grusse** en collaboration étroite avec l'équipe de Jean-Marie **Attonaty** sont des œuvres de pionniers qui méritent d'être encouragées.

J'espère donc que cette cinquantième thèse *Master* publiée par l'IAM de Montpellier, et qui a obtenu le prix de la meilleure thèse du CIHEAM en 1998, servira de modèle aux futurs candidats et surtout qu'elle sera le point de départ d'une nouvelle démarche d'aide au développement et à la gestion de l'espace méditerranéen.

Pr. Gérard Gheri
Directeur de l'IAM de Montpellier

Introduction

Depuis l'indépendance, les politiques de développement mises en œuvre par le gouvernement tunisien ont toujours visé à moderniser le secteur agricole. Pilier de l'économie nationale, l'agriculture ne cesse d'enregistrer des performances au fil des années et dépasse la moyenne mondiale. En l'espace de 30 ans, la production agricole mondiale a doublé grâce à un taux de croissance annuel moyen de 2,4%, tandis que celle de la Tunisie a triplé grâce à un taux respectivement de 3,6%. La part importante de la production agricole dans le PIB, d'environ 13%, a cependant été réduite par la diversification de l'économie (MA/DGPDIA, 1996).

L'accroissement de la demande alimentaire de la population a stimulé le processus de développement de l'activité agricole. L'aridité du climat tunisien et l'irrégularité des pluies constituent le premier facteur limitant pour répondre à une demande de plus en plus diversifiée. Pour y faire face, une stratégie de développement de l'agriculture irriguée a été mise en œuvre. Selon HASSAINYA (1989), « il faudra attendre la seconde moitié de notre siècle pour que l'irrigation prenne des dimensions techniques nouvelles et une importance socio-économique considérable avec le passage de la petite hydraulique paysanne (irrigation traditionnelle) aux grands aménagements hydrauliques agricoles (irrigation moderne) ».

Des efforts considérables ont été déployés pour développer le secteur irrigué. En l'espace de 35 ans (1960-1995), environ 42% des investissements agricoles ont été consacrés aux barrages¹. L'un des objectifs cruciaux des différents plans de développement économique et social est la mobilisation de toutes les disponibilités en eau souterraine et superficielle. Les surfaces irrigables se sont ainsi remarquablement étendues, passant de 120 000 ha en 1970 à 334 700 ha en 1996. Ceci a permis une diversification de la production maraîchère et fruitière, une amélioration de la productivité du travail et une valorisation de la terre.

Les Périmètres Publics Irrigués (PPI) sont d'une importance cruciale pour étendre la contribution du secteur irrigué et surtout développer les produits stratégiques tels que les céréales, les viandes et le lait. Les 54% des superficies irrigables sont aménagées en PPI et se répartissent sur tout le territoire du pays. Les spécialisations des périmètres varient du nord au sud. Les principales orientations sont les grandes cultures et les cultures maraîchères au nord-ouest, les agrumes au Cap Bon, les primeurs pour les régions côtières et les oasis dans le sud.

La gestion de ces périmètres était confiée auparavant aux «offices de Mise en Valeur», organismes para-étatiques à caractère industriel et commercial, bénéficiant d'une grande flexibilité dans leurs interventions, vu leur autonomie administrative et financière. Leur rôle se concrétisait par un soutien financier aux agriculteurs du périmètre, surtout sous forme de crédit en nature.

A partir de 1989, ces Offices furent liquidés et les agriculteurs se trouvèrent privés de tout avantage spécifique. La gestion des périmètres fut confiée aux services régionaux du Ministère de l'Agriculture (CRDA) qui font généralement preuve de lourdeur pour la passation des marchés, l'approvisionnement en matériel et la gestion des recettes et des dépenses. Le CRDA ne dispose plus de comptes bancaires et de liquidités car toutes les opérations financières sont exécutées par un agent comptable de l'État.

Le PPI Bouheurtma² est l'un des projets les plus ambitieux par sa superficie (24 000 ha), par son infrastructure imposante (un barrage d'une capacité de 117,5 millions de mètres cubes, des stations de pompage, des bassins de décantation et un système d'adduction), et par le caractère novateur de son système d'irrigation (par aspersion). Initialement prévue pour la fin des années 60, la première phase de mise en eau (aménagement de 10 000 ha) ne s'est achevée

¹ « De gros investissements ont été réservés à l'agriculture depuis le début des années 60: près de 6 milliards de dinars d'investissement ont été consacrés au secteur dont 2,5 milliards de dinars pour les barrages » (MA/DGPDIA, 1996)

qu'en 1978. La troisième phase, qui consiste en l'aménagement de 3 000 ha, au lieu des 6 000 ha prévus, a démarré en avril dernier.

Créé autour de la ville de Boussalem au nord-ouest du pays, le projet vise essentiellement à accroître les productions de blé dur, de viande bovine, de lait et de betterave à sucre afin de réduire les importations de ces produits qui pèsent lourdement sur la balance des paiements. Dans cet objectif, un assolement quadriennal (betterave / blé dur / légumineuses / cultures fourragères) a été préconisé, une sucrerie a été implantée dans la région, et l'administration a instauré un tarif préférentiel pour l'eau d'irrigation afin d'encourager à produire de la betterave à sucre. L'eau d'irrigation est fournie à la demande mais l'assolement est imposé à l'agriculteur.

Planifiée depuis la fin des années soixante, la réalisation de ce projet se poursuit donc encore aujourd'hui, suivant les mêmes objectifs. Selon l'étude de faisabilité de la 3ème phase, les orientations futures du périmètre seraient toujours un assolement quadriennal, une intensification des productions végétales et un développement de l'élevage laitier. A titre d'exemple, les rendements projetés sont 6 t/ha pour le blé dur, 60 t/ha pour la betterave à sucre et 20 t/ha pour la pomme de terre d'arrière-saison (MA/CRDA JANDOUBA, 1995). Les nouvelles conjonctures économiques à l'échelle nationale – le processus de désengagement de l'État –, et à l'échelle mondiale – les nouvelles dispositions de l'OMC – n'ont donc pas influencé les décisions des planificateurs.

Ce fonctionnement figé constitue actuellement un obstacle pour l'efficacité du périmètre. Publié en mars 1994, un rapport du Ministère de l'Agriculture sur l'exploitation des périmètres irrigués révèle une augmentation des coûts de production (due à l'application du PASA² dès 1986), cette dernière étant supérieure à l'augmentation des prix à la production. La productivité restant quasi stationnaire, les revenus des agriculteurs baissent. Ajoutons que dans le cadre de l'élimination progressive de la subvention, le tarif de l'eau d'irrigation est augmenté (de 9% en terme nominal soit 15% en terme réel), ce qui entraîne la baisse de la consommation totale du périmètre tout en aggravant la baisse des revenus (ALI, 1996). Par ailleurs, la chute du prix mondial du sucre remet en cause les objectifs initiaux qui visaient à substituer les importations. Les coûts de la production locale ne sont plus compétitifs et le sucre reste le produit le plus subventionné avec une aide s'élevant de 900 à 688 DT par tonne, de 1986 à 1989 (GFA, 1996).

Une crise révèle les intérêts divergents des principaux acteurs : l'administration de gestion de l'eau, la sucrerie et les agriculteurs. Seul un dialogue permanent entre ces trois acteurs peut rapprocher leurs intérêts et solutionner cette situation. Le rôle d'un conseiller pourrait être ici de gérer une base d'informations concernant l'évolution de l'activité. Cette base guiderait une action interactive et constructive. Dans cette thèse, nous tenterons de développer une nouvelle approche du conseil et de l'aide à la décision en gestion agricole.

Nous choisissons le PPI Bouheurtma comme terrain d'étude en raison de l'ampleur des difficultés exposées et de la qualité des données à exploiter. Nous analyserons le système de production de ses exploitations et les différentes pratiques de gestion des agriculteurs. Tout au long de notre étude, nous considérerons le facteur déterminant qu'est l'aléa climatique, en identifiant des années climatiques types. Nous modéliserons le fonctionnement du périmètre de façon à faire apparaître les différents acteurs et à représenter leurs différentes attitudes.

Nous mènerons notre travail en trois phases. La première phase sera consacrée aux enquêtes auprès des exploitations du périmètre ainsi qu'à la collecte des données sur leur environnement socio-économique. Puis nous construirons un modèle régional de fonctionnement du périmètre qui devra agir comme base de connaissance. Enfin nous simulerons des scénarios dont les résultats permettront de développer des réflexions et d'engager un dialogue entre les différents acteurs. Nous présenterons aussi brièvement l'évolution des outils et des méthodes de gestion agricole sur lesquels se base ce travail.

² PASA : Programme d'Ajustement Structurel Agricole

PARTIE 1

Les périmètres publics irrigués en Tunisie : le cas du périmètre public de Bouheurtma

I – Importance du secteur irrigué dans l'agriculture tunisienne

1] Infrastructure hydraulique et ressources en eau

Consciente du rôle primordial du facteur eau dans le maintien de la croissance économique du pays, la politique tunisienne du développement a toujours fait preuve d'un dynamisme de mise en œuvre de l'infrastructure hydraulique (ENNABLI, 1995). Les efforts consentis ont permis au pays de se doter de 19 barrages, 79 barrages collinaires, 497 lacs colinéaires, 2 000 forages et environ 50 000 puits de surfaces équipées. Cette infrastructure a permis la mobilisation de 67% des eaux mobilisables soit 3,1 Milliards de m³.

La stratégie décennale de mobilisation des eaux, démarrée depuis 1990, vise à atteindre un taux de mobilisation de 90% par la construction de 21 barrages, 203 barrages colinéaires, 1 000 lacs colinéaires et 610 forages³. L'investissement de ce programme ambitieux s'élève à 2 000 Millions de Dinars. Le IX^e plan de développement économique et social (1997-2001) prévoit la poursuite de cette stratégie à un rythme plus accéléré. En effet, le montant de l'investissement en hydraulique agricole s'élève à 1 771,1 Millions de Dinars, soit 37,4% de l'investissement agricole total prévu. L'objectif est d'atteindre en l'an 2001 un taux de mobilisation de 81% comme le montre le tableau 1.

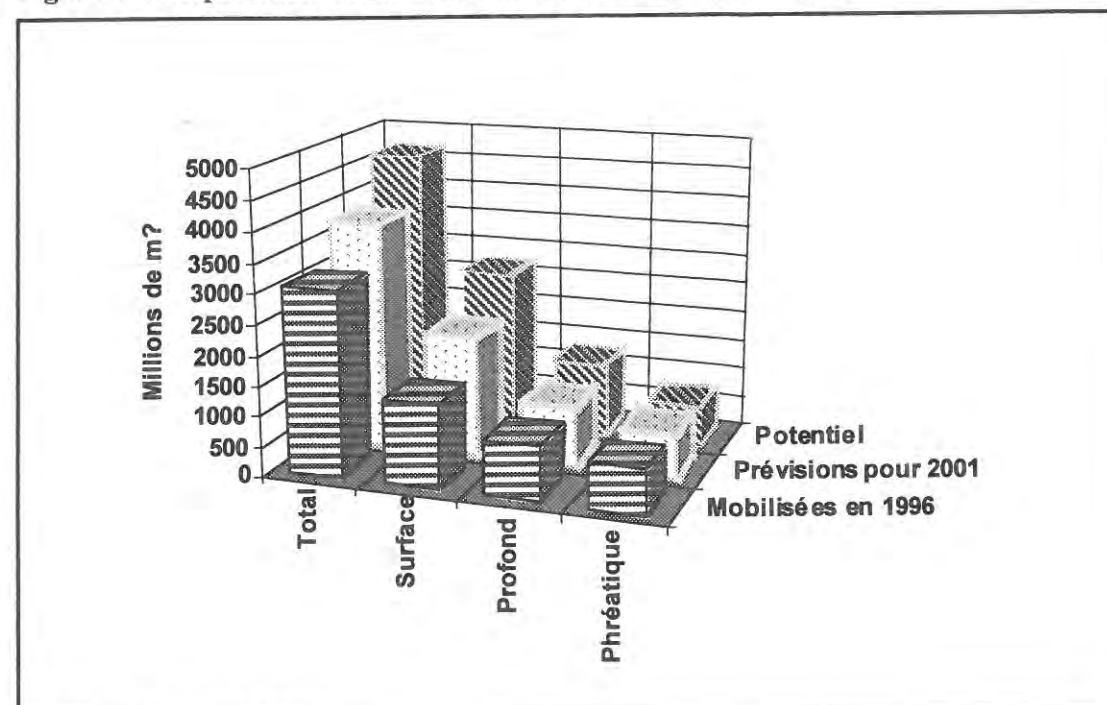
Tableau 1 : Evolution et répartition de la mobilisation des eaux, par source (en M m³/an)

Sources	Potentie l	Mobilisées 1996	%	Prévisions 2001	%
Eaux de surface	2 700	1 420	53	2 030	75
Nappes profondes	1 240	930	75	1 020	82
Nappes phréatiques	700	750	107	750	107
Total	4 640	3 100	67	3 800	81

Source : XI^e Plan (1997-2001).

³ 2 barrages, 44 barrages colinéaires, 317 lacs colinéaires et 348 forages ont déjà été réalisés.

Figure 1 : Répartition de la mobilisation des eaux par source



Source : XI^e Plan (1997-2001).

2] Le potentiel irrigable et les périmètres irrigués

En développant son infrastructure hydraulique (voir carte page 9), la Tunisie favorise l'extension de son potentiel irrigable. La réalisation de la stratégie décennale permettra d'atteindre un potentiel de 400 000 hectares. En 26 ans, la superficie irrigable est passée de 120 000 hectares en 1970 à 334 700 hectares en 1996, atteignant ainsi 6,7% de la superficie agricole utile totale du pays. Le tableau 2 donne la répartition de cette superficie irrigable entre les différentes sources.

Tableau 2 : Répartition des superficies irrigables par sources

Source	Superficie irrigable (ha)	%
Barrages et lacs	113 700	34
Nappes profondes	67 000	20
Nappes phréatiques	134 000	40
Sources et Oueds	13 500	4
Eaux usées traitées	6 500	2
Total	334 700	100

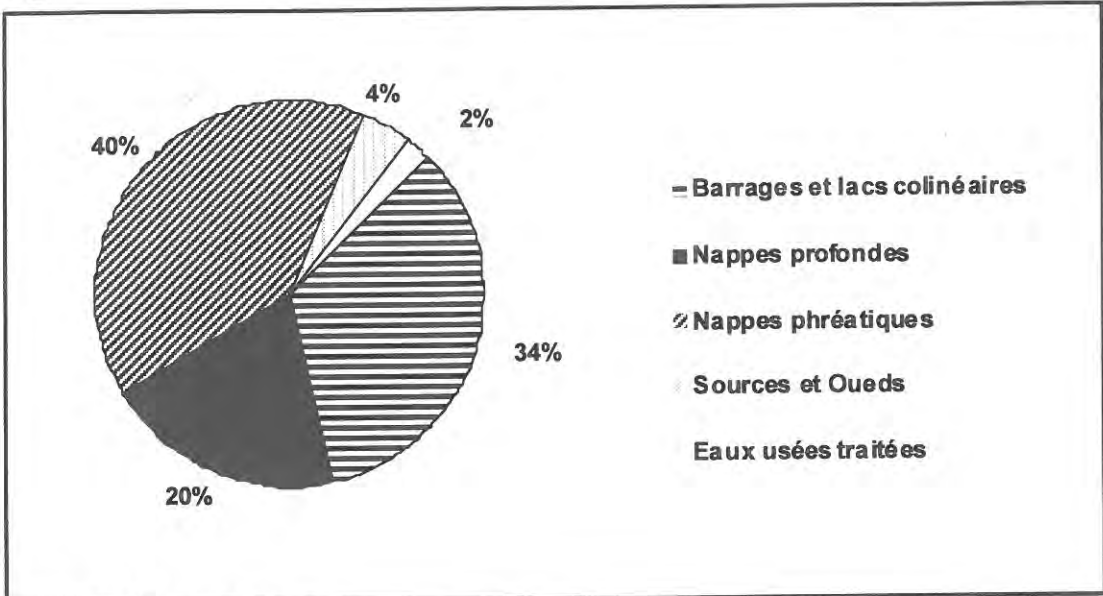
Source : IX^e Plan (1997-2001).

Schéma 1 : Réseau hydrographique de la Tunisie - Schéma de mobilisation des eaux



Source : Irrigation et développement agricole, l'expérience tunisienne (HASSAINYA, 1991)

Figure 2 : Répartition des superficies irrigables par source



Source : XI^e Plan (1997-2001).

Vu l'importante contribution de ces périmètres à la production, l'État tunisien a toujours mis l'accent sur le développement des superficies équipées. Ce processus a connu un rythme accéléré durant les derniers plans de développement, et concerne environ 30% de l'investissement hydraulique. Par ailleurs, le IX^e plan prévoit un accroissement des superficies irrigables de 25 000 ha ainsi que l'aménagement et la réhabilitation de 34 000 ha dont le coût d'investissement s'élève à 723 Millions de Dinars, soit 15,3% de l'investissement agricole total.

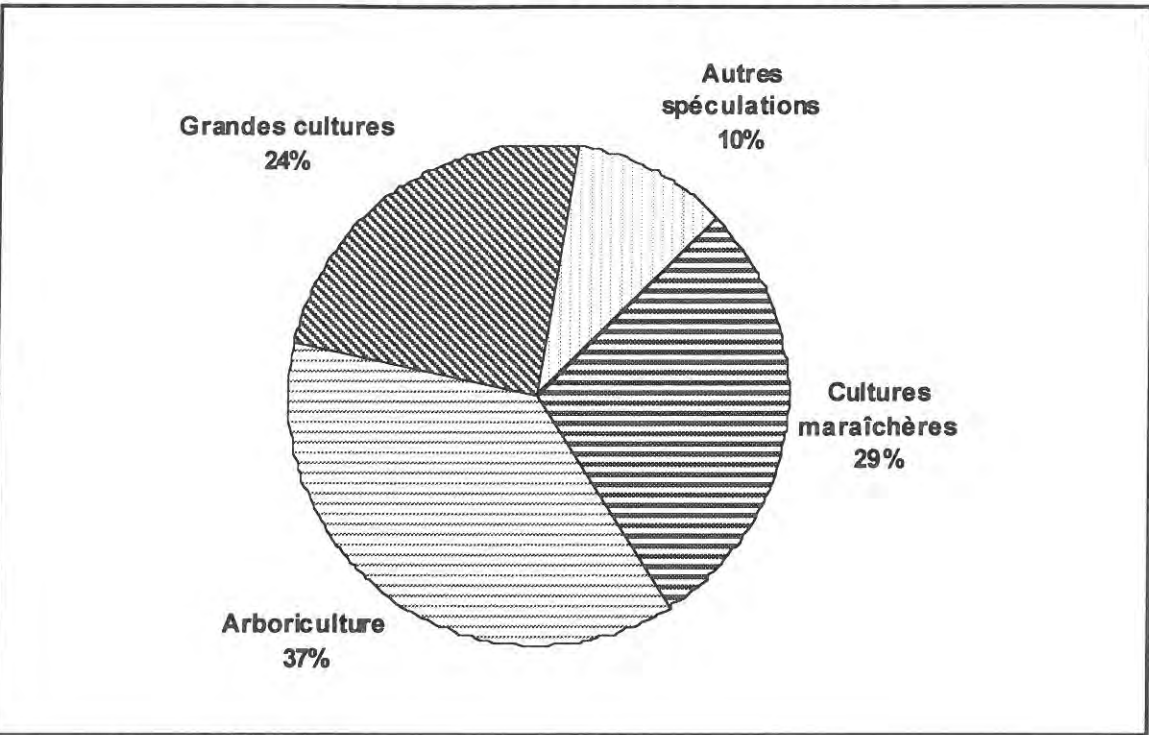
Cette augmentation de la superficie irrigable permettra une évolution de l'occupation des sols pour les principales spéculations, donnée par le tableau 3.

Tableau 3 : Evolution de l'occupation des sols dans les périmètres irrigués (en 1 000 ha)

Spéculation	Réalisées en 1996	Prévisions pour 2001
Cultures maraîchères	96	97
Arboriculture	124	149
Grandes cultures	81	94
Autres spéculations	33,7	19,7
Total	334,7	359,7

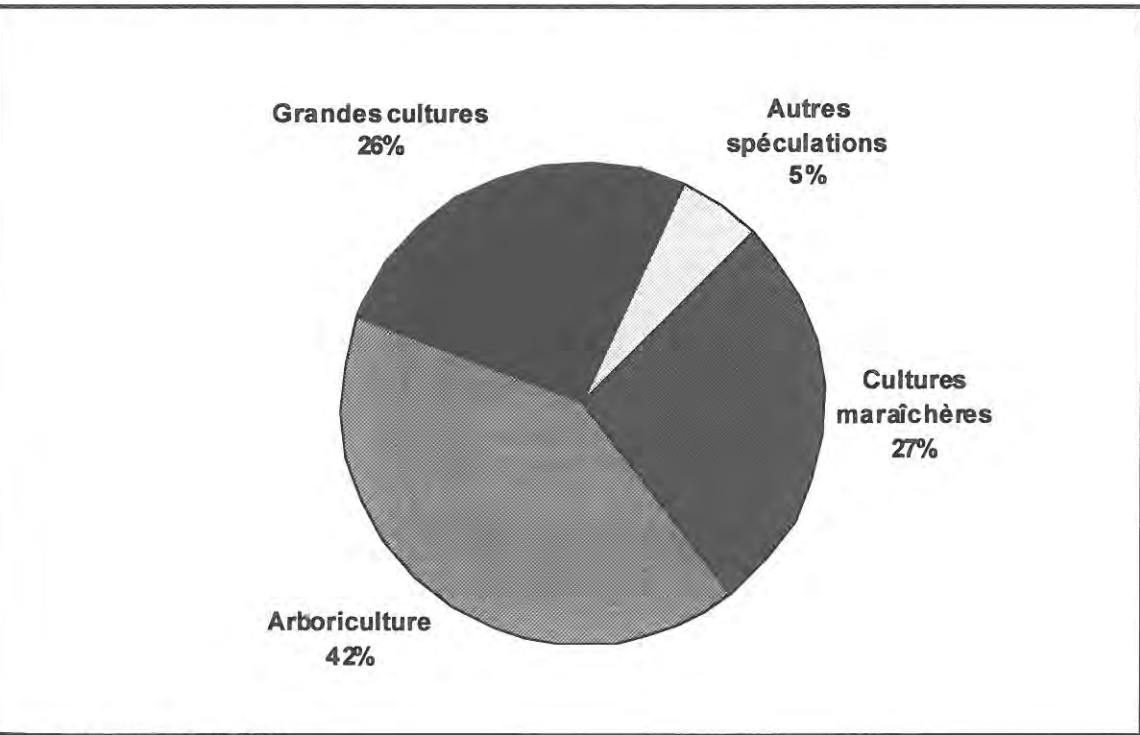
Source : IX^e plan (1997 - 2001).

Figure 3 : Occupation des superficies irriguées (réalisée en 1996)



Source : XI^e Plan (1997-2001).

Figure 4 : Occupation des superficies irriguées (prévisions pour 2001)



Source : XI^e Plan (1997-2001).

3] La contribution du secteur irrigué

La contribution du secteur irrigué durant le VIII^e plan de développement (1992-1996) a atteint 35% de la production totale agricole et a même atteint 45% en année sèche. Le IX^e plan prévoit un accroissement de ce taux à 41% grâce à l'extension des superficies irrigables mentionnée ci-dessus. Ce qui permettrait aux cultures céréalières irriguées d'atteindre une contribution de 18% en 2001 contre 6% durant le VIII^e plan. De même, une politique de soutien à l'élevage (surtout bovin laitier) dans les périmètres irrigués permettrait un doublement de sa contribution dans la production totale agricole, pour atteindre 20% en 2001.

Les résultats du secteur irrigué ont été toujours remarquables. Au niveau de la production, ses résultats ont connu une amélioration nette comparée à celles du début des années 80 comme le montre le tableau 4.

Tableau 4 : Evolution de la production du secteur irrigué (en 1 000 tonnes)

Produits	1980	1993	Croissance (%)
Pomme de terre	120	200	67
Tomate	280	420	50
Piment	115	180	56
Agrumes	150	281	75
Dattes	53	86	62
Betterave à sucre	73	245	235
Raisin de table	30	60	50

Source : MA, 1994.

Globalement, le secteur irrigué fournit 90% des besoins du marché local en légumes et 76% en fruits. C'est grâce à l'irrigation que le secteur des fruits et légumes a atteint l'autosuffisance et a réussi à dégager un surplus pour l'exportation. Il contribue pour 20% à la valeur totale des exportations agricoles dont le restant se répartit entre les dattes (65%), les légumes (18%) et les agrumes (17%). L'irrigation concerne 26 à 30% de la production laitière. En matière d'emploi, le secteur irrigué offre en 1990 l'équivalent de 170 000 postes permanents, soit 27% de l'emploi dans le secteur agricole contre 20% en 1980 (MA, 1994).

II – Les Périmètres Publics Irrigués (PPI)

Les Périmètres Publics Irrigués (PPI) représentent 54% de la superficie totale irrigable. L'administration publique qui décide de leur situation géographique, de leur vocation culturale et du mode de gestion des ouvrages et accorde les investissements et les subventions nécessaires à leur fonctionnement (ENNABLI, 1995). La création d'un PPI vise toujours des objectifs de mise en valeur et de développement à travers une stratégie fixée à priori.

Malgré les efforts déployés en matière d'investissement, de création d'ouvrage et d'extension des superficies irrigables, l'exploitation des PPI n'a jamais donné satisfaction. Un décalage entre les projections faites par les études et les réalisations persiste toujours. Une mauvaise utilisation de l'eau, une occupation partielle des superficies équipées et un faible taux d'intensification caractérisent la situation préoccupante des PPI. Par la suite, nous présenterons la situation actuelle des PPI et des principales difficultés qui entravent leur développement.

1] La consommation en eau

La consommation moyenne à l'hectare pour l'ensemble du pays est de 4 267 m³. La faible consommation en eau se manifeste surtout dans les périmètres du nord et du centre, où la consommation moyenne atteint respectivement 2971 m³/ha et 3112 m³/ha. Ces moyennes comparées aux besoins théoriques avancés par l'OMVVM (8 500 m³/ha pour le maraîchage, 7 000 m³/ha pour le fourrage et 3500 m³/ha pour l'arboriculture) reflètent une sous-utilisation de l'eau. La situation est d'autant plus préoccupante lorsque l'on se pose la question suivante : quelle part de cette consommation est parvenu jusqu'à la plante ? la plante a-t-elle rentabilisé cette consommation ?

En l'absence d'un référentiel (par culture et par région) explicitant la relation entre la consommation en eau (réelle et théorique) et les rendements, nous ne pouvons pas répondre à ces questions (ENNABLI, 1995). Dans son étude sur la gestion et la tarification de l'eau, le CNEA s'est exprimé sur cette situation qu'il a qualifiée de « paradoxe » où la sous-utilisation et le gaspillage sont associés (MA/DGGR, 1996).

2] Les taux d'utilisation et d'intensification

Nous retenons ici les définitions avancées par les Services de Statistique du Ministère de l'Agriculture :

- **Taux d'utilisation** = (Superficie irrigué / Superficie irrigable) * 100
- **Taux d'intensification** = (Superficie des cultures irriguées / Superficie irriguée) * 100

avec :

Superficie irrigable :

Une superficie est irrigable quand elle est équipée d'un réseau d'irrigation et dispose d'une main d'eau suffisante pour son irrigation.

Superficie irriguée :

C'est la superficie physique irriguée des parcelles mises en cultures, qu'elles soient utilisées une fois ou plus au cours de la même campagne.

Superficie des cultures irriguées :

C'est la superficie des cultures irriguées compte tenu des cultures d'hiver et d'été.

L'enquête sur les périmètres irrigués (1993/94) montre que les taux d'utilisation et les taux d'intensification observés sur sept campagnes (1987-1994) n'ont jamais atteint respectivement plus que 85% et 111%. Le taux d'intensification projeté est de 120%. Concernant les PPI, la situation est beaucoup plus préoccupante. En effet, le taux moyen d'utilisation de ces périmètres est de 67% alors que le taux d'intensification ne dépasse pas 100% contre un taux projeté de 130%.

Certes, les superficies et la production évoluent, mais reprenons l'évolution de la production entre 1980 et 1993 (tableau 4) et l'effet du taux d'utilisation sur cette évolution. Avec un taux de 100% (au lieu de 80% en 1980), la même production est obtenue en 8 ans (au lieu de 13 ans avec le taux de 80%). Ainsi, sans tenir compte du taux d'intensification, nous gagnons déjà cinq campagnes agricoles, ce qui compte énormément dans le développement de l'agriculture tunisienne.

3] Le système de production

Lors de la création d'un PPI, l'administration préconise un système de production et établit des prévisions (consommation en eau, besoins en intrants, productions, intensification) sur la base de ce système. Cependant l'expérience montre que les pratiques des agriculteurs n'obéissent pas souvent aux orientations prévues. A titre d'exemple, les superficies de betterave à sucre au nord-ouest accusent une baisse de 40% par rapport aux prévisions. De même, les cultures fourragères au niveau des PPI du gouvernorat de l'Ariana n'ont atteint que 86% des superficies prévues alors qu'on enregistre un dépassement des surfaces consacrées au maraîchage (MA, 1994).

« Durant les cinq premières années de la mise en eau en 1984, les agriculteurs du PPI Mjez El Bab n'ont pas adopté le plan d'assolement préconisé par l'administration ce qui a bien amené les responsables d'exploitations à apporter des modifications en tenant compte des choix pratiques des exploitations » (ELLOUMI et GARA, 1993).

Les exemples se multiplient à travers les rapports et tous confirment une disparité plus ou moins importante entre la planification et les choix pratiques des agriculteurs.

4] L'adaptation et la maîtrise des techniques culturales

Certes, le passage à l'irrigation entraîne des changements plus ou moins radicaux dans le comportement de l'agriculteur. La question suivante se pose : quel est le degré d'adaptation de l'exploitant et comment perçoit-il les nouvelles technologies ?

L'adaptation ne peut se faire que progressivement. La capacité professionnelle et économique est contraignante surtout pendant les premières années. Les rapports du Ministère de l'Agriculture soulignent la difficulté d'introduire les techniques culturales en irrigué dans des zones traditionnellement d'agriculture pluviale. Une faiblesse des rendements des PPI a été constaté, due essentiellement à la faible consommation d'intrants et le manque de maîtrise des techniques d'irrigation et de production (MA, 1994).

Faut-il en conclure que le passage de l'agriculture pluviale à des techniques culturales intensives est imposé ? L'irrigation est peut-être perçue comme un élément extérieur aux agriculteurs tunisiens et qui ne correspond pas à leurs propres objectifs de production (ELLOUMI et GARA, 1993).

5] Les structures foncières

Le nombre d'exploitations irriguée s'élève à 131 000, soit 28% du total des exploitations du pays. La superficie moyenne irrigable d'une exploitation est de 2,5 ha. Sur la totalité de la superficie irriguée, 24% est occupé par de petites exploitations inférieures à 5 ha et 24% par de grandes exploitations de 50 ha et plus (Enquête de structure, 1994-1995). Ceci montre bien l'ampleur du nombre des petites exploitations qui peuvent atteindre même 0,6 ha.

L'aspect foncier joue un rôle primordial dans l'intensification et la maîtrise technique au niveau des PPI. La création d'un PPI est basée sur une réforme agraire régie par quatre principes :

- 1) Limitation de la propriété par la fixation d'une superficie minimale et d'une superficie maximale de la propriété.
- 2) Contribution des propriétaires aux coûts d'aménagement hydraulique du périmètre.
- 3) Remembrement des terres et réorganisation foncière du périmètre.
- 4) Obligation de mise en valeur par les propriétaires et les exploitants.

Le premier principe donne généralement lieu à une contradiction entre la taille de l'exploitation et les objectifs d'intensification et de mise en valeur. D'un côté l'exiguïté de l'exploitation située au plancher ne permet pas d'appliquer un assolement adéquat ni de pratiquer l'élevage ; de l'autre, par manque de capitaux, les grandes exploitations ne supportent pas le coût d'investissement élevé et ne parviennent pas à maîtriser les techniques de production (notamment dans les PPI du nord). Ainsi les grandes exploitations du nord s'orientent de plus en plus vers les grandes cultures, moins exigeantes en travail et en capital. Le tableau 5 monte la limitation de la propriété dans quelques PPI.

Tableau 5 : Limitation de la propriété dans les PPI

PPI	Plancher (ha)		Plafond (ha)	
	intensi f	très intensif	intensif	très intensif
Akouda		0,8		3,2
Nebhana		1,2		3,6
Sbikha	1	0,9	10	6
Lakhmas	2,5		20	
Bouheurtma I	5	1,5	60	15

Source : ARAPPI.

Aujourd'hui, cette situation est aggravée par le morcellement des parcelles causé par le processus d'héritage. Entre 1981 et 1992, 10% des exploitations du PPI Bouheurtma ont disparu (GFA, 1996). Cette situation est contraignante pour l'intensification. Dans le cas de la « co-irrigation », les exploitants doivent s'accorder pour le paiement de la facture. Le PPI de Bouheurtma est un cas typique : en cas de désaccord entre les « co-irrigants », l'administration se trouve obligée de couper l'eau pendant de longues périodes.

6] Des réflexions pour l'avenir

Avec l'application du PASA et le désengagement progressif de l'État, la situation des PPI devient de plus en plus préoccupante. En effet, l'augmentation annuelle du tarif de l'eau (9% en terme nominal, 15% en terme réel) et l'élimination des subventions aux intrants engendre une augmentation du coût de production dans un contexte de prix à la production fluctuants. Les agriculteurs trop endettés se trouvent avec une capacité de financement de plus en plus faible (MA, 1994).

« Dans le cadre de la recherche, de nouvelles formes d'organisations des producteurs et leur participation plus active à la gestion des circuits d'approvisionnement de commercialisation et d'encadrement technique nécessitent une réflexion » (ELLOUMI et GARA, 1993). Cette réflexion a porté sur le développement de structures d'encadrement. Pour agir, le gouvernement encourage aujourd'hui la création d'organisations professionnelles, plus aptes à maîtriser la situation.

La création des AIC⁴ et des GIH⁵ permettra un engagement actif de la responsabilité de l'agriculteur dans la gestion de l'eau et des infrastructures hydrauliques. Les CSA⁶ assisteront l'exploitant en amont et en aval. Les structures de vulgarisation restent un créneau à développer. Une meilleure coordination entre la recherche, la vulgarisation et l'agriculteur favoriserait l'application et la valorisation des nouvelles technologies et permettrait une amélioration nette des résultats des exploitations (MA, 1994).

⁴ AIC : Association d'Intérêt Collectif

⁵ GIH : Groupe d'Intérêt Hydraulique

⁶ CSA : Coopérative de Services Agricoles

III – Le choix de la région d'étude : présentation et problématique

1] Présentation de la région de Jandouba

Nous avons choisi comme région d'étude le Gouvernorat de Jandouba. Cette région se trouve au nord-ouest de la Tunisie, à environ 120 Km à l'ouest de la capitale Tunis (carte page 9). La superficie agricole totale est de 290 000 ha, soit 94% de la superficie totale de la région. La SAU est de 108 000 ha, dont 28 200 ha de superficie irrigable. Le nord de la région est une zone montagneuse alors que le sud est constitué par des plaines qui correspondent à la haute vallée de la Medjerda, principal oued traversant le pays. En 1994, la population atteint 40 783 habitants, soit 4,6% de la population du pays. Le taux d'urbanisation atteint 23,6% contre 59,2% à l'échelle nationale alors que le taux d'analphabétisme atteint 46,9% contre un taux national de 37,1%. La population active s'élève à 106 300 personnes, dont 38,4% est dans le secteur agricole.

La région appartient à l'étage bioclimatique semi-aride supérieur, caractérisé par un hiver doux et un été sec. La pluviométrie annuelle moyenne est d'environ 500 mm et est caractérisée par une irrégularité intra et inter annuelle. La température annuelle moyenne est de 19°C avec un maximum de 40°C en août et un minimum de 6°C en janvier.

2] Les caractéristiques du PPI Bouheurtma

Le projet consistait à mettre en place un système d'irrigation par aspersion sur 24 000 ha autour de la ville de Bousalem (Gouvernorat de Jandouba). A cet effet, le Plan prévoyait la construction d'un barrage sur l'oued Bouheurtma, d'un système d'adduction et de distribution des eaux d'irrigation ainsi que d'équipements de prise d'eau et de distribution sur la Medjerda même, comme deuxième source d'approvisionnement.

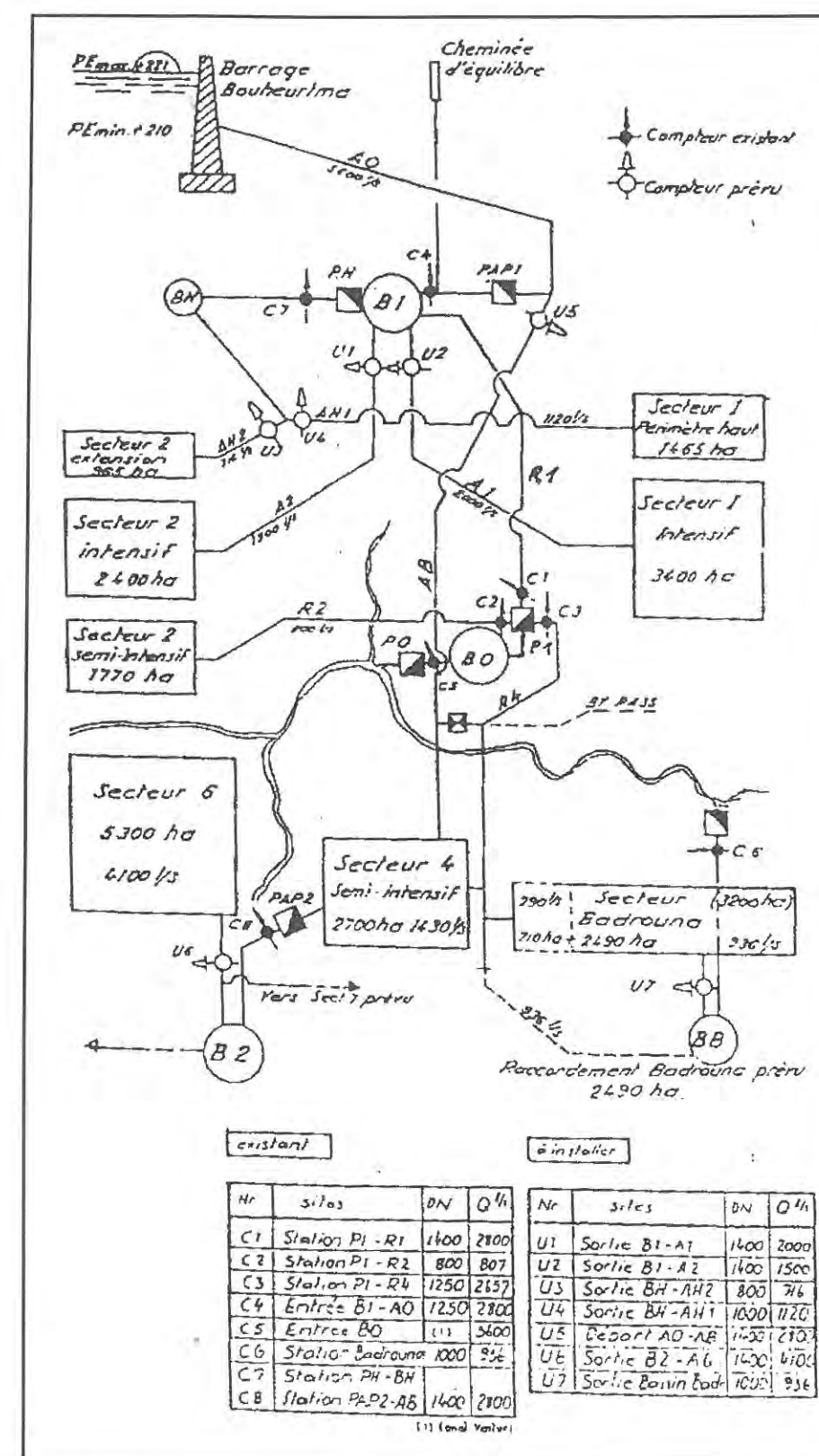
L'exécution du projet s'est déroulée en plusieurs phases. La première phase, qui prévoyait la construction du barrage, du réseau principal, des stations de pompage et du réseau de distribution sur environ 10 000 ha, a été évaluée en 1970 et exécutée entre 1970 et 1983. La deuxième phase, qui comprenait principalement le réseau de distribution sur environ 8000 ha supplémentaires, a été évaluée en 1979 et exécutée jusqu'en 1989 (schéma 2). La dernière phase, correspondant à l'aménagement de 6 000 ha, a démarré seulement en 1997 pour 3 000 ha en raison de problèmes de financement.

L'objectif du projet était une augmentation de la production nationale de sucre, de lait, de viande bovine, de blé dur et de cultures maraîchères en vue de substituer les importations de ces produits qui pesaient sur la balance des paiements. Le projet visait également à augmenter les revenus de la population concernée et à développer l'emploi.

A. Les ressources en eau

L'approvisionnement en eau pour les deux phases est assuré par deux sources : le barrage Bouheurtma et l'oued Medjerda. Le barrage, construit sur une superficie de 8000 ha, dispose d'une capacité de stockage évaluée à 117,5 Millions de m³. La qualité de l'eau est bonne (0,6 g/l) alors que la quantité est réputée limitée. Pour cette raison, le projet prévoyait la Medjerda comme deuxième source, dont la qualité est jugée moins bonne (0,7 à 2,7 g/l). De ce fait, l'approvisionnement du périmètre est assuré à la fois par l'eau du barrage, par celle de l'oued et par pompage direct de la Medjerda.

Schéma 2 : Schéma du réseau BOUHEURTMA avec les sites des grands compteurs d'eau



Source : ATH, amélioration de l'exploitation hydro-agricole des PPI de Jandouba, juin 1992- (GFA, 1996).

B. Les structures foncières

Après l'aménagement de la phase I et II, la superficie du périmètre a atteint 15 895 ha ⁷, répartis comme l'indique le tableau 6.

Tableau 6 : Répartition de la superficie irrigable par secteur

Secteur	Superficie brute (ha)	Superficie nette (ha)
Bouheurtma I (secteur I et II)	10 000	8 813
Byr lakhdar	2 700	2 660
Souk essebt	5 300	4 422
Total	18 000	15 895

Source : ARAPPI.

L'aménagement hydraulique a été fait par blocs de 10,24 ha. En application de la réforme agraire, la limitation de la propriété est donnée par le tableau 7.

Tableau 7 : Limitation de la propriété dans le PPI Bouheurtma

Secteur	Très Intensif		Intensif	
	Plancher (ha)	Plafond (ha)	Plancher (ha)	Plafond (ha)
Bouheurtma I	1,25	15	5	60
Byr Lakhdar	2,5	60	5	60
Souk Essebt	1,25	40	5	40

Source : ARAPPI.

Cette réforme agraire a été marquée par l'importance des petites exploitations, avec 51% des exploitations ayant une taille inférieure à 5 ha et couvrant 19% de la superficie. Notons aussi la taille des grandes exploitations : certaines dépassent le plafond de 60 ha et atteignent 100 ha et plus. En effet, les propriétaires qui dépassent le plafond de surface font des partages fictifs de leurs terres entre les membres de leur famille, afin que chaque quote-part se situe en-dessous du plafond et qu'ils puissent éviter ainsi de contribuer en nature aux investissements.

C. L'occupation du sol

L'occupation des sols du PPI est présentée par le tableau 8.

Tableau 8 : Occupation du sol dans le PPI Bouheurtma

Désignation	Planifié en 1979	Réalisé en 1992
Grandes cultures (céréales)	64% (32%)	49% (42%)
Betterave à sucre	25%	22%
Fourrage	36%	15%
Maraîchage	13%	23%
Intensification	138%	109%

Source : GFA, 1996.

⁷Chiffre donné par L'ARAPPI et jugé de très proche de la réalité pour l'étude d'évaluation (GFA, 1996).

Nous remarquons bien le décalage entre la planification et les réalisations. Les causes de décalage, toujours selon la GFA, sont :

- pour les céréales : l'équipement des exploitations en facteurs de production, la réforme agraire et la commercialisation ;
- pour la betterave : la capacité limitée de récolte de la CST ;
- pour les fourrages : le niveau d'intensification encore faible de l'élevage.

D. Le secteur II ou secteur Brahmi

Vu l'étendue du PPI Bouheurtma et la disparité de ses différents secteurs, nous avons limité nos enquêtes et nos collectes de données au secteur II de ce terrain d'étude. Sa superficie, selon la CTV, est de 4 577 ha et est répartie par strate d'exploitations comme l'indique le tableau 9.

Tableau 9 : Evolution du nombre et des superficies des exploitations par strate (ha)

Strate	1994		1995		1996	
	Nombre	Superficie	Nombre	Superficie	Nombre	Superficie
<5 ha	170	799	290	1 009	310	1 223
De 5 à <10 ha	180	1 170	200	1 180	205	1 280
De 10 à <20 ha	44	572	42	512	38	442
De 20 à <50 ha	24	744	19	644	16	540
De 50 ha et plus	16	1 292	15	1 232	12	1 092
Total secteur	434	4 577	566	4 577	581	4 577

Source : CTV Brahmi.

Ce tableau montre l'augmentation du nombre des petites exploitations pour les deux premières strates, alors que le nombre des exploitations de moins de 10 ha régresse chaque année. Le secteur est irrigué à la fois par l'eau du barrage et de la Medjerda mais aussi par un pompage direct de la Medjerda qui dessert environ 1 700 ha. La structure pédologique du secteur est hétérogène ; nous trouvons des sols argileux argilo-calcaire et argilo-limoneux. La perméabilité du sol est aussi variable ; certains des terrains sont perméables et d'autres sont complètement hydromorphes. Cette imperméabilité est d'autant plus grave qu'il s'agit d'un réseau de drainage inefficace et d'une remontée importante de la nappe.

Concernant l'occupation du sol, sur les 4 577 ha, les plantations arboricoles occupent 147 ha en 1996, ce qui diminue la superficie arable à 4 430 ha. L'évolution de l'occupation de cette superficie durant les trois dernières campagnes est donnée par le tableau 10.

Tableau 10 : Evolution des emblavures du secteur II (ha)

Cultures	1994	%	1995	%	1996	%
Blé dur	2 000	45	2 000	45	2 150	48
Betterave à sucre	973	22	960	22	1 018	23
Tabac	10	0	4	0	4	0
Fourrage	520	12	530	12	570	13
Légumineuses	385	9	396	9	440	10
Maraîchage	705	16	686	15	735	17
Taux d'intensification	4 593	104	4 576	103	4 917	111

Source : CTV Brahmi.

3] La problématique et les hypothèses de travail

L'introduction de l'irrigation nécessite des efforts d'investissement et une capacité à gérer une nouvelle situation exigeante en capitaux mais aussi en savoir-faire. L'État tunisien consacre une part importante de l'investissement agricole (30%) pour le développement de l'infrastructure hydraulique agricole. Le potentiel irrigable du pays ne cesse de s'accroître, permettant une modernisation de l'agriculture tunisienne. Mais si la contribution du secteur irrigué est déjà remarquable, des progrès restent à faire et l'administration est très soucieuse d'améliorer la valorisation de ces ressources.

Concernant les PPI, une sous-utilisation généralisée des potentialités existantes, une faible maîtrise des techniques culturales et un décalage entre les projections des planificateurs et les réalisations ont été constatés (ELLOUMI et GARA, 1993). Aujourd'hui, la situation est d'autant plus préoccupante qu'on assiste au démantèlement du soutien de l'État aux PPI, alors qu'on projette une meilleure contribution du secteur irrigué au développement agricole et à la sécurité alimentaire du pays. Ce compromis dépend de la volonté des agriculteurs et pèse sur le fonctionnement⁸ de l'exploitation. L'agriculteur doit réviser ces décisions pour s'adapter mieux aux nouvelles conjonctures. Nous nous posons la question suivante : comment aider les agriculteurs à mieux gérer leur exploitation afin de préserver leurs intérêts, mais aussi les intérêts de la collectivité ?

Nous avons dit que l'État a décidé de renforcer les structures d'encadrement de l'agriculture aussi bien en amont qu'en aval. Ces structures devraient répondre aux besoins réels des agriculteurs. Dans ce contexte, notre travail adopte une approche d'encadrement technico-économique en développant un modèle régional d'aide à la décision. Ce modèle permettra à l'agriculteur et aux décideurs de visualiser différents modes de comportement face aux divers aléas qui peuvent surgir.

Nous nous intéresserons ici aux exploitations du PPI Bouheurtma. La création d'un tel périmètre a été marquée par un grand changement dans le système d'exploitation des agriculteurs de la région. Jusqu'à la mise en eau, l'irrigation traditionnelle ne concernait qu'un nombre restreint d'agriculteurs et se limitait à la petite hydraulique paysanne (irrigation par gravité grâce aux puits de surface ou au pompage sur oued). La coopération allemande a permis le passage de l'exploitation marginale à la grande exploitation moderne (MFCE, 1988).

L'orientation de production décidée dans le projet oblige l'agriculteur à adapter son mode de gestion. Le système de production prévoit un assolement quadriennal (betterave à sucre / blé dur / légumineuses / fourrage), et encourage les cultures maraîchères. Ce système est dicté par les objectifs initiaux du projet, à savoir l'augmentation de la production voire la substitution aux importations de certains produits (sucre, lait, viande).

Pour inciter les agriculteurs à cultiver la betterave à sucre, l'administration pratique un tarif préférentiel de l'eau à condition que l'exploitant réserve 25% de sa superficie irrigable à cette culture. Cette condition s'applique à toutes les exploitations du périmètre sans exception.

Les effets positifs du projet au niveau économique et social sont indéniables : il a permis une augmentation de la production, une amélioration des revenus ainsi qu'une augmentation de l'emploi ; il a contribué à la diversification de la production agricole de la région, à la transformation des produits agricoles sur place, au développement du commerce et d'autres activités tertiaires (GFA, 1996). Aujourd'hui, les changements économiques et l'ajustement structurel permettent-ils au projet de maintenir ses objectifs ?

« Les systèmes d'exploitation observés à Bouheurtma au terme d'un processus de développement fortement soutenu par l'administration pendant au moins 10 ans constituent

⁸ SEBILLOTTE (1979) définit le fonctionnement comme :

- un enchaînement de prises de décision, dans un ensemble de contraintes, en vue d'atteindre un ou plusieurs objectifs en mobilisant des moyens,
- et des flux divers (matières, énergie et travail, monnaie, information) mobilisés au sein de l'exploitation, comme entre elle et l'extérieur, pour aboutir à des productions, et donc un revenu.

une véritable révolution dans une région traditionnellement marquée par des systèmes extensifs où la jachère occupait 20 à 30% des superficies. Néanmoins, leur évolution vers des systèmes plus intensifs reste handicapée par des aspects fonciers sociologiques et économiques » (GFA, 1996).

A peine 10 ans après la Phase I de mise en eau, un rapport d'évaluation du PPI Bouheurtma, effectué par la Coopération allemande en avril 1988, montre que « l'hypothèse de départ selon laquelle la quasi-totalité des fermes adopterait l'élevage laitier intensif assujéti à de grands risques, s'adonnerait à la culture fourragère irriguée, doit être considérée aujourd'hui comme une erreur de planification. Les exploitations agricoles ont opté pour d'autres spéculations qui, de leur point de vue, sont tout à fait justifiées » (MFCE, 1988). Le même rapport constate les limites de la rotation culturale prévue par le projet, en signalant que l'introduction de la culture betteravière et de la culture fourragère intensive dans la rotation limitait dès le départ l'intensité d'utilisation des surfaces irrigables disponibles. La rotation quadriennale pratiquée actuellement, qui comprend le blé et la betterave à sucre, est très extensive pour un périmètre irrigué équipé d'un système d'irrigation par aspersion (MFCE, 1988).

Vu l'augmentation des prix des intrants, notamment du tarif de l'eau (9% par an en terme nominal, soit 15% en terme réel) et la fluctuation des prix, l'agriculteur devra adapter son comportement pour assurer le fonctionnement de son exploitation et mieux valoriser son appareil de production. Dans ce contexte, nous posons les questions suivantes :

- 1) Le même assolement doit-il être maintenu dans toutes les exploitations ?
- 2) Quelle est aujourd'hui l'opportunité de la betterave à sucre ?
- 3) Quel système de production répondrait le mieux aux objectifs de développement du recherchés par le PPI ?
- 4) Quelles peuvent être les conséquences des aléas affectant l'exploitation sur l'ensemble du PPI ?

Pour répondre à ces questions, nous émettons les hypothèses suivantes :

Hypothèse 1 :

Le système de production est étroitement lié à la taille de l'exploitation. Cette liaison est très significative au niveau des périmètres irrigués où le système de cultures est fixé par l'administration en visant un objectif d'intensification.

Hypothèse 2 :

L'importance de la culture de betterave à sucre tant au niveau agronomique (culture nettoyante) et sociale (création d'emploi) ne justifie pas sa présence obligatoire dans l'assolement.

Hypothèse 3 :

L'irrigation n'épargne pas l'exploitation des aléas : l'exploitation irriguée est d'autant plus sensible aux risques qu'elle s'est engagée dans un processus d'intensification.

Hypothèse 4 :

Une certaine flexibilité des systèmes de production des PPI doit être tolérée dans la mesure où elle répond aux objectifs d'intensification et de valorisation des investissements. Les agriculteurs d'un périmètre irrigué peuvent adopter un système de production en fonction de leurs objectifs et de leurs moyens, tout en respectant l'intérêt général.

Pour répondre à ces questions, nous analyserons le fonctionnement des exploitations afin d'appréhender celui du périmètre irrigué. Nous réunirons les principaux acteurs du système afin de discuter des perspectives et de concilier les intérêts. Nos hypothèses constituent le cœur du débat. Notre tâche consiste à fournir les éléments de base pour engager le dialogue. Dans cet objectif, nous construirons un outil d'aide à la décision afin de formuler une méthodologie de réflexion. Cet outil d'aide à la décision consiste en un modèle de fonctionnement du périmètre irrigué autour duquel les acteurs du PPI pourrions se réunir et discuter sur la situation actuelle et avenir.

PARTIE II

La gestion agricole : des outils et des méthodes en évolution perpétuelle

L'histoire de l'exploitation agricole a connu de grands bouleversements. La croissance démographique, l'accroissement de la demande des produits agricoles, l'évolution de la recherche, l'amélioration spectaculaire des techniques de production et la mise en œuvre des différents politiques ont contribué au développement agricole. « Après avoir obéi à des impératifs techniques (produire le plus possible), puis économiques (produire le plus efficacement, puis de la façon la plus rentable possible), commerciaux (écouler le mieux possible les produits agricoles), l'exploitation agricole se trouve confrontée à des impératifs complexes qui conditionnent sa survie. Il s'agit désormais de satisfaire des besoins réels, mais diversifiés » (GUICHARD et MICHAUD, 1994, préface de MARCHESNAY).

Face à l'évolution de ces impératifs, les méthodes de gestion ont évolué pour répondre aux questions posées par les décideurs, les planificateurs ou les agriculteurs en tant que gestionnaires de leur territoire. Ces questions pourraient se résumer ainsi : Que produire ? en quelle quantité ? de quelle manière ? avec quelles ressources ? selon quelles techniques ? La théorie économique de la production tente de répondre à ces questions (PETIT, 1981). Elle est encore aujourd'hui au cœur des débats entre les différents courants de la micro-économie.

L'objectif de cette partie est de définir les concepts théoriques et de présenter rapidement l'évolution des méthodes de gestion de l'exploitation agricole afin de situer notre position dans les différents courants de pensée. Pour cela, nous faisons référence essentiellement aux travaux de recherche des équipes des Départements ESR et SAD de l'INRA à Grignon et à Dijon.

I – Les concepts et les définitions

1] Gestion et pilotage de l'exploitation agricole

Selon ATTONATY, « la **gestion** d'une exploitation agricole peut être conçue schématiquement comme la succession continue de trois phases : la décision, le suivi et l'analyse-diagnostic, selon différentes échelles de temps – le quotidien, la campagne, le moyen terme – et pour les différentes fonctions de l'entreprise – la production, le financement, la trésorerie et la commercialisation » (ATTONATY et al., 1988). Repris par GIRARD (1995), COURBON (1982) définit le terme de **décision** comme « un processus cyclique en équilibre dynamique entre environnement et intelligence de l'organisation d'une part, système de contrôle et de pilotage d'autre part, ces deux derniers étant quant à eux maîtrisés par l'intelligence de l'organisation ».

GUICHARD et MICHAUD (1994) préfèrent utiliser le terme de « **pilotage** » plutôt que de gestion. Ils considèrent que ce dernier peut avoir un sens restrictif en limitant son domaine à l'administration courante de l'entreprise, excluant par là toute dimension stratégique. Selon eux, « piloter une entreprise, c'est prendre le temps de réfléchir à ce que l'on veut, à ce que l'on a fait, à ce que l'on va faire, compte tenu de ce que l'on peut faire (moyens disponibles, marché actuel et futur) et comment on va le faire (financement, organisation, contrôle). C'est avant tout une attitude de vigilance permanente du chef d'entreprise face à la conduite de son entreprise tous les jours (le pilotage au quotidien), comme les jours des grandes échéances (le pilotage stratégique) ».

Remarquons que les deux définitions définissent le processus décisionnel par rapport au temps et distinguent la gestion courante, qui est l'action tactique et opérationnelle (conduite des cultures, gestion des systèmes fourragers, organisation du travail) de la gestion stratégique, qui est l'orientation et l'adaptation des moyens mis en œuvre pour atteindre des objectifs de long et moyen terme. (ATTONATY et SOLER, 1992 ; SEBILLOTE et SOLER, 1989).

Notre étude traitant des pratiques de gestion, retenons la définition de CHIA dans sa démarche méthodologique d'analyse des pratiques de trésorerie des agriculteurs : il considère une pratique de gestion comme « un acte concret par lequel un agent économique (l'agriculteur) régule le fonctionnement de son unité de production (le système famille-exploitation), c'est-à-dire l'adapte aux changements internes ou externes (environnement) en vue d'atteindre le(s) objectif(s) qu'il se fixe de façon consciente ou inconsciente. Les pratiques dépendent de facteurs économiques (terre, capital, etc.), de facteurs sociologiques (appartenance à un groupe social à l'intérieur d'un village ou à une famille par exemple), de facteurs culturels (formation, capacité, etc.) et de facteurs psychologiques » (CHIA, 1992).

Enfin, cherchons à définir le concept de **modélisation**. Selon BOUSQUET (1994), « la modélisation est une démarche qui peut, d'une part, catalyser la mise en cohérence de diverses connaissances disciplinaires, d'autre part, offrir un terrain (laboratoire) artificiel pour exprimer et confronter des points de vue sur la gestion et expérimenter des mesures d'aménagement ». Par conséquent la modélisation n'est pas une finalité mais un moyen, une représentation simplifiée, qui sert à appréhender les mutations d'une réalité afin de l'analyser et d'interagir avec elle. Repris par ATTONATY (1989), WHINSTON (1981) définit un modèle comme « un objet abstrait, présenté sous une forme compréhensible, utilisé pour représenter une situation réelle, un système. C'est en fait une méthode pour traiter de l'information et fournir la manière de l'utiliser ».

L'élaboration d'un modèle de fonctionnement de l'exploitation agricole suppose la prise en compte de la globalité du système : les finalités, les relations entre les processus techniques et biotechniques⁹ mis en œuvre, les pratiques (BROSSIER et al., 1989). Le processus de modélisation aboutit à un outil opérationnel (le modèle) qui tente d'imiter le processus de pilotage à partir de l'observation des pratiques des agriculteurs. Il s'agit d'un outil d'aide la décision qui enrichit la démarche suivie par le décideur et qui, sans prétendre donner une solution, vise à créer les conditions d'un dialogue entre le conseiller et l'agriculteur (GIRARD et al., 1994). Comme le souligne SOLER (1993), « le problème est moins de modéliser pour chercher une solution optimale que de modéliser pour interagir et accompagner un processus de changement ».

ROY (1990) définit l'**aide à la décision** comme étant « l'activité de celui qui, par des voies dites scientifiques aide à obtenir des éléments de réponse à des questions que se posent des acteurs impliqués dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision en vue de favoriser un comportement des acteurs de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels ces acteurs se trouvent placés d'autre part ». L'aide à la décision étant ici comme la recherche d'une solution satisfaisante plutôt qu'optimale, la simulation se distingue des techniques de recherche opérationnelle qui optimisent une fonction objectif, telles que la programmation linéaire, les méthodes multicritères et les techniques issues de la théorie de la décision (ATTONATY et al., 1989).

En gestion agricole, la simulation consiste à reproduire le fonctionnement de l'exploitation dans le temps, grâce sur un « automate » (le simulateur), et à lui appliquer des environnements variés (les requêtes) en fonction des aléas et des tendances connues, afin d'appréhender le risque lié à ces variations extérieures (GIRARD et al., 1994 ; CHATELIN et al., 1991 ; ATTONATY et al., 1989).

2] L'exploitation agricole et la notion de système

D'après le dictionnaire Petit Robert, un système est « un ensemble d'idées, logiquement solidaires, considérées dans leurs relations ; construction théorique que forme l'esprit sur un vaste sujet (philosophique, scientifique). C'est un ensemble de pratiques tendant à obtenir un résultat ». Le système est donc une construction intellectuelle qui se base sur l'observation des relations entre des éléments, et dont on cherche à expliquer la cohérence.

L'exploitation agricole est un système complexe composé de sous-systèmes liés à la nature de ses activités internes, et en relation avec le système de son environnement extérieur (GUICHARD et MICHAUD, 1994). Système de production, système fourrager, système de culture, système agraire, système de pratiques sont des concepts forgés par les chercheurs pour mieux appréhender le fonctionnement de l'exploitation (GRAS et al., 1989). « L'approche systémique » est une démarche scientifique qui s'est structurée à partir de 1975, formant un nouveau courant de recherche (LANDAIS et al., 1989). Dans la suite, nous définirons les deux systèmes qui forment l'axe principal de notre travail : le système de production et le système irrigué.

A. Le système de production

Selon PAUL et al., (1994), le système de production d'une exploitation agricole familiale est « la confrontation des objectifs de la famille d'une part, et de l'appareil de production dont elle dispose d'autre part ». Ce système de production révèle « la perception qu'a l'agriculteur de l'environnement socio-économique et du milieu physique au sein desquels il est plongé. (...) Le système de production apparaît ainsi comme étant le domaine de cohérence » (PAUL et al., 1994).

Dans l'exploitation, les systèmes de culture et d'élevage, le système fourrager, le système de pratiques sont des sous-systèmes du système de production. (...) D'un point de vue agronomique, deux concepts sont essentiels pour rendre compte du fonctionnement annuel du système de production, ce sont :

- **L'assolement :**
C'est la répartition des cultures sur les terres de l'exploitation, quels que soient les systèmes de culture qui les conduisent.
- **Le calendrier des travaux :**
C'est la répartition des tâches et de l'emploi des intrants au long de l'année, quelles que soient les pratiques utilisées. L'établissement du calendrier des travaux utilise la notion de jours disponibles, qui est fonction du climat et des pratiques.

La gestion du système de production inclut les prévisions sur l'assolement, le calendrier des travaux (fonction de l'appréciation des risques climatiques) et le fonctionnement micro-économique. Le système de production est piloté par les objectifs socio-économiques de l'exploitant et l'analyse des résultats passés (GRAS et al., 1989).

B. Le système irrigué

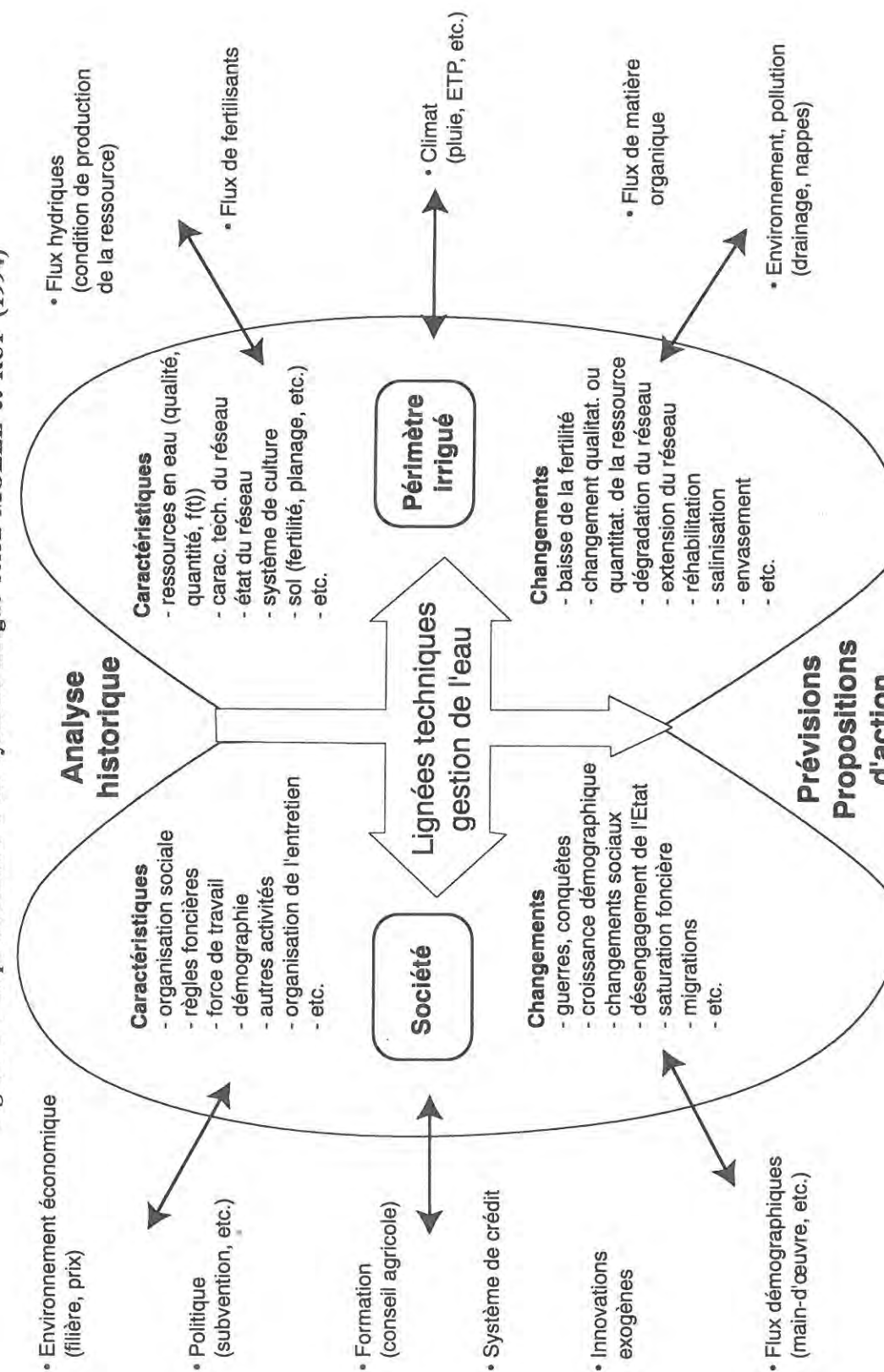
L'exploitation irriguée est un système d'exploitation agricole bien spécifique car l'irrigation n'est pas une pratique qui se surajoute aux autres, mais elle affecte le fonctionnement global de l'exploitation et de son environnement. Le système irrigué suppose une structure organisée d'aménagements hydrauliques (source d'eau, réseau d'adduction, aménagement en blocs hydrauliques), qui constitue le « périmètre irrigué ».

⁹Voir page 34.

Référons-nous à l'analyse systémique du fonctionnement des périmètres irrigués par MOLLE et RUF (ORSTOM). La représentation qu'ils proposent (figure 5) montre les relations entre le périmètre irrigué physique et la collectivité qui vit autour du périmètre et l'exploite (la société). La flèche verticale représente le temps, la dimension historique étant indispensable dans l'analyse des interactions (MOLLE et RUF, 1994). Les auteurs définissent ici une série de notions relatives à la mise en place du périmètre et à son exploitation :

- **La structure et les frontières :**
Un système irrigué comprend le périmètre physique (les infrastructures de captage, de distribution de l'eau, les terres d'application), le groupe humain qui en dépend (les paysans, les aigadiers¹⁰, les administrateurs, les commerciaux), ses institutions et ses moyens de production.
- **La fonction :**
Le système obéit aux règles de fonctionnement des installations hydrauliques et des activités agricoles : la gestion de l'eau, des terres, du travail, de l'équipement, des financements (crédit) et de la commercialisation des marchandises.
- **L'environnement :**
Le système est influencé voire contraint par un environnement physique en amont (les ressources captées) ou en aval (les possibilités de drainage), et par un environnement humain (les paramètres économiques, les flux démographiques, l'information, le contexte politique).
- **Les finalités :**
La fonction première du périmètre irrigué est agronomique : il apporte l'eau au moment et à l'endroit où elle manque. Mais il a aussi une fonction sociale : il répond aux attentes individuelles et collectives en fonction des jeux de pouvoir qui régulent les groupes sociaux concernés.
- **Les transformations :**
La dynamique propre – sociale et physique – du périmètre et les perturbations issues de son environnement entraînent une évolution continue du système irrigué et conduisent parfois à des crises.

Figure 5 : Représentation d'un système irrigué selon MOLLE et RUF (1994)



¹⁰ personnes chargées de conduite de l'eau aux usagers

II – L'évolution des instruments et des méthodes

1] Les impératifs d'évolution

A. L'exploitation agricole face aux aléas et aux conjonctures économiques

L'une des caractéristiques majeures de l'activité agricole est l'utilisation des processus biologiques. La production de l'agriculteur est donc soumise aux aléas climatiques – le gel, la grêle, la variabilité des précipitations –, et biologiques – les maladies. Ces aléas pouvant remettre en cause la stratégie de production, ils doivent s'intégrer dans le processus décisionnel. Ainsi, l'agriculteur a besoin d'une assistance permanente pour élaborer les bonnes décisions face aux aléas. Dans ce but, des outils d'aide à la décision sont développés, qui intègrent de plus en plus la dimension aléatoire et évaluent le risque.

Les conjonctures économiques affectent aussi le secteur agricole, qui est souvent régulé par des politiques spécifiques. Pour BOUSSARD (1996), deux principales raisons justifient l'application d'une politique spécifique à l'agriculture : 1) la rigidité de la demande alimentaire se traduit par une faible élasticité de la demande de produits agricoles par rapport aux prix et aux revenus ; 2) l'importance de l'espace utilisé par cette activité.

Le choix de l'État de soutenir ou pas le secteur agricole joue un rôle déterminant dans son développement et affecte le processus décisionnel de l'agriculteur. L'adoption du Programme d'Ajustement Structurel Agricole (PASA), par le gouvernement tunisien en 1986, implique l'élimination des subventions aux engrais, l'augmentation annuelle du tarif de l'eau d'irrigation (9% en terme nominal, 15% en terme réel) et une libéralisation des prix à la production (sauf pour quelques produits tels que les céréales). Ces mutations obligent l'agriculteur, qui voit ces coûts de production augmenter, à réviser ses décisions, voire à changer de stratégie.

« Une des difficultés majeures de la gestion dans l'incertitude réside dans le fait que l'agriculteur doit suffisamment cadrer le futur pour pouvoir agir dans l'immédiat, mais qu'il doit en même temps se donner les moyens d'exploiter tout accroissement d'information supplémentaire » (HEMIDY et al., 1993). L'aide à la décision est nécessaire pour contourner tous ces aléas et ces tendances.

B. Une nouvelle approche du conseil

Le conseil et d'assistance dans le domaine agricole revêt une grande importance pour la raison suivante : l'exploitation agricole familiale nécessite d'accomplir des tâches tenant à la fois à la famille et à l'exploitation (gestion des approvisionnements, de la commercialisation, de la conduite technique, gestion financière), ce qui diminue généralement l'efficacité de l'agriculteur.

En France, de nombreux organismes se chargent la mission de conseil, en se basant d'abord sur le calcul économique (calcul des marges, prix de revient). « Chargés d'aider les agriculteurs dans la gestion de leurs entreprises, ils ont, depuis de longues années, développé des actions d'appui technique ou de méthode, de formation, d'information ou de sensibilisation aux conditions économiques de la production » (HEMIDY et SOLER, 1992). Au début des années 70, il est apparu nécessaire d'adopter une approche interactive de l'aide à la décision plutôt qu'une simple analyse des résultats. « Dans de nombreux départements, le conseil de gestion n'était plus qu'une simple extension de l'approche comptable ; dans certains cas, ce conseil a simplement disparu » (HEMIDY et SOLER, 1992). L'alternative est de mener un diagnostic

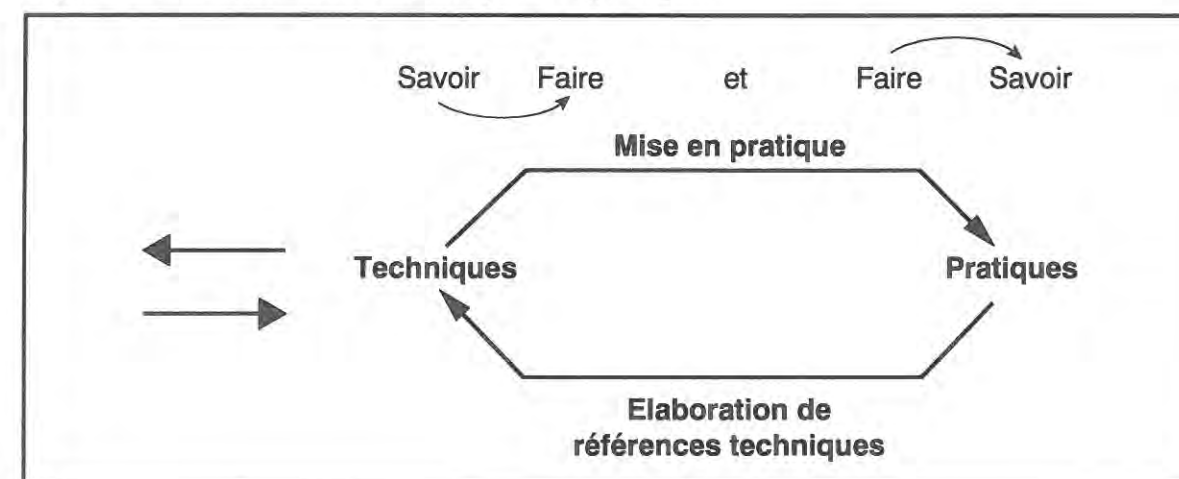
global de l'exploitation agricole qui intègre les pratiques des agriculteurs, l'analyse de leurs projets et leurs objectifs avant de dispenser tout conseil. Selon les mêmes auteurs, de nouvelles formes de conseil, seraient :

- non pas fondées sur la recherche de solutions et de voies de développement standard, mais prenant la spécificité de chaque situation ;
- mettant en avant une compréhension des objectifs, des projets des acteurs, plutôt que les techniques de gestion et l'outil comptable ;
- privilégiant une relation de partenariat plutôt que d'assistance.

C. La recherche s'intéresse aux pratiques des agriculteurs

Nous expliciterons ici quelques idées soulignées par LANDAIS et al. en 1989 dans un article intitulé « Les pratiques des agriculteurs : Point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique ». L'introduction massive de nouvelles technologies en agriculture rend nécessaire la prise en compte des pratiques dans le conseil d'exploitation : « la technique est un modèle conceptuel pour une action finalisée (en particulier par la production). A l'inverse, la pratique s'enracine dans un contexte particulier situé dans l'espace, dans le temps. S'intéresser aux pratiques, c'est entretenir un projet sur ce contexte précis. Tel est précisément le cas pour qui s'intéresse à la gestion de l'exploitation agricole. (...) Entre pratiques et techniques ainsi définies existent des relations réciproques, du savoir au faire (mettre une technique en pratique) et du faire au savoir (tirer de la pratique des enseignements techniques), qui sont cruciales pour le processus de développement » (figure 6).

Figure 6 : Relations entre techniques et pratiques



Source : LANDAIS et al., 1989.

Pourquoi s'intéresser aux pratiques des agriculteurs ? La prise en compte des pratiques des agriculteurs permet d'évoquer concrètement les problèmes de gestion. D'un autre côté, il découle de ce qui précède, que les pratiques contribuent à l'innovation technique et activent le processus de développement.

LANDAIS souligne que cette attention particulière accordée aux pratiques des agriculteurs, est en relation avec la position centrale de l'homme dans l'exploitation agricole vue comme « un système complexe piloté » :

« Si l'on considère l'agriculteur comme décideur et acteur, on s'intéresse au projet global qu'il entretient avec sa famille, aux objectifs plus sectoriels qu'il se fixe à court et moyen terme

dans la poursuite de ce projet ; à l'ensemble des décisions qu'il prend pour atteindre ces objectifs. Mais ni son projet, ni ses objectifs, ni ses décisions, ni la manière dont il prend ces décisions sont aisées à saisir pour un observateur extérieur : c'est un argument de poids en faveur de l'étude des pratiques des agriculteurs, qui sont, quant à elles, directement observables.

Si l'on s'intéresse plutôt aux aspects techniques de la gestion de l'exploitation agricole, ce qui est le cas des agronomes et des zootechniciens, on tentera d'analyser les phénomènes qui sont mis en jeu dans le processus d'élaboration des performances agronomiques ou zootechniques, au niveau des « sous-systèmes opérants ». Ces phénomènes sont d'ordre biotechnique, c'est-à-dire qu'il s'agit de phénomènes biologiques infléchis, modulés par les interventions techniques des agriculteurs. L'objectif poursuivi ici est d'optimiser ces interventions, de les rendre plus efficaces (en termes de production, dans le cas général). C'est une autre raison d'étudier les pratiques des agriculteurs. Que l'on insiste sur l'aspect décisionnel ou sur l'aspect biotechnique, on est donc conduit à considérer les pratiques comme une « entrée » tout à fait privilégiée pour l'étude de l'exploitation agricole.

Dans une exploitation agricole, chaque pratique a une histoire. A l'origine de tout changement, se trouve un processus décisionnel au cours duquel l'agriculteur adopte un nouveau modèle technique. Ce modèle est ensuite mis en pratique et progressivement adapté aux conditions particulières de l'exploitation et aux objectifs propres de l'agriculteur. Compte tenu des résultats obtenus, de l'évolution de l'ensemble du système et de celle de son environnement, la pratique en question est mise en œuvre durant une période plus ou moins longue ou abandonnée » (LANDAIS et al., 1989).

2] Des instruments et des méthodes : pour mieux appréhender le fonctionnement de l'exploitation

A. La théorie micro-économique : de l'optimisation d'une fonction à la construction interactive de solutions

Depuis plus d'un siècle, la théorie micro-économique s'est intéressée à l'activité agricole. Les modèles basés sur cette théorie analysent le fonctionnement économique sectoriel (formation des prix, équilibre de l'offre et de la demande), plutôt que celui de l'exploitation agricole. L'hypothèse de base des travaux réalisés dans ce cadre est celle de la rationalité de l'individu. Elle considère qu'un acteur parfaitement informé cherche à maximiser une « fonction objectif » ou « fonction d'utilité », laquelle est choisie égale au profit, assimilable au revenu agricole (BROSSIER et al., 1989).

Cette théorie micro-économique se base aussi sur la loi des rendements décroissants qui fait utiliser les notions de coût et de recette marginale. « Dans ce cadre théorique, le raisonnement marginaliste (égalité des recettes et des dépenses liées à la dernière unité produite) est un raisonnement à la base de la décision : plus généralement, on prend la décision de produire quand les coûts liés à cette décision (une unité supplémentaire, tout achat de facteur ou tout changement d'affectation des facteurs) sont inférieurs aux recettes attendues. Ce coût est appelé coût d'opportunité ou coût de la décision » (BROSSIER et al., 1989).

Plus tard, cette théorie fut remise en cause pour deux raisons : l'hypothèse de rationalité absolue et le contexte de prise de décision. En 1964, SIMON et MARCH contestent le principe de rationalité. « Les agents économiques et les institutions ne font pas de choix relevant d'une intention d'optimisation, ils cherchent plutôt et plus simplement à s'adapter à l'environnement et donc à établir ou rétablir un équilibre. L'agent s'arrêterait donc d'agir une fois atteint un premier équilibre, même si celui-ci n'est pas le meilleur possible. (...) Parler de choix satisfaisant plutôt que d'optimum ne rejette en rien le concept de coût d'opportunité qui est lié à l'existence de choix et non à celui d'optimum ».

Concernant le contexte de prise de décision, BROSSIER ajoute que « dans une entreprise et donc dans une exploitation agricole, il n'existe pas une seule personne prenant les décisions, mais une structure complexe. Les décisions dépendent des rapports de force entre les différents individus et sont bien le produit de ces confrontations ».

Suite à cette controverse, une nouvelle théorie jalonne les recherches en matière de gestion agricole : c'est la théorie du comportement adaptatif (PETIT, 1981). En présentant les éléments du modèle du comportement adaptatif, PETIT discute l'hypothèse de rationalité qui implique que les agriculteurs « ont de bonnes raisons de faire ce qu'ils font et la première tâche de celui qui veut aider ces acteurs est de comprendre ces raisons ».

Dans ce cadre théorique, BROSSIER propose de nouvelles hypothèses de travail :

- Ce n'est pas un individu isolé qui prend les décisions.
- Le critère de décision n'est pas l'optimisation mais l'obtention d'une solution satisfaisante ou acceptable.
- Il n'y a pas un objectif, mais des objectifs quelque peu conflictuels.
- L'entreprise a des relations avec l'environnement, ce qui lui donne des atouts et lui impose des contraintes supplémentaires, ces rapports ne sont pas figés.
- Les organisations ont leurs propres normes (de contrôle, de choix, etc.) qui se modifient.

B. Des outils et des méthodes pour analyser le fonctionnement de l'exploitation et l'aide à la décision

Les mutations et les impératifs que nous avons explicités sont à l'origine du développement des outils et des méthodes qui tiennent compte des pratiques et des règles de décision de l'agriculteur. Selon HEMIDY et SOLER (1992), le premier enjeu des recherches pour élaborer les modèles de pilotage est « de tenir compte des variables utilisées par les agriculteurs et surtout des contraintes qui conditionnent leur choix. (...) Il faut concevoir ce travail de production de connaissances de modèles, de telle manière qu'il puisse aider les agriculteurs dans l'adaptation permanente des indicateurs de pilotage ainsi délimités ».

Plusieurs approches ont été menées dans ce sens par les équipes de chercheurs de l'INRA à Grignon :

- 1) La première, développée dans les années 70, prend la forme d'une « planification pour l'aide à la décision ». Cette approche repose sur la fixation *ex ante* d'une trajectoire et simule les conséquences d'un jeu d'hypothèses d'évolution avenir, comme si la connaissance du futur était suffisante pour déterminer les décisions à simuler. Cette approche est mise en œuvre par le logiciel PLANIF qui simule des budgets dont les résultats déterminent l'acceptation du projet et établissent des financements engageant l'avenir de l'exploitation sur de nombreuses années (ATTONATY et al., 1989).
- 2) La seconde approche est le programme PCA (Prévision, Contrôle, Ajustement) de prévision à court terme de la production laitière et repose sur la méthode ATEL (Appui Technique aux Eleveurs Laitiers). « Cette méthode propose aux éleveurs une gestion par contrôle d'écarts. Son objectif initial est de faire prendre conscience à l'éleveur de la marge de progrès possible au niveau de la production de son troupeau en améliorant sa conduite et son alimentation » (CHATELIN et POUSSIN, 1991).
- 3) Une autre méthode de simulation étudie des stratégies de choix possibles en fonction de la variabilité de l'environnement. Ainsi, le logiciel OTELO (Organisation de Travail Et Langage Objet) propose de répondre à des questions précises portant sur un secteur

particulier de l'exploitation. Son programme simule le calendrier de travail journalier en fonction des différents scénarios climatiques qui peuvent surgir pendant une campagne agricole (ATTONATY, 1989).

- 4) La considération de l'exploitation globale face aux aléas étant de plus en plus cruciale dans la conception des outils d'aide à la décision, le simulateur Quatre Vents intègre tout le processus de fonctionnement technique et économique de l'exploitation. Ce programme permet de manipuler des fonctions multiples (structurelles et personnalisées) et une infinité d'indicateurs ; il présente ainsi une interactivité très dynamique. La combinaison des tendances (inflation, prix de marché) et les aléas (climat, maladies) permet à l'agriculteur de bien quantifier son aversion au risque.

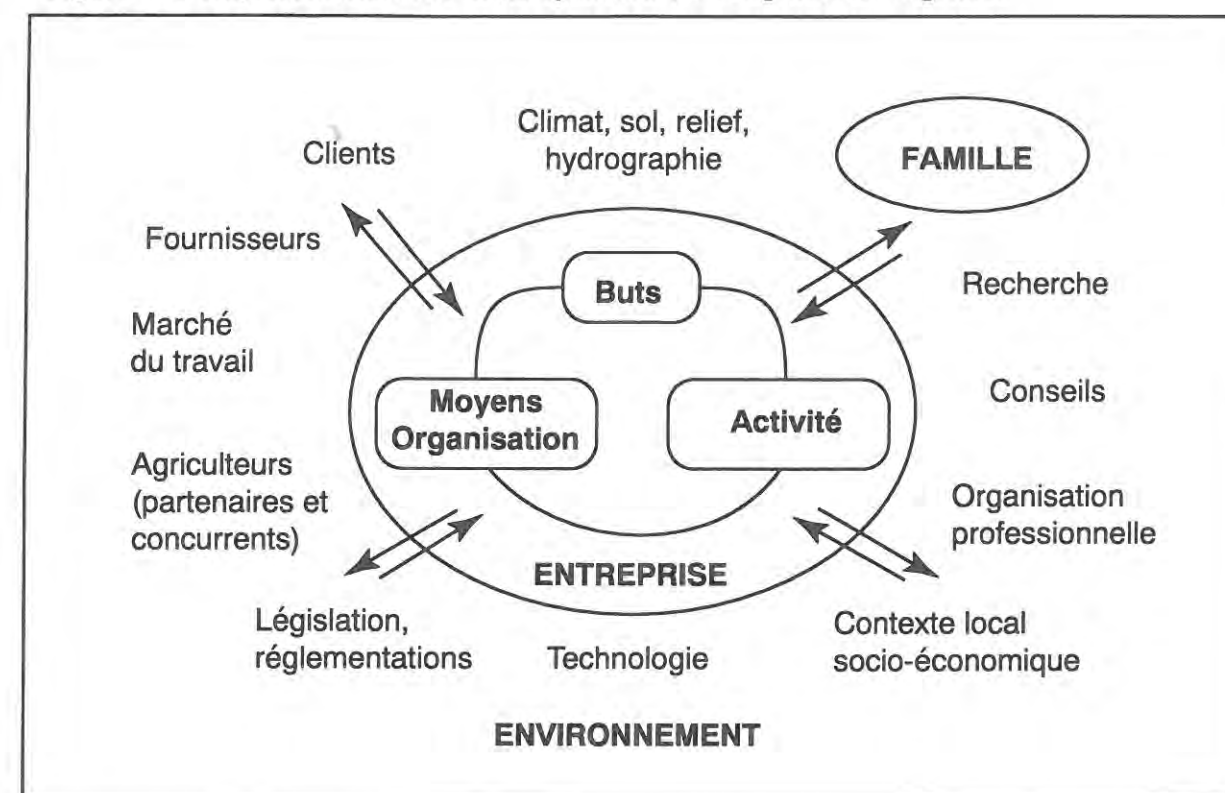
C. La méthode « multi-agent » : une nouvelle approche pour modéliser un système ouvert

L'intégration de l'environnement est devenue cruciale dans toutes les disciplines. « Les relations, entre l'homme et les ressources naturelles renouvelables qu'il exploite, sont au cœur des problèmes environnementaux. Pour mieux comprendre les relations entre les dynamiques sociales et écologiques, les chercheurs appartenant à différentes disciplines se rassemblent en équipes pluridisciplinaires. Les connaissances diverses qui sont produites doivent être confrontées et discutées afin de constituer un corpus cohérent. Cette mise en cohérence est requise pour que la recherche joue son rôle d'assistance à la décision auprès des acteurs qui interviennent dans la prise de décisions (aménagement, décideurs, populations concernées) » (BOUSQUET et al., 1994).

Aujourd'hui, l'étude de l'exploitation agricole dépasse l'analyse de l'unité en tant que telle pour s'étendre aux différentes relations qui s'établissent avec son environnement et influencent le processus décisionnel de l'agriculteur. Pour GUICHARD et MICHAUD (1994), l'exploitation agricole est un système ouvert. Ils la représentent à travers trois systèmes (figure 7) :

- un système « interne » qui traduit son fonctionnement et ses potentialités ;
- un système « entreprise-environnement » qui traduit ses relations avec les partenaires faisant partie de son environnement ;
- un système « entreprise-famille » qui traduit la relation entre l'exploitation et la famille.

Figure 7 : Représentation des trois systèmes de l'exploitation agricole



Source : GUICHARD et MICHAUD, 1994.

L'évolution des outils d'aide à la décision a été largement stimulée par le développement de la micro-informatique. « En quelques années, le développement de l'innovation micro-informatique a permis la diffusion directe et élargie d'outils de gestion auprès des agriculteurs. (...) Depuis 1982, l'essor de cette nouvelle forme d'informatique a permis l'émergence d'une offre abondante et diversifiée d'outils informatiques de gestion » (HEMIDY, 1992). Dans ce contexte, une nouvelle exploration de l'intelligence artificielle vient renforcer la recherche dans le domaine de la gestion agricole. C'est une nouvelle orientation de la modélisation pour l'aide à la décision. Il s'agit de l'intelligence Artificielle Distribuée (IAD) qui « s'intéresse à la résolution de problème par des communautés d'agents qui ont des points de vue différents et des connaissances parcellaires sur le problème : on parle de Systèmes Multi-Agent (SMA) » (BOUSQUET et al., 1994).

Dans le domaine informatique, on appelle **agent** « une entité réelle ou abstraite qui est capable d'agir sur elle-même et son environnement, qui dispose d'une représentation partielle de cet environnement, qui, dans un univers multi-agents, peut communiquer avec d'autres agents et dont le comportement est la conséquence de ses observations, de sa connaissance et des interactions avec les autres agents » (FERBER et GHALLEB, 1988). BOUSQUET (1994) explicite les techniques de communication entre agents : « Les recherches en SMA proposent différents protocoles de communication entre agents. Il est ainsi possible de s'intéresser à des agents simples, qui communiquent directement entre eux en s'envoyant des messages : cette technique est généralement utilisée pour créer des écosystèmes artificiels dont on simule le fonctionnement ; on parle parfois de vie artificielle : c'est une démarche de modélisation ascendante. On peut aussi s'intéresser à des agents plus compliqués, qui disposent chacun d'une expertise partielle sur un problème commun : on cherche à les faire collaborer pour résoudre le problème global. L'architecture, appelée tableau noir (*blackboard*), est en général utilisée pour créer des systèmes dits multi-experts ».

Pour nous, cette nouvelle approche consistera à représenter les différents acteurs de l'écosystème de l'exploitation agricole, à les faire dialoguer et donner l'occasion à chacun de rationaliser sa décision en fonction des points de vues exposés. « D'une part, il est admis que la rationalité n'est qu'une hypothèse parmi d'autres, d'autre part, les mécanismes qui gouvernent l'accès d'un individu à la ressource sont souvent à rechercher dans ses interactions avec la (ou les) organisation(s) sociales dont il fait partie. Nous proposons donc de nous intéresser au jeu des interactions décisionnelles entre différents acteurs qui ont différentes représentations de leur environnement. Les SMA permettent aujourd'hui d'aborder la modélisation de ces représentations et des interactions entre divers individus au long d'un processus de décision » (BOUSQUET et al., 1994).

Partie III

Construction d'un modèle de fonctionnement d'un périmètre public irrigué (PPI)

« Il est très difficile et pratiquement quasi-impossible d'expérimenter sur un système réel, une exploitation agricole par exemple, compte tenu du nombre élevé de paramètres à faire varier et des implications humaines et économiques d'une telle opération. La simulation consiste à expérimenter, sur un modèle substitut de la réalité, le plus souvent obtenu par l'Analyse Par les Systèmes (APS). Une fois le modèle élaboré, un traitement sur ordinateur permet d'obtenir rapidement les conséquences sur le système de diverses décisions, de changement au niveau des intrants de séquences climatiques particulières (sécheresse).

Le problème crucial dans ce genre de démarche est l'adéquation du modèle de simulation à la réalité qu'il est censé représenter. Il existe des degrés quant au niveau d'adéquation que l'on peut exiger d'un modèle. Vérifier un modèle, c'est examiner s'il est vrai, c'est-à-dire s'il constitue une représentation vraie et correcte de la réalité du point de vue choisi ; c'est l'exigence maximum que l'on demande rarement à un modèle de simulation. On se contente en général de tester sa validité, c'est-à-dire l'adaptation du modèle à l'objectif qu'on lui a assigné et qui ne concerne en général qu'une partie du fonctionnement du modèle. La validité est une notion relative, en ce sens qu'elle dépend des écarts acceptables entre les données réelles et les données obtenues par simulation. La simulation doit se situer dans un contexte d'échanges entre la réalité et le modèle pour juger de la validité de ce dernier, l'améliorer et préciser ses limites ».

GRAS et al. (1989)

I – Disponibilité et recherche des données

1] Quelles sont les données nécessaires ?

A. Identification d'une situation de départ

Le champ des données à collecter est déterminé par les objectifs du travail à mener. Lorsque nous fixons un objectif à atteindre, nous supposons l'existence d'une situation de départ à laquelle nous faisons référence et sur laquelle nous agissons. Nos données servent donc à repérer la situation de départ puis à agir. Bien que notre problématique se place aussi bien à l'échelle micro-économique que macro-économique, le centre de notre d'étude reste l'exploitation agricole irriguée. Nous collecterons donc d'abord les données concernant l'infrastructure, l'appareil de production, le système de production et les résultats économiques. L'analyse du fonctionnement exige de réunir le maximum d'informations sur les facteurs exogènes qui affectent le processus décisionnel de l'exploitant. Ces informations concernent les aléas climatiques, les structures d'approvisionnement et d'écoulement ainsi que les structures d'encadrement.

B. Des données à recueillir avec rigueur

Le secteur agricole est fortement soumis aux aléas, ces derniers affectant les décisions de l'agriculteur au cours d'une campagne ou entre deux campagnes successives. Ainsi, les données doivent être collectées et analysées dans leur dimension temporelle. Comme le souligne BROSSIER (1989), « observer les pratiques dans le temps, c'est se donner les moyens de saisir les effets de l'évolution de la situation et des objectifs du système de pilotage, mais aussi appréhender la façon dont celui-ci s'adapte au rythme des saisons, aux variations inter-annuelles qu'elles soient aléatoires ou non. L'observation des pratiques dans leur durée est aussi un moyen d'appréhender les procédures de contrôle, donc de maîtrise technique, effectivement mises en œuvre par les agriculteurs ».

L'activité d'une exploitation agricole ne reflète qu'une image très réduite de son environnement. Son développement est étroitement lié au mode de gérance adopté par son responsable. L'exploitant choisit l'itinéraire professionnel qui lui permet d'atteindre ses objectifs que ce soit en période d'installation, de développement ou de préparation de son départ (GUICHARD et MICHAUD, 1994). Cette spécificité du secteur agricole donne lieu à des situations très diversifiées. Notre collecte de données doit dépasser cette diversité pour aboutir à une situation représentative. Nous nous basons sur deux typologies décrites par la suite, qui définissent des types de campagne et d'exploitation agricoles. Quant aux besoins de données, ils sont fonction de leur utilité : nous distinguons les données de construction et de validation du modèle.

a) Des données pour la construction du modèle

La première tâche consiste à représenter les exploitations du périmètre. Ceci nous amène à construire une typologie des exploitations. Limités par le temps et les moyens, nous avons opté pour une typologie « à dire d'experts ». Les détails de la méthode sont décrits par PERROT et LANDAIS : détermination des indicateurs discriminant, calcul des coefficients de ressemblance partielle et d'un coefficient de ressemblance globale. Notre typologie se base sur le principe de « reproduire le processus cognitif des experts qui, après plusieurs années d'analyse des exploitations de leur zone, se forgent une image implicite de la diversité de ces exploitations, image composite que l'on essaie de décrire en termes de - pôles d'agrégation - aussi nettement différenciés que possible » (PERROT et LANDAIS, 1993). Ceci a impliqué notre collaboration étroite avec les techniciens vulgarisateurs du périmètre et a conditionné le choix de certains critères comme nous l'expliquerons plus loin. Le nombre et la superficie des exploitations par strate firent notamment partie de nos données.

Pour reproduire le fonctionnement du périmètre, il nous faut identifier l'itinéraire technique des exploitations. Ainsi, nous construisons des fiches technico-économiques par culture pour simuler l'assolement pratiqué par chacun des types d'exploitations. Nous procédons ensuite à un « calage » des exploitations de l'enquête. Les résultats de cette procédure constituent la base de notre modèle agrégé.

b) Des données pour valider le modèle

Pour valider le modèle, nous tentons de rapprocher nos résultats des données statistiques disponibles auprès de l'administration, concernant l'activité du périmètre. Les éléments indispensables à recueillir sont les consommations en eau réellement facturées, les superficies des cultures et les productions. Il est impossible de valider le modèle pour toutes les cultures et produits, vu la grande diversité des systèmes de production. Mais ce travail est faisable pour les principales cultures (plus de 80% des superficies arables) à savoir le blé dur, la betterave à sucre et la pomme de terre. Nous avons recueilli les statistiques concernant les emblavures et les productions de ces trois cultures pour trois campagnes agricoles. Pour le réalisme de nos simulations et de nos interventions, nous avons tenu à reproduire avec le maximum de rigueur la totalité des emblavures et des consommations en eau.

2] La disponibilité des données

A. A l'échelle du secteur

A ce niveau, les données sont très réduites par rapport aux objectifs que nous avons tracés. En effet, vu l'absence de compteurs d'eau par exploitation, les consommations en eau sont dressées par abonné, ce qui peut représenter une ou plusieurs exploitations. Concernant le suivi des activités, aucune références technico-économiques ne permet une typologie des exploitations. Si nous exceptons les SMVDA et les lots techniciens, l'exploitation agricole en tant qu'entité économique n'est pas définie à l'échelle du périmètre. Les seules données que nous prétendons avoir restent à vérifier : ce sont le nombre des exploitations, les emblavures et les rendements moyens.

B. A l'échelle des exploitations

Les agriculteurs continuent à appliquer une gestion technique traditionnelle. L'innovation est limitée, surtout chez les exploitants âgés. L'introduction de l'irrigation et l'adoption d'un nouveau système de production constituent pour eux une situation de fait. Un des agriculteurs de notre enquête qualifie l'intégration de l'élevage dans son système d'exploitation « d'opération d'esclavage et d'attachement ». Les agriculteurs ne suivent aucun référentiel technique préconisé mais sont guidés par l'expérience dans leurs manœuvres.

Pour toutes ces raisons, nous n'espérons pas disposer de données techniques homogènes et de qualité. Nous ne pouvons collecter que des informations concernant les espèces cultivées, l'assolement, les rendements, l'effectif du cheptel et le matériel agricole. Comme nous nous intéresserons à l'irrigation, notre collecte de données tente aussi d'évaluer les doses d'irrigation par culture.

Aucun des agriculteurs de notre enquête n'est enregistré pour ses résultats économiques. Les seuls comptes disponibles, toutes opérations confondues, sont le compte d'achat et le compte de vente. Le plus souvent, ces comptes sont gérés « de mémoire » et les enregistrements formels sont très discrets. Rapportons le cas d'un technicien agricole installé sur un lot de terre domaniale qui, par méfiance, a refusé catégoriquement de répondre à notre questionnaire.

3] Les enquêtes

Compte tenu de la disponibilité et de la nature des données recherchées, nous avons opté pour des enquêtes de terrains. « Un des caractères de l'enquête est de partir de la réalité pour recueillir des opinions, collecter des renseignements, faire des observations, effectuer des mesures » (GRAS et al., 1989). Nous avons donc préparé un questionnaire et choisi des exploitations.

A. Le questionnaire

Pour contourner le biais des aléas et préserver une certaine rigueur aux données, nous avons collecté les données par exploitation pour trois campagnes successives : 1994, 1995 et 1996. Ces trois campagnes forment les années agricoles « types » du périmètre, elles sont définies comme suit.

- **Campagne 1993/94 (année de type A) :**

C'est une campagne qui succède à une année pluvieuse. Le barrage est suffisamment approvisionné en eau : ses réserves de départ (septembre 1993) s'élèvent à 85,3 Millions de m³ soit 72% de sa capacité de stockage. En revanche, cette campagne est caractéristique d'une année sèche : la pluviométrie enregistrée à la station de Brahmi n'a pas dépassé 391 mm soit 80% de la moyenne annuelle de la région.

- **Campagne 1994/95 (année de type B) :**

Vu le manque de pluie durant la campagne précédente, les réserves du barrage sont insuffisantes : 68,6 Millions de m³ soit 58% de sa capacité de stockage. Cette situation est aggravée par une pluviométrie annuelle moyenne : 512 mm soit 104% de la moyenne annuelle de la région.

- **Campagne 1995/96 (année de type C) :**

C'est une campagne pluvieuse : 812 mm de précipitation soit 165% de la moyenne annuelle régionale. En septembre 1996, les réserves du barrage s'élèvent à 101,1 Millions de m³ soit 86% de sa capacité de stockage.

Avec les réserves formulées précédemment, nous avons tenté d'identifier l'exploitant, l'exploitation, l'activité agricole et les règles de gestion :

- **L'exploitant :**

Le questionnaire porte sur l'âge, le niveau d'instruction, la qualification professionnelle, l'expérience, le mode de faire valoir, la composition de la famille et la domiciliation par rapport à l'exploitation.

- **L'exploitation :**

Elle est identifiée par l'emplacement, l'infrastructure, l'appareil de production et sa structure pédologique.

- **L'activité agricole :**

Il est demandé à l'exploitant des estimations « de mémoire » concernant les espèces cultivées, l'assolement, des rendements, des doses d'irrigations et éventuellement de la composition de son cheptel pour ces trois années.

- **Les règles de gestion :**

Le questionnaire porte sur l'évolution des décisions de l'exploitant, son adaptation à la disponibilité en eau d'irrigation en cours de campagne et d'une campagne à l'autre, ses rapports avec des circuits d'approvisionnement et de vente, des structures d'encadrement et d'assistance.

Avant de commencer les enquêtes, nous avons souhaité tester le déroulement du questionnaire. En collaboration avec un groupe d'étudiants en formation continue à l'Ecole Supérieure d'Agronomie de Mograne, nous avons organisé une visite d'étude au périmètre Bouhertma. Une dizaine d'enquêtes ont été réalisées. Ce travail a permis de modifier certaines questions et d'en éliminer d'autres. Nous avons également lu le questionnaire au chef du secteur pour expliciter le sens des questions, voire les traduire dans le langage courant des agriculteurs.

B. Le choix des exploitations

Nous avons sélectionné les exploitations de l'enquête en collaboration étroite avec les techniciens vulgarisateurs du secteur. Ces techniciens assurent le suivi de la campagne agricole, l'assistance aux agriculteurs et la diffusion des programmes de vulgarisation. Ils disposent d'une expérience solide et ont la réputation de connaître l'évolution des exploitations du secteur même précédemment à la création du périmètre. Leurs connaissances du milieu et des agriculteurs du secteur ont beaucoup déterminé notre choix. La compétence, l'intensification,

la motivation, l'infrastructure, les équipements, l'aptitude à nous accueillir et répondre à nos questions sont les points que nous avons discutés avec eux pour accomplir notre échantillonnage. Trois critères ont conditionné notre choix :

- **La répartition géographique :**

La structure pédologique ainsi que la répartition de l'eau d'irrigation dans le secteur sont hétérogènes. Les exploitations choisies se répartissent sur les différentes portions du secteur.

- **La taille de l'exploitation :**

Nous n'avons émis aucune condition quant à la répartition des effectifs par strate, mais nous avons tenu à ce que toutes les strates soient représentées. Les exploitations de la taille inférieure à 10 ha sont moins représentées, par manque de temps et de moyens pour enquêter un effectif représentatif.

- **L'activité de l'exploitation**

Bien que le système de production soit relativement déterminé par l'administration, les agriculteurs adaptent leurs choix à leurs moyens, la structure pédologiques de leurs terres, la qualité de l'eau et leurs préférences. Nous avons tenu compte de cette diversification dans l'échantillonnage des exploitations à enquêter afin de mieux représenter et de rendre plus flexible le système de production à l'échelle du secteur.

C. Le déroulement des enquêtes et la collecte des données

a) Les questionnaires d'exploitation

Comme notre objectif consistait à rassembler des données fiables sur les exploitations du secteur, un aigadier nous a accompagné pour convaincre les agriculteurs de l'utilité de notre mission. Notre travail a été perturbé à plusieurs reprises par une série de difficultés (absentéisme des agriculteurs, manque de moyens de transport, horaires administratifs, etc.). Nous avons rencontré une grande méfiance de la part des agriculteurs. Certains ont refusé catégoriquement de collaborer et de répondre à nos questions. Parmi les trente-quatre exploitations de l'échantillon, nous n'avons pu en interroger que vingt-cinq. Cette enquête a demandé trois semaines complètes de travail sur le terrain.

b) Les recherches auprès des structures d'encadrement

Outre les différents services du CRDA (services de l'exploitation, du génie rural, de la vulgarisation et des statistiques), nous avons contacté d'autres structures liées à l'activité agricole régionale (CBB, CST, GIL, STEC, COCEBLE). Ces organismes nous ont fourni des informations complémentaires et des références technico-économiques utiles pour la saisie des données et le calage des exploitations (prix, normes techniques, études statistiques, études diagnostiques).

II – Le traitement des données

1] Le dépouillement des enquêtes

A. La classification par strate

Nous avons adopté la classification de la CTV pour le total des exploitations du secteur. Cette classification est donnée par le tableau 11 :

Tableau 11 : Classification par taille des exploitations de l'enquête

	Strate	Nombre	Superficie (ha)
I	< 5 ha	1	2,4
II	De 5 à < 10 ha	4	32,8
III	De 10 à < 20 ha	8	103
IV	De 20 à < 50 ha	9	284
V	De 50 ha et plus	3	240,5
Total échantillon		25	662,7

Source : Nos enquêtes sur l'échantillon.

Notre enquête couvre une superficie de 662,7 ha, soit 14,5% de la superficie du secteur. Les exploitations de taille inférieure à 10 ha sont moins représentées dans notre enquête pour deux raisons :

- le morcellement excessif des surfaces de ces exploitations (jusqu'à des exploitations de 0,5 ha) ;
- ces exploitations ne bénéficient pas de compteurs d'eau individuels, et adoptent le mode de co-irrigation avec tous les problèmes qui en découlent.

B. Le système de production

Le système de production connaît une importante diversification : environ vingt-cinq cultures¹¹ sont pratiquées. Même si l'arboriculture est encore insignifiante, des plantations d'agrumes commencent depuis deux ans, avec le soutien de l'administration. Concernant la spéculation animale, la priorité est donnée à l'élevage bovin laitier, vu le développement encourageant de structures en amont et en aval (OEP, LAINO, centre de collecte privé, etc.). L'élevage ovin est également pratiqué, par tradition ou pour l'autoconsommation.

A partir de nos enquêtes, nous établissons l'occupation du sol pour chaque exploitation. Comme l'information de l'exploitant a constamment manqué de précision pour reconstituer les trois campagnes, nous avons considéré un assolement global tenant compte de la durée du cycle végétatif des cultures, des précédents culturaux ainsi que des superficies déclarées. Notre questionnaire relève les superficies à deux reprises : la première pour identifier la répartition des cultures sur les parcelles ; la deuxième pour noter les rendements escomptés et les doses d'irrigations pratiquées. Ce contrôle des déclarations de l'exploitant permet de reconstituer rigoureusement le système de production.

¹¹Ail ; avoine foin ; avoine en grain ; bersim ; betterave à sucre ; blé dur ; blé tendre ; fève ; fenu-grec ; oignon d'été ; oignon vert ; orge en grain ; luzerne ; pomme de terre de saison ; pomme de terre d'arrière saison ; petit pois de saison ; petit pois d'arrière saison ; piment ; ray-gras ensilage ; sorgho ; tomate ; tritical ensilage ; tabac ; vesce-avoine ensilage ; vesce-avoine foin.

A partir de la reconstitution des assolements des exploitations, nous avons déterminé un assolement moyen, calculé sur l'échantillon entier. Il se répartit entre : les grandes cultures (GC) ; les betterave à sucre (BS) ; les cultures fourragères (CF) ; les cultures maraîchères (CM) ; les légumineuses (LE) et les plantations arboricoles (AF). Le tableau 12 donne cette répartition en pourcentage :

Tableau 12 : Occupation des sols de l'échantillon (%)

Culture	GC	BS	CF	CM	LE	AF	Intensité
1994	42	22	11	15	12	1	104
1995	46	23	12	13	12	1	107
1996	44	24	9	18	10	2	108
Moyenne	44	23	11	15	11	1	106

Source : Nos enquêtes sur l'échantillon.

Les grandes cultures sont représentées par le blé dur ; les cultures maraîchères sont dominées par la pomme de terre (11% de la superficie arable) ; le petit pois est la principale légumineuse cultivée dans le secteur (8% de la superficie arable).

Puis nous avons classé les exploitations en fonction de leur activité principale. A l'exception de deux exploitations¹² exclues du classement, le système de production de l'échantillon peut se répartir en trois catégories d'exploitants : les céréaliculteurs ; les céréaliculteurs-éleveurs ; les éleveurs. Le tableau 13 donne l'occupation moyenne du sol pour ces 3 catégories d'exploitants :

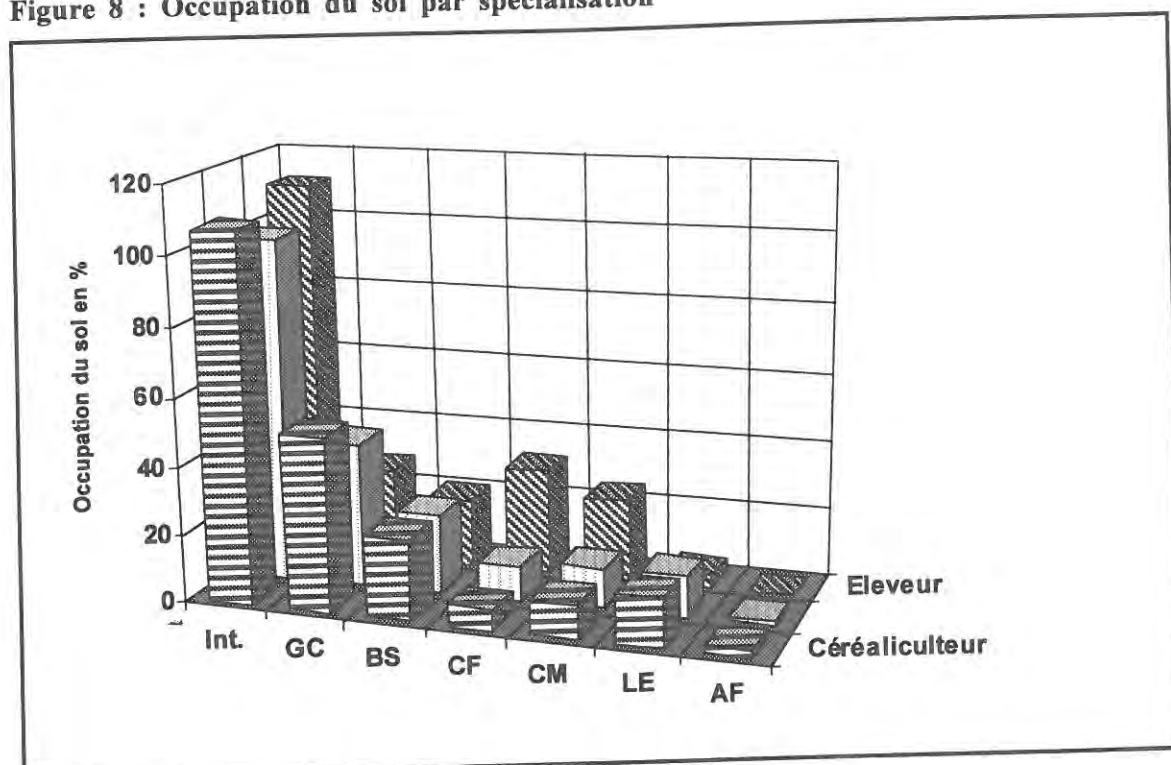
Tableau 13 : Occupation du sol par spécialisation (%)

Désignation	GC	BS	CF	CM	LE	AF	Intensité
Céréaliculteur	51	24	6	10	14	2	107
Céréaliculteur-éleveur	42	23	10	12	12	1	100
Éleveur	27	20	31	24	4	0	111
Moyenne	44	23	11	15	11	1	106

Source : Nos enquêtes sur l'échantillon.

¹²Ce sont deux exploitations extrêmes : la première est très intensive (140%) et spécialisée dans la culture de pomme de terre ; la deuxième est extensive (75%) et loue une partie de sa superficie à la GOVPF.

Figure 8 : Occupation du sol par spécialisation



Source : Nos enquêtes sur l'échantillon.

• **Les céréaliculteurs :**

Ils sont au nombre de 13, soit 52% de notre échantillon. Ils consacrent en moyenne plus de 50% de leur SAU aux grandes cultures. Ces exploitants pratiquent parfois l'élevage mais d'une manière très extensive (race locale, engraissement de quelques taurillons, activité traditionnelle). Ils réalisent un taux d'intensification moyen de 107%, très proche de la moyenne de l'échantillon (106%). Ils intensifient en pratiquant des légumineuses, moins exigeantes en travail et en capital.

• **Les céréaliculteurs-éleveurs :**

Ils sont 6, soit 24% de notre échantillon. Ils consacrent en moyenne 42% de la SAU aux grandes cultures, soit un peu moins que la moyenne de l'échantillon. Ils ne recherchent pas l'intensification (taux moyen de 100%).

• **Les éleveurs :**

Il s'agit de quatre éleveurs de bovins laitiers, représentant 16% de l'échantillon. Ils accordent moins d'importance aux grandes cultures (27%). En revanche, les cultures fourragères occupent une surface importante : en moyenne 31% de la SAU contre 11% pour l'échantillon total. Ils enregistrent le taux d'intensification le plus élevé, soit 111%.

Les tableaux 12 et 13 et le recouplement avec d'autres parties du questionnaire de l'enquête nous permettent de tirer les conclusions suivantes sur le comportement des agriculteurs :

1) La sécheresse entraîne une diminution du taux d'intensification.

2) Pour 88% des exploitations, une année sèche entraîne une baisse de revenu, suivie d'une dégradation du fonds de roulement. Les superficies de betterave à sucre augmentent pourtant chaque année. Cela s'explique par le rôle déterminant du CST dans le redressement de ce déséquilibre financier : le complexe pratique des crédits sur la fourniture d'intrants et de services de mécanisations, voire se porte garant du règlement des factures d'eau impayées contre la seule réception de la production.

3) Lors du passage d'une année de type A à B, la superficie des grandes cultures, moins risquées, augmente tandis que les cultures maraîchères diminuent. Cette diminution est inférieure à l'augmentation des grandes cultures : les agriculteurs essaient de combler le déficit de l'année précédente en cultivant davantage de pommes de terre d'arrière-saison (le taux d'intensification passe de 104% à 107%) et de cultures fourragères, dont le prix à la production a plus que triplé cette année-là.

4) Le passage d'une année sèche à une année pluvieuse entraîne une augmentation des superficies de betteraves à sucre et de cultures maraîchères chez 64% des exploitants : ces derniers cherchent à intensifier pour combler le déficit causé par la sécheresse de la campagne écoulée.

5) L'élevage permet une intensification nettement meilleure : comme cette activité exige une présence permanente et contribue à l'équilibre de la trésorerie, elle permet de mobiliser davantage de volonté et de moyens pour intensifier avec du maraîchage.

C. La consommation en eau

A partir des déclarations des exploitants, nous avons calculé les consommations moyennes pondérées par culture et par campagne (voir annexes 14, 15, 16, 17, 18, 19). Le tableau 14 donne la consommation de principales cultures ainsi que la moyenne des trois campagnes.

En cas de panne du compteur, l'administration utilise des valeurs de besoins théoriques des cultures pour estimer la consommation de l'exploitation. Comparées à ces valeurs, les consommations déclarées sont nettement inférieures. Ceci confirme très bien la faible consommation en eau dans les périmètres publics irrigués.

Tableau 14 : Comparaison des doses d'irrigation (en m³/ha)

Cultures	1994	1995	1996	Moyenne	Théorique
Blé dur	1 200	1 300	100	800	2 000
Betterave à sucre	4 000	4 600	2 600	3 800	4 500
P. de terre de saison	1 900	1 900	1 100	1 600	4 000
P. de terre d'arrière saison	2 800	2 700	2 100	2 500	4 000
Petit pois de saison	1 300	1 000	300	800	3 000
Petit pois d'arrière saison	1 500	1 500	1 400	1 500	2 500

Source : Nos enquêtes sur l'échantillon.

Nous remarquons que les exploitants irriguent moins en année pluvieuse qu'en année sèche. Par contre en année moyenne (type B), succédant à une année sèche, les exploitants ont tendance à irriguer plus. Ce comportement n'est cependant pas très marqué, vu les mesures de restriction¹³ prises par l'administration pour limiter la consommation en eau durant cette campagne, jugée critique. Ceci est confirmé par le volume total réellement facturé à l'échelle du secteur qui passe de 14 Millions de m³ en 1994 à 9,7 Millions de m³ en 1995.

¹³ Selon le rapport d'activité de l'arrondissement des PPI de Jandouba (1995), ces mesures concernent :

- La réduction du temps d'irrigation journalier (7 heures pour le PPI de Souk Essebt ; 10 heures pour les autres PPI).
- L'interdiction d'irriguer la nuit pour éviter les pertes d'eau dues au non respect des doses d'irrigation préconisées.
- Le partage du quota mensuel alloué au PPI sur trois décades et coupure d'eau sectoriel en cas de dépassement.
- L'intensification du pompage sur la nappe profonde de Ghardimaou.
- La constitution de comités de gestion locaux pour suivre, contrôler et veiller à l'application du plan d'action. Ce comité est constitué du service technique local et de représentants d'agriculteurs pour mieux responsabiliser les irrigants.

Toutefois, nous signalons que la qualité de l'eau se dégrade énormément en année sèche. Pour préserver un stock de sécurité dans le barrage, l'administration intensifie le pompage sur la Medjerda. Ainsi, en année sèche, 80% des exploitations de l'enquête notent une salinité élevée, une baisse de pression et une eau de plus en plus chargée.

2] Saisie des données et calage des exploitations

A. Reconstitution des données technico-économiques

Après avoir reconstitué l'occupation du sol et la consommation d'eau d'irrigation pour chaque exploitation et chaque campagne agricole, déterminons les résultats économiques. Pour ce faire, nous cherchons à établir l'itinéraire technique des spéculations végétales et animales, les prix des intrants et des productions ainsi que les autres charges et produits issus du fonctionnement de l'exploitation. Pour saisir les données et calculer les résultats, nous utilisons le simulateur QUO-VADIS du Département d'Economie et de Sociologie Rural de l'INRA de Grignon.

a) Les fiches technico-économiques des cultures

A défaut de données sur l'itinéraire technique de chaque exploitation et sur les coûts associés, nous recourons à une fiche technico-économique standard (voir annexes 1, 2, 3 et 4).

• Les données techniques :

Nous recoupons ici plusieurs documents concernant les normes techniques. Ces documents émanent d'organismes qui souhaitent établir un référentiel d'évaluation de leurs activités (APIA, OTD, GIL, CST, CBB, CRDA). Comme cette information concerne les besoins moyens d'intrants dans la région, nous avons entrepris de les rapprocher des pratiques des exploitations de l'échantillon grâce aux indications des techniciens vulgarisateurs.

• Les prix :

Concernant les intrants, nos calculs utilisent les prix actuellement pratiqués par les différents fournisseurs, privés et étatiques. En revanche, pour déterminer les prix à la production, nous calculons la moyenne sur cinq ans des prix des produits commercialisés sur le marché libre. Pour les céréales et la betterave à sucre, nous utilisons des prix moyens, fixés soit par l'État soit par l'usine.

b) La conduite d'élevage

Les données recueillies auprès des exploitations ne concernent que la composition du troupeau et les effectifs. Ces données manquent sont insuffisantes pour reconstituer les effectifs des trois campagnes. Nous ajustons donc la composition du cheptel en tenant compte des règles de changement de catégorie et des normes zootechniques d'élevage bovin dans la région (taux de réforme, taux de naissance). Concernant la production laitière, l'exploitant ne fournit qu'un intervalle mensuel de la quantité livrée au centre de collecte. Connaissant le nombre de vaches de l'exploitation, cette déclaration permet de calculer une production moyenne par vache et par année, en considérant un taux de tarissement de 15%.

Pour évaluer les charges d'élevage, nous utilisons la consommation de concentré, de pulpe de betterave et les frais vétérinaires, déclarés par l'exploitant. Le coût de production des cultures fourragères est systématiquement imputé à l'élevage.

B. Saisie des données sur Quatre Vents

a) Le simulateur Quatre Vents

Le simulateur Quatre Vents est un outil d'aide à la décision et d'analyse approfondie du fonctionnement de l'exploitation. Il offre une visualisation des résultats aussi détaillée que possible, et répond bien aux exigences de notre enquête. D'autre part, la dimension temporelle du logiciel nous permet de reconstituer rigoureusement trois campagnes successives pour chaque exploitation. Le logiciel est doté de fonctions de visualisation de résultats standards mais aussi de résultats personnalisés. Ces résultats permettent de juger de la fiabilité des données collectées dans les exploitations. Cet outil est interactif dans la mesure où ses premiers résultats sont une base de discussion avec les agriculteurs et les techniciens vulgarisateurs du secteur. Il permet ainsi de compléter et d'ajuster les données pour aboutir à un calage rigoureux des exploitations.

b) Le calage des exploitations

Grâce aux fonctions du programme, nous déterminons le total des produits, les charges opérationnelles, les charges de structures ainsi que les résultats comptables de chaque exploitation. Pour cela, nous saisissons les données en trois étapes :

Première étape : Saisie des données théoriques

Nous saisissons les fiches technico-économiques élaborées à partir des données moyennes. A cette étape, nous considérons que les exploitations fonctionnent de la manière suivante : elles cultivent un hectare de chaque culture suivant le même itinéraire technique, louent du matériel agricole, ne pratiquent pas l'élevage, n'utilisent quasiment pas de travail familial et commercialisent la totalité de leur production. Ce travail définit le même état initial pour les vingt-cinq exploitations.

Deuxième étape : Saisie des données collectées dans les exploitations

A chaque exploitation correspond un appareil de production, une occupation du sol, des rendements escomptés et une composition du cheptel s'il y a lieu. Nous relevons ici les informations recueillies dans chaque questionnaire d'enquête. Nous distinguons cinq types d'exploitations :

- 1) Les exploitations mécanisées :
Ce sont des exploitations équipées en matériel agricole, qui font la majorité des travaux mécaniques par leurs propres moyens. Dans ce cas, l'amortissement du matériel est comptabilisé et le coût horaire des travaux réalisés est considéré comme nul.
- 2) Les exploitations non mécanisées :
Ce sont des exploitations qui ont recours à la location pour réaliser leurs travaux mécaniques. Pour celles-ci, nous retenons les données des fiches technico-économiques des cultures.
- 3) Les exploitations à main-d'œuvre familiale :
Quand des travaux sont effectués par la main-d'œuvre familiale, leurs coûts sont nuls dans la fiche technico-économique correspondante.
- 4) Les exploitations à borne d'irrigation individuelle :
Pour ce type d'exploitation, la consommation réelle d'eau d'irrigation est facturée. Nous considérons cette consommation comme une charge globale annuelle, non répartie par culture.

5) Les exploitations à borne d'irrigation collective :

Les doses d'irrigation pratiquées par les agriculteurs ne répondent pas aux besoins agronomiques des cultures. Elles sont variables selon les exploitations et les types d'années. Comme ces exploitations n'ont pas des compteurs individuels, nous retenons les déclarations des exploitants.

Pour décrire la situation financière (crédits et dettes, échéances, date de réalisation, impayés, durée d'amortissement), nous retenons les déclarations de l'exploitant.

Troisième étape : Discussion des résultats

La deuxième étape constitue un premier essai de calage des exploitations. En effet, nous sommes retournés sur le terrain pour nous assurer de la fiabilité des données saisies et pour compléter nos informations. Les techniciens vulgarisateurs nous ont aidé à apprécier les variables techniques et à juger de certaines déclarations. Par contre, le manque de temps et l'absentéisme ne nous ont permis de revoir que deux exploitations : la première est une exploitation familiale typique cultivant uniquement pour la subsistance de la famille ; le deuxième exploitant que nous avons retrouvé avait été sélectionné pour sa capacité d'innovation et sa motivation, il s'agit d'un technicien diplômé auquel a été attribué un lot de terre domaniale dans le cadre d'une politique gouvernementale visant le rajeunissement et la modernisation du secteur agricole.

Ces différentes rencontres nous ont permis de compléter certaines données et d'en revoir d'autres. Des ajustements ont été apportés, surtout concernant les doses d'irrigations et les rendements tantôt surestimés ou sous-estimés.

III – L'agrégation et la validation du modèle

Après avoir reconstitué les trois campagnes des vingt-cinq exploitations, nous développerons dans ce chapitre notre modèle régional de fonctionnement du secteur. Cela consiste à agréger les données élémentaires précédemment traitées pour reproduire l'activité agricole du secteur. Nous avons profité d'une collaboration avec l'équipe dirigée par ATTONATY au département ESR de l'INRA à Grignon pour bâtir ce programme. Nous avons pu ainsi disposer d'un nouvel outil d'aide à la décision, qui permet d'analyser le processus de fonctionnement des exploitations et son impact sur la région.

1] Le fonctionnement du programme

Le programme fonctionne à partir de trois systèmes qui s'enchaînent et s'articulent dans une logique de dépendance. Il s'agit d'une base de données, d'un champ d'action et d'un champ de visualisation des résultats (figure 9).

A. La base des données

Elle a deux fonctions : la première est de définir des données d'ordre général ; la deuxième est d'identifier les exploitations.

a) Définition des données générales

Cette fonction permet de définir les variables de charges et de produits liées à l'activité agricole de la région. Nous pouvons ainsi établir l'itinéraire technique des spéculations végétales et animales d'une manière simplifiée et généralisée pour toutes les exploitations tout en

indiquant les coûts et la valeur du produit ainsi que les marges. Elle considère trois activités agricoles : les cultures annuelles, les plantations et l'élevage.

• Les cultures annuelles :

C'est l'élaboration des fiches technico-économiques de toutes les cultures pratiquées par les agriculteurs de la région. Les valeurs données par ces fiches sont des moyennes relatives à toutes les exploitations. Notons que la quantité et la valeur de l'irrigation sont distinguées des autres charges car c'est un poste clé dans la gestion de l'exploitation irriguée.

• Les plantations :

C'est aussi l'élaboration des fiches technico-économiques des plantations tout en précisant l'espèce, la variété, la date de plantation et d'entrée en production ainsi que la durée d'amortissement.

• L'élevage :

Cette fonction permet de définir les charges et les produits de l'élevage, qu'il s'agisse de l'élevage bovin, ovin ou de toute autre sorte d'élevage.

Cette fonction définit les différentes zones d'études. De même, nous définirons un répertoire des recettes et des dépenses diverses ainsi que des charges de structure.

b) Définition des agriculteurs

Cette fonction permet de définir les exploitations que nous agrégerons par la suite. Chaque exploitation est repérée par un titre et une zone de localisation. Son activité est identifiée pour chaque campagne agricole par l'occupation des sols, le verger, la composition du cheptel, les charges fixes, les recettes et les dépenses diverses. L'effectif des exploitations de même type dans la région peut aussi y être défini ; il sert de coefficient de représentativité lors de l'agrégation.

B. Le champ d'action

Ce système, défini par la fonction nommée « aléas », joue un double rôle : il permet de caler les exploitations précédemment définies et de représenter les différents scénarios de simulation. Sachant que les exploitations produisent à des coûts et des rendements variables, et gèrent l'irrigation différemment, cette fonction traduit cette diversité en pourcentage par rapport aux normes définies dans la base de données. En affectant à chaque exploitation ses propres pourcentages (voir annexes 14, 15, 16, 17, 18 et 19), nous nous rapprocherons des résultats réels. Ce système présente deux fonctions : la définition des aléas et l'affectation des aléas.

a) La définition des aléas

Ils concernent les facteurs exogènes qui affectent le fonctionnement de l'exploitation. Ces facteurs sont d'ordre naturel, réglementaire ou conjoncturel. Les aléas climatiques (le gel, la grêle, la pluviométrie), peuvent entraîner des chutes de rendements. L'augmentation des prix causée par élimination des subventions entraîne une augmentation des coûts de production. De façon générale, tout changement en amont ou en aval affecte les résultats de l'exploitation et influence les décisions de l'exploitant. Ces changements se répercutent à l'échelle de la région et aboutissent à de nouvelles situations.

b) L'affectation des aléas

Grâce à cette fonction, nous analyserons nos objectifs et apprécierons les résultats des scénarios adoptés. En effet, nous affecterons les différents aléas aux types d'exploitation,

lesquelles génèrent de nouveaux résultats et une nouvelle situation de l'activité agricole régionale.

C. La visualisation des résultats

L'objectif de l'utilisation d'un tel programme est d'apprécier l'impact du changement de fonctionnement d'une exploitation, à l'échelle locale ou régionale. Dans ce but, le programme permet de visualiser les résultats d'une exploitation, d'une zone ou d'une région. Ces résultats concernent l'occupation du sol, les quantités d'intrants et de produits, leurs valeurs respectives, le solde courant (marge brute globale) et le solde général (résultat brut d'exploitation). Ces résultats sont obtenus avec ou sans aléas. Les simulations peuvent être projetées sur 10 ans. Le programme peut importer ces résultats sur un tableur (EXCEL). Cette importation permet de construire des indicateurs et des graphiques qui aident à la réflexion.

2] La construction du modèle

A. La saisie des données

Nous agrégerons les données collectées dans les exploitations à l'aide de ce programme puis nous développerons notre modèle régional. Cela consistera à élaborer la base de données, à identifier les exploitations et à déterminer les coefficients d'agrégation.

a) Les données généralisées

Pour élaborer nos fiches technico-économiques, nous apporterons les transformations suivantes :

- Concernant l'irrigation et les rendements des cultures, nous adoptons des moyennes pondérées.
- Nous regroupons toutes les opérations mécaniques de travail du sol et d'entretien des cultures, détaillées dans Quatre Vents, sous une seule rubrique, nommée « mécanisation », et nous calculons le coût horaire moyen.

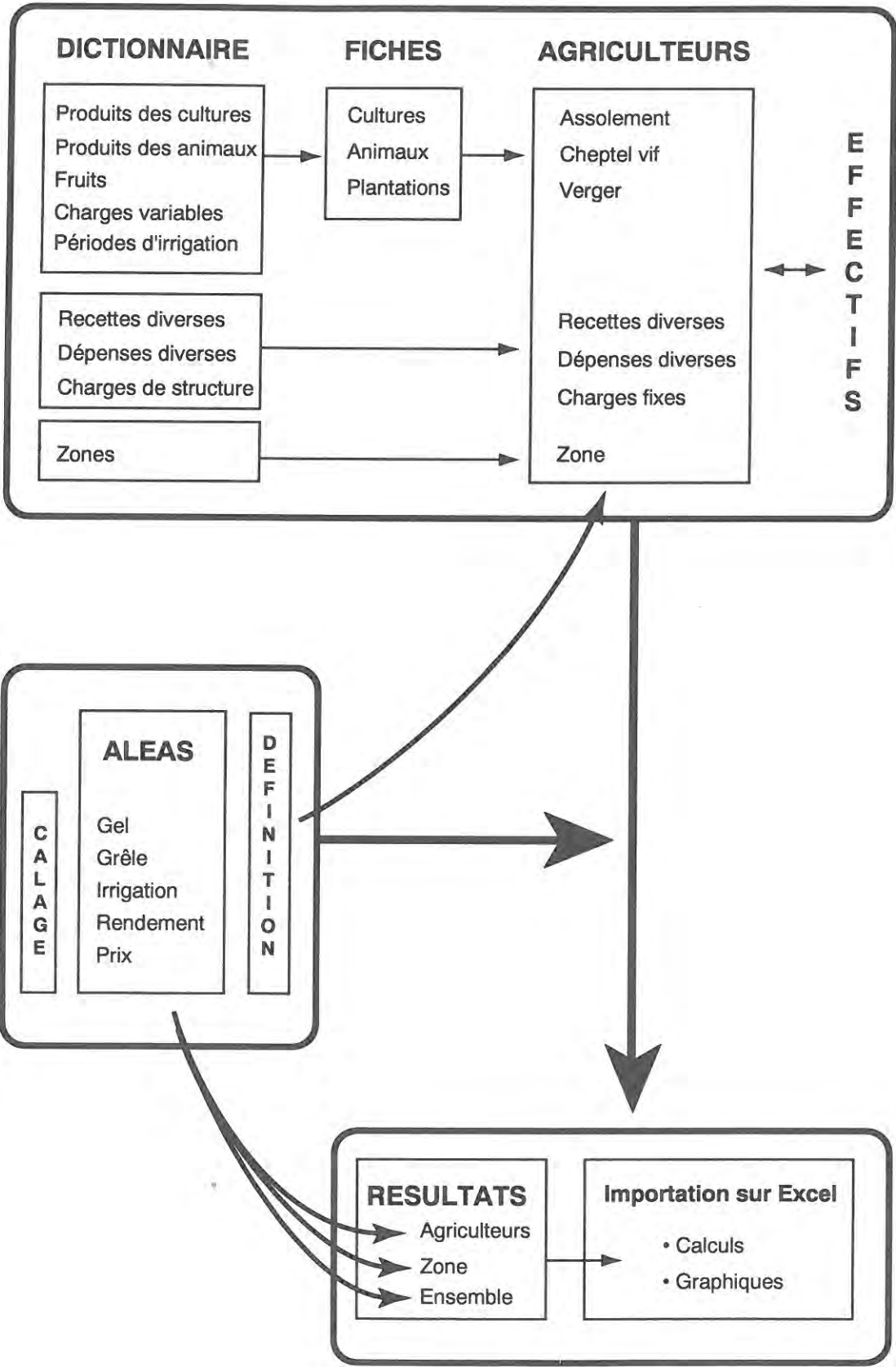
Le tableau 15 donne les charges et les produits des principales cultures.

Tableau 15 : Calcul des marges brutes par hectare (en DT)

Cultures	Rendement (tonnes)	Charges		Produit brut	Marge brute
		Irrigation	Autres		
Blé dur	3,2	50	566	1 056	440
Betterave	48	239	1 092	1 970	639
P. de terre de saison	16	101	3 499	4 000	400
P. de terre d'arrière saison	11	158	2 529	3 300	613
Petit pois de saison	0,9	50	922	1 620	648
Petit pois d'arrière saison	3	94	965	1 800	741

Source : Nos enquêtes et les fiches technico-économiques issues d'autres organismes (voir annexes 1, 2, 3, 4).

Figure 9 : Schéma de fonctionnement du programme



Concernant l'élevage, pour simplifier le calcul nous convertissons l'effectif du troupeau en UZB par le calcul suivant :

$$\text{UZB} = (01) * N_{\text{vaches_laitières}} + (0,416) * N_{\text{veaux}} + (0,416) * N_{\text{velles}} + (0,25) * N_{\text{Taurillons}} + (0,306) * N_{\text{Génisses 1à2ans}} + (0,166) * N_{\text{Génisses 2à3ans}}$$

Après cette conversion, nous calculons une moyenne pondérée par UZB de consommation de concentré, de frais vétérinaires, de production laitière et de viande jeune et de réforme. Le tableau 16 donne les résultats de ce calcul :

Tableau 16 : Charges et produits d'un UZB

Produits		Charges ¹⁴	
Lait	2 400 litres	Concentré	2 tonnes
Viande jeune	120 Kg	Frais vétérinaires	20 Dinars
Viande réforme	100 Kg		
Fumier	3 tonnes		

Source : Nos enquêtes.

b) Identification des exploitations

Pour analyser le système de production en fonction de la taille de l'exploitation, nous assimilerons les strates à des zones dans le programme. Les exploitations sont repérées par un titre et par leur strate. Pour chacune d'elles nous saisissons l'occupation du sol durant les trois campagnes étudiées. Les plantations étant mineures dans le secteur actuellement, nous n'en tenons pas compte. Comme le programme ne permet pas encore d'intégrer le matériel agricole, nous supposons que toutes les exploitations ont recours à la location.

B. L'agrégation et la validation du modèle

a) La détermination des coefficients d'agrégation

La détermination des coefficients d'agrégation suppose de réaliser une typologie des exploitations. Notre choix des exploitations est basé sur plusieurs critères : la taille, la diversité du système de production, le mode d'irrigation, la répartition par strate, la répartition géographique, la motivation de l'exploitant. Ce choix était fortement assisté par les techniciens vulgarisateurs du secteur qui connaissent précisément le fonctionnement des exploitations, le comportement des agriculteurs et l'environnement socio-économique. Nous disposons donc d'une typologie « à dire d'experts », qui nous autorise à poser les hypothèses suivantes :

- Toute exploitation de l'échantillon est une exploitation-type de sa strate.
- La répartition des exploitations d'une même strate est homogène.

La deuxième hypothèse servira au calcul des coefficients d'agrégation. Comme le programme impose des effectifs fixes d'exploitations dans le temps, nous considérerons le nombre moyen des exploitations sur les trois campagnes étudiées. Les coefficients d'agrégation sont donnés par le tableau 17.

Tableau 17 : Détermination des coefficients d'agrégation

Strate	Nombre moyen d'exploitations	Nombre d'exploitations observées	Coefficient d'agrégation
< à 5 ha	257	1	257
De 5 à < 10 ha	195	4	49
De 10 à < 20 ha	41	8	5
De 20 à < 50 ha	20	9	2
De 50 ha et plus	14	3	5

Source : Nos enquêtes.

b) Analyse des premiers résultats

Pour valider notre modèle, nous comparons ses premiers résultats aux données de la CTV de superficies cultivées, de productions et de consommations en eau. Nous examinons essentiellement les cultures stratégiques qui occupent 81% des superficies arables. Ces comparaisons sont regroupées en annexe 5.

En examinant la répartition des superficies par strate (tableau 18) nous remarquons un décalage important pour les strates I et II. Cela est essentiellement dû au morcellement des exploitations de ces deux strates et aux difficultés de reconstituer précisément le nombre et les superficies de ces exploitations. Si nous regroupons ces deux strates en une seule, ce décalage disparaît.

Tableau 18 : Comparaison des superficies par strate (ha)

Strate	Données CTV				Résultats du modèle				%
	1994	1995	1996	Moy.	1994	1995	1996	Moy.	
<5 ha	799	1 009	1 223	1 010	617	617	617	617	61
De 5 à <10 ha	1 170	1 180	1 280	1 210	1 397	1 691	1 691	1 593	132
De 10 à <20 ha	572	512	442	509	524	522	519	522	102
De 20 à <50 ha	744	644	540	643	618	642	661	640	99
De 50 ha et plus	1 292	1 232	1 092	1 205	1 196	1 195	1 196	1 196	99
Total secteur	4 577	4 577	4 577	4 577	4 351	4 667	4 683	4 567	100

Source : Nos enquêtes et notre modèle.

Concernant les emblavures totales du secteur, les résultats du modèle représentent en moyenne 98% des superficies réelles avec une erreur inter-annuelle qui ne dépasse pas 6%. Les superficies des cultures stratégiques présentent cependant des disparités. Les disparités très marquées des campagnes 1994 et 1995 sont dues essentiellement à la faible fiabilité des informations fournies par les agriculteurs concernant les superficies emblavées deux ans auparavant. Quant au décalage accentué pour la pomme de terre d'arrière-saison, il s'explique par la nature même de la culture : c'est une culture dérobée rarement signalée par l'agriculteur lors de l'enquête. La dernière observation, qui nécessite plus d'attention et de réflexion, est le dépassement des superficies de betterave pour les trois campagnes : ce dépassement nous fait avancer l'hypothèse, qui reste à vérifier, que les agriculteurs ont gonflé artificiellement les superficies emblavées en betteraves, par méfiance et pour montrer qu'il respecte la norme.

Ce décalage des superficies s'est répercuté de façon plus accentuée sur la production, en raison des différences de rendements, notamment pour le blé dur dont le rendement moyen pondéré de l'échantillon atteint 32 qtx/ha contre 42 qtx/ha pour la CTV.

Les consommations d'eau réelles facturées du secteur pendant les campagnes s'élèvent respectivement à 14,02 Millions de m³ en 1994, à 9,71 Millions de m³ en 1995, et à 5,83 Millions de m³ en 1996. Notons que ces consommations totalisent tous les types d'utilisation d'eau dans le secteur : irrigation des cultures, irrigation des plantations, besoins du cheptel, pertes. En revanche,

¹⁴ Outre le coût des cultures fourragères imputé directement à cette spéculation.

les résultats de notre modèle s'élèvent respectivement à 7,6 Millions de m³ en 1994, à 9,5 Millions de m³ en 1995 et à 4,1 Millions de m³ en 1996. Ces résultats se révèlent très inférieurs aux consommations réelles pour la campagne 1994, puisqu'ils n'en représentent que 54%. La tendance de la consommation pour les deux campagnes 1994 et 1995 est inversée dans notre modèle : la consommation réelle est plus forte en année A et plus faible en année B, alors que le modèle annonce le contraire. Les agriculteurs de l'échantillon estiment qu'ils ont plus irrigué en année B qu'en année A et semblent avoir oublié les contraintes de disponibilité en eau et les mesures de restriction imposées par l'administration.

c) Validation du modèle

Les emblavures

Ces anomalies nous ont incité à retourner sur le terrain pour présenter aux responsables le fonctionnement du modèle et discuter des résultats d'agrégation. Nous avons d'abord cherché à vérifier l'occupation du sol, en contactant les agents du CST, premier responsable de la culture de betterave à sucre dans la région. Après leur avoir exposé notre modèle et notre soucis de validation, ces derniers ont approuvé notre hypothèse : la majorité des agriculteurs annoncent en début de campagne une superficie conforme à la norme, alors que la parcelle semée par les techniciens du CST est inférieure à cette norme.

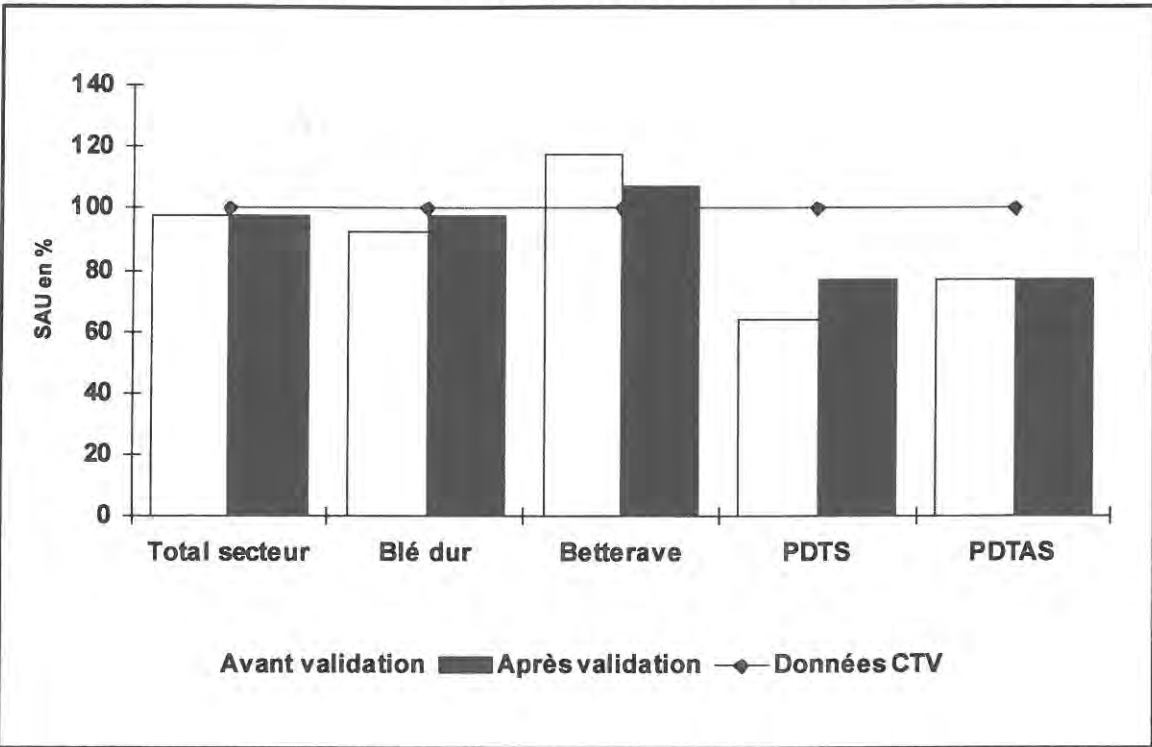
Nous avons donc recherché les superficies réellement cultivées par les agriculteurs. Ces nouvelles superficies imposent d'ajuster l'occupation du sol, avec la collaboration des techniciens vulgarisateurs. Nous avons ainsi apporté de légères modifications, en tenant compte de la spécialisation des exploitants (céréaliers, éleveurs, maraîchers). Ces modifications aboutissent à des résultats qui s'articulent mieux avec les données de la CTV (tableau 19) : les pourcentages des superficies moyennes passent de 92% à 98% pour le blé dur, de 118% à 108% pour la betterave à sucre, de 64% à 76% pour la pomme de terre de saison et de 26% à 60% pour la pomme de terre d'arrière-saison.

Tableau 19 : Comparaison des emblavures moyennes dégagées par le modèle avant et après validation (en ha)

Cultures	Données CTV	Avant validation	%	Après validation	%
Blé dur	2 050	1 890	92	2 004	98
Betterave à sucre	984	1 162	118	1 063	108
P. de terre de saison	207	133	64	159	77
P. de terre d'arrière saison	214	128	60	128	60
Total secteur	4 695	4 609	98	4 608	98

Source : Nos enquêtes et notre modèle.

Figure 10 : Comparaison des emblavures avant et après validation du modèle



Source : Nos enquêtes et notre modèle.

Les productions

Suite à la modification des superficies, les résultats des productions sont aussi nettement améliorés et s'articulent mieux avec les pourcentages des superficies (tableau 20). Ils passent de 121% à 112% pour la betterave à sucre et de 70% à 82% pour la pomme de terre de saison. Concernant le blé dur, malgré une légère amélioration, la production reste toujours décalée par rapport aux données CTV avec 83%, ce qui nous suggère la question suivante¹⁵ : les rendements donnés par la CTV sont-ils des rendements réalisés ou estimés ?

Tableau 20 : Comparaison des productions moyennes dégagées par modèle avant et après validation (tonne)

Cultures	Données CTV	Avant validation	%	Après validation	%
Blé dur	8 477	6 567	77	7 067	83
Betterave à sucre	48 204	58 200	121	54 220	112
P. de terre de saison	3 122	2 183	70	2 581	77
P. de terre d'arrière saison	2 635	1 350	51	1 350	51

Source : Nos enquêtes et notre modèle.

¹⁵ Selon la CTV, le rendement du blé dur est maintenu à 42 qx/ha pour la campagne 1996. Or cette année avait été fortement touchée par la grêle, comme en témoignent les agriculteurs ainsi qu'un rapport de suivi qui indique que 90% des emblavures sont endommagées.

les résultats de notre modèle s'élèvent respectivement à 7,6 Millions de m³ en 1994, à 9,5 Millions de m³ en 1995 et à 4,1 Millions de m³ en 1996. Ces résultats se révèlent très inférieurs aux consommations réelles pour la campagne 1994, puisqu'ils n'en représentent que 54%. La tendance de la consommation pour les deux campagnes 1994 et 1995 est inversée dans notre modèle : la consommation réelle est plus forte en année A et plus faible en année B, alors que le modèle annonce le contraire. Les agriculteurs de l'échantillon estiment qu'ils ont plus irrigué en année B qu'en année A et semblent avoir oublié les contraintes de disponibilité en eau et les mesures de restriction imposées par l'administration.

c) Validation du modèle

Les emblavures

Ces anomalies nous ont incité à retourner sur le terrain pour présenter aux responsables le fonctionnement du modèle et discuter des résultats d'agrégation. Nous avons d'abord cherché à vérifier l'occupation du sol, en contactant les agents du CST, premier responsable de la culture de betterave à sucre dans la région. Après leur avoir exposé notre modèle et notre soucis de validation, ces derniers ont approuvé notre hypothèse : la majorité des agriculteurs annoncent en début de campagne une superficie conforme à la norme, alors que la parcelle semée par les techniciens du CST est inférieure à cette norme.

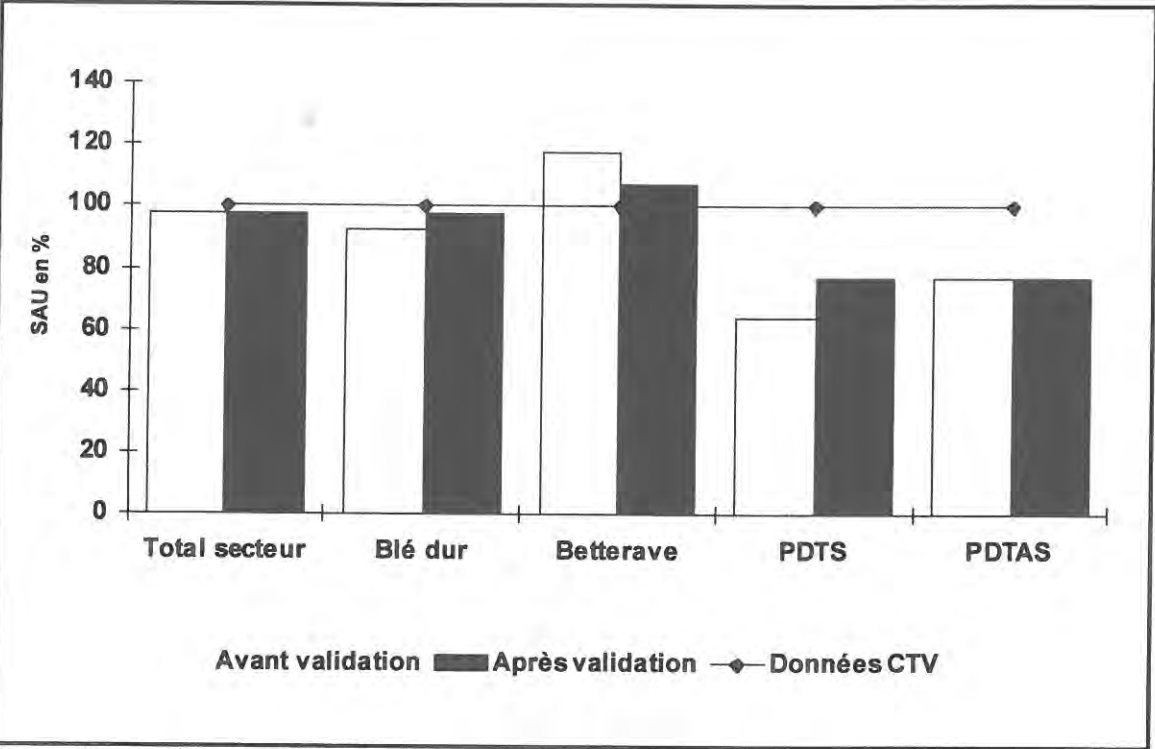
Nous avons donc recherché les superficies réellement cultivées par les agriculteurs. Ces nouvelles superficies imposent d'ajuster l'occupation du sol, avec la collaboration des techniciens vulgarisateurs. Nous avons ainsi apporté de légères modifications, en tenant compte de la spécialisation des exploitants (céréaliers, éleveurs, maraîchers). Ces modifications aboutissent à des résultats qui s'articulent mieux avec les données de la CTV (tableau 19) : les pourcentages des superficies moyennes passent de 92% à 98% pour le blé dur, de 118% à 108% pour la betterave à sucre, de 64% à 77% pour la pomme de terre de saison et de 26% à 60% pour la pomme de terre d'arrière-saison.

Tableau 19 : Comparaison des emblavures moyennes dégagées par le modèle avant et après validation (en ha)

Cultures	Données CTV	Avant validation	%	Après validation	%
Blé dur	2 050	1 890	92	2 004	98
Betterave à sucre	984	1 162	118	1 063	108
P. de terre de saison	207	133	64	159	77
P. de terre d'arrière saison	214	128	60	128	60
Total secteur	4 695	4 609	98	4 608	98

Source : Nos enquêtes et notre modèle.

Figure 10 : Comparaison des emblavures avant et après validation du modèle



Source : Nos enquêtes et notre modèle.

Les productions

Suite à la modification des superficies, les résultats des productions sont aussi nettement améliorés et s'articulent mieux avec les pourcentages des superficies (tableau 20). Ils passent de 121% à 112% pour la betterave à sucre et de 70% à 82% pour la pomme de terre de saison. Concernant le blé dur, malgré une légère amélioration, la production reste toujours décalée par rapport aux données CTV avec 83%, ce qui nous suggère la question suivante¹⁵ : les rendements donnés par la CTV sont-ils des rendements réalisés ou estimés ?

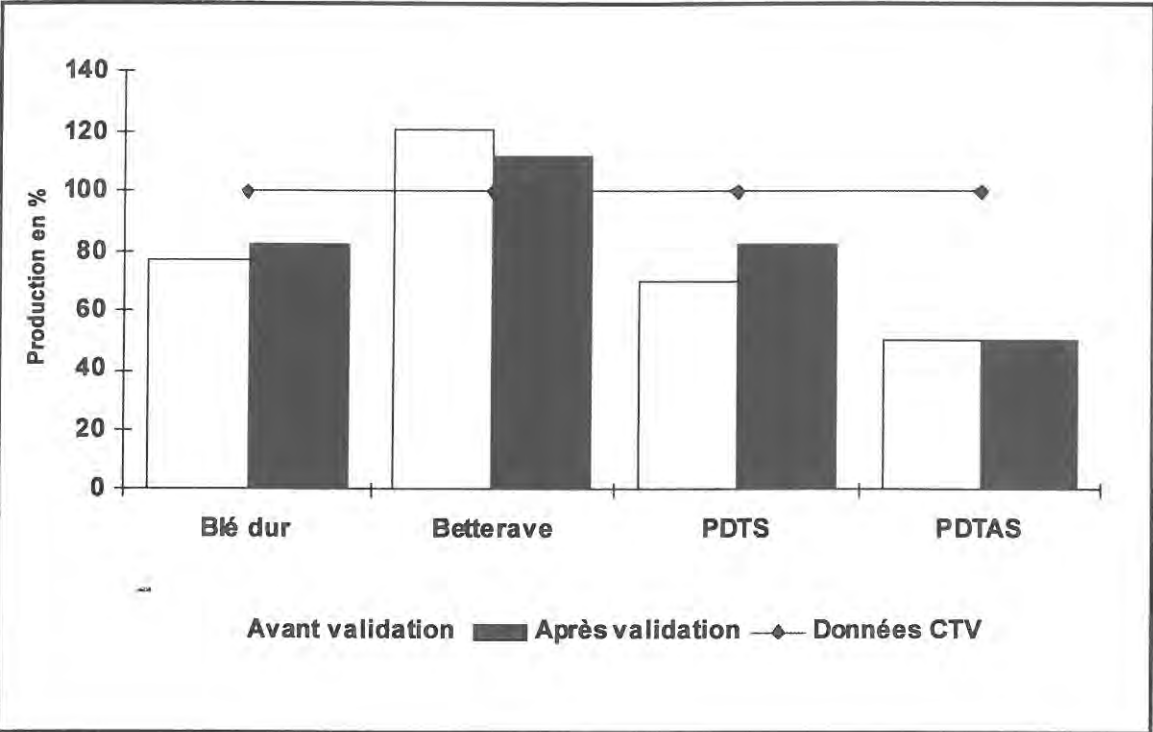
Tableau 20 : Comparaison des productions moyennes dégagées par modèle avant et après validation (tonne)

Cultures	Données CTV	Avant validation	%	Après validation	%
Blé dur	8 477	6 567	77	7 067	83
Betterave à sucre	48 204	58 200	121	54 220	112
P. de terre de saison	3 122	2 183	70	2 581	77
P. de terre d'arrière saison	2 635	1 350	51	1 350	51

Source : Nos enquêtes et notre modèle.

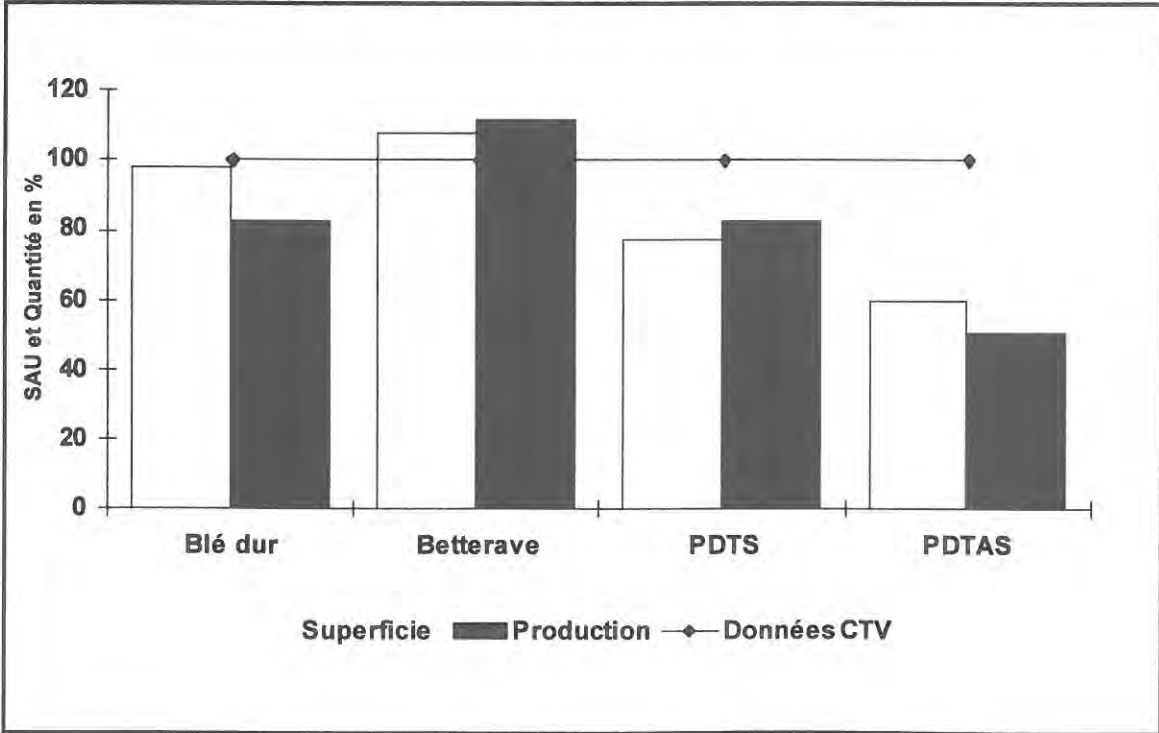
¹⁵ Selon la CTV, le rendement du blé dur est maintenu à 42 qx/ha pour la campagne 1996. Or cette année avait été fortement touchée par la grêle, comme en témoignent les agriculteurs ainsi qu'un rapport de suivi qui indique que 90% des emblavures sont endommagées.

Figure 11 : Comparaison des productions avant et après validation du modèle



Source : Nos enquêtes et notre modèle.

Figure 12 : Comparaison des emblavures et des productions dégagées par le modèle



Source : Nos enquêtes et notre modèle.

La consommation d'eau

Concernant les consommations en eau, nous avons cherché à expliquer le décalage qui persiste après l'ajustement des superficies. En s'interrogeant sur les différentes utilisations de l'eau et leur importance à l'échelle du secteur, nous avons pu recueillir les informations suivantes :

- 1) Les équipements d'irrigation chez les agriculteurs sont usés et causent des pertes d'eau significatives. Si nous considérons que la durée d'amortissement du matériel d'irrigation est de dix ans, alors 16 exploitations sur vingt-cinq disposent d'un matériel complètement amorti, voire même depuis la mise en eau du périmètre en 1978. Si nous ajoutons à cela le manque de maîtrise des techniques d'irrigation par certains agriculteurs (absence de tensiomètre, pertes occasionnées par l'irrigation nocturne, parcelle non protégée par des brise-vent), l'efficacité des équipements ne dépasse pas 85% selon nos estimations (MA/DGGR, 1996).
- 2) Si nous nous référons aux bornes individuelles d'irrigation dans les plantations arboricoles, la consommation de 40 ha atteint une moyenne annuelle de 165 000 m³.
- 3) Concernant l'apport d'eau au cheptel : sachant qu'un UZB consomme en moyenne 200 litres par jour et que le secteur compte 3 000 UZB, l'utilisation de l'eau pour l'élevage atteint environ 220 000 m³ par an¹⁶.
- 4) Selon les déclarations de l'administration, une erreur de compteur de l'ordre de 5% est possible.

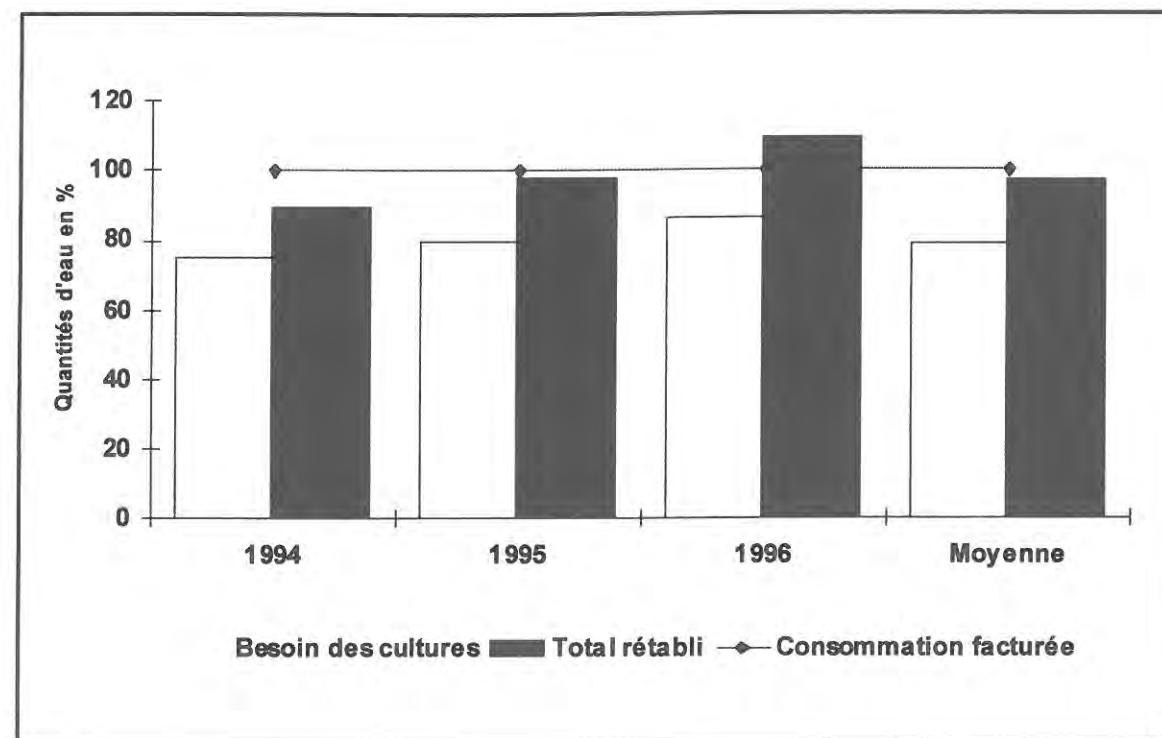
Pour rétablir les consommations en eau du secteur à partir de ces nouvelles informations, nous avons d'abord considéré que les agriculteurs suivent la tendance donnée par la consommation totale du secteur réellement facturée. Si nous comparons les consommations moyennes pondérées du modèle aux consommations réelles, les résultats les plus proches sont ceux de la campagne 1995, avec une représentativité de 81%. Cette campagne sera donc considérée comme l'année de référence. Pour atteindre les consommations de 1994 et de 1996, l'irrigation devrait être respectivement de 144% et 60%. L'application de tels coefficients totalise des consommations de 10,5 Millions de m³ en 1994, de 7,8 Millions de m³ en 1995 et de 5,1 Millions de m³ en 1996. En ajoutant 0,5 Millions de m³ pour d'autres utilisations et en tenant compte de l'efficacité des équipements, nous obtenons une consommation totale du secteur qui s'élève à 12,65 Millions de m³ en 1994, de 9,55 Millions de m³ en 1995 et de 6,44 Millions de m³ en 1996, soit respectivement 90%, 98% et 110% des consommations réelles. Le décalage ainsi obtenu est finalement faible : il ne dépasse pas 10% en 1994 et 1996, et est nul pour 1995 (tableau 21).

Tableau 21 : Détermination des consommations en eau du secteur par année (Millions de m³)

Désignation	1994	1995	1996	Moyenne
Résultats du modèle	10,5	7,8	5,1	7,8
Autres utilisations	0,5	0,5	0,5	0,5
Pertes (15%)	1,65	1,25	0,84	1,25
Total rétabli	12,65	9,55	6,44	9,55
Consommation réelle	14,02	9,71	5,83	9,85
facturée %	90	98	110	97

Source : Nos enquêtes et notre modèle.

Figure 13 : Comparaison des consommations d'eau établies par le modèle avec celles facturées



Source : Nos enquêtes et notre modèle.

¹⁶ information recueillie auprès de la direction régionale de l'OEP

Partie IV

Des simulations et des résultats pour engager le dialogue et orienter les perspectives

Pour bien comprendre nos résultats et donner un sens concret à leurs interprétations, nous rappelons certaines conditions du travail. L'objectif est de développer un modèle de fonctionnement d'un périmètre irrigué, autour duquel nous allons réunir certains acteurs et confronter leurs intérêts. Les conditions de travail (la disponibilité de données, la contrainte de temps et l'état d'évolution du programme) ne permettent ni d'analyser profondément la situation actuelle, ni de proposer des alternatives, ce qui n'est pas le rôle de ce travail. A travers notre problématique, nous posons des questions auxquelles nous tentons de répondre par des réflexions simples issues de l'interprétation des résultats obtenus.

Pour mieux appréhender le fonctionnement des exploitations agricoles et éventuellement celui du périmètre, nous avons tenu à analyser trois campagnes successives. Ces dernières constituent des années-types que nous avons caractérisées par la pluviométrie et la disponibilité en eau d'irrigation du barrage. Nous avons davantage focalisé notre analyse sur ce deuxième facteur. La campagne 1993/94 (année de type A) est une année sèche, où la pluviométrie est inférieure à la moyenne, mais qui succède à une année pluvieuse. Les réserves d'eau du barrage sont donc suffisantes et les agriculteurs du périmètre ont irrigué à volonté. La campagne 1994/95 (année de type B) est une année où la pluviométrie atteint juste la moyenne régionale. Par mesure de sécurité face à la remarquable diminution des réserves du barrage, l'administration imposa à l'agriculteur de nouvelles règles d'irrigation que nous avons explicitées précédemment. Cette décision contraignante pour l'agriculteur a finalement permis, d'après les résultats que nous présenterons, une utilisation rationnelle de l'eau. Enfin, la campagne 1995/96 (année de type C) était pluvieuse, et les réserves du barrage sont rassurantes. Les agriculteurs irriguent de nouveau à volonté, mais en quantités bien moindres. Cette campagne fut fortement endommagée par la grêle.

Pour affecter des coefficients de probabilité à ces années-types, nous avons analysé la pluviométrie de la région enregistrée sur 33 ans (annexe 20). Nous obtenons les résultats suivants : les probabilités d'apparition des années de type A, B et C sont respectivement de 25%, 50% et 25%. Toutes les moyennes calculées par la suite seront donc pondérées par ces coefficients, mises à part les superficies.

Concernant notre outil, signalons que faute de temps, nous avons limité le développement de la structure du programme, auquel des améliorations peuvent être apportées. Nous avons notamment dû écarter l'analyse des résultats obtenus pour l'élevage, pour nous concentrer sur trois cultures stratégiques : le blé dur, la betterave à sucre et la pomme de terre. Pour les simulations, nous avons choisi de définir la moyenne des emblavures pendant les trois campagnes, pour chaque exploitation du modèle. Les emblavures des principales cultures sont données par le tableau 22.

Tableau 22 : Comparaison des emblavures moyennes (en ha)

Désignation	Données	Résultat du modèle		Base de simulation	
	CTV	Superficie	%	Superficie	%
Blé dur	2 050	2 004	98	2 014	98
Betterave à sucre	984	1 063	108	1 021	104
Pomme de terre de saison	207	159	77	175	85
Pomme de terre d'arrière saison	214	128	60	170	80
Total secteur	4 695	4 608	98	4 746	101

Source : Nos enquêtes et notre modèle.

Pour conserver à nos résultats économiques la plus grande rigueur et remédier à la défaillance des résultats de la spéculation animale, nous affectons à chaque exploitation de notre modèle une valeur de correction pour les produits et une valeur de correction pour les charges opérationnelles. Ces valeurs traduisent la différence entre le résultat obtenu à partir de Quatre Vents et celui donné par le modèle.

En matière de consommation d'eau, les résultats que nous présentons concernent uniquement l'irrigation des cultures, les autres utilisations étant calculées comme précédemment. Ainsi, les réflexions que nous engageons sur les résultats obtenus s'appliquent en réalité à la consommation totale du secteur.

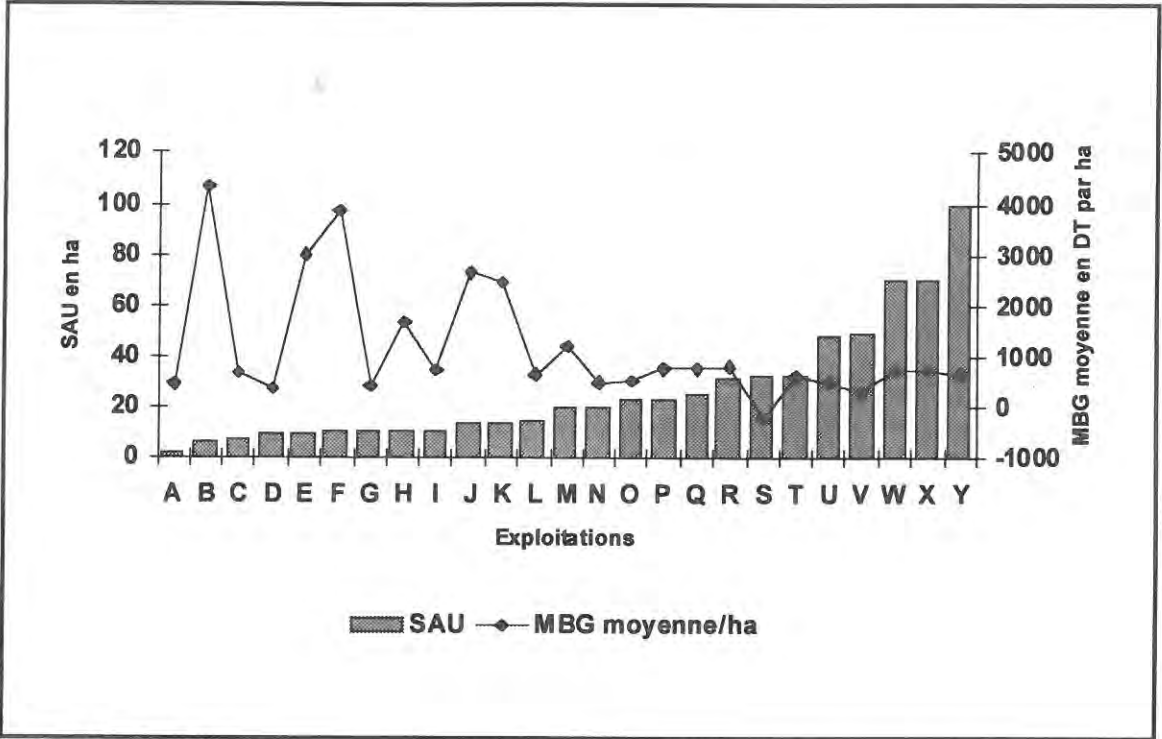
Pour les simulations et pour répondre éventuellement à nos questions, nous mettons en jeu trois acteurs : l'administration gérante du barrage (BA), concernée par la consommation d'eau, la sucrerie (SU), concernée par la quantité de betteraves produites et les agriculteurs du secteur (AG), qui s'intéressent notamment au solde courant (différence entre le total des produits et le total des charges opérationnelles).

I – L'exploitation agricole irriguée : les enquêtes montrent une réalité différente de la perception de l'administration

1] L'exploitation irriguée : quelle aptitude à l'intensification ?

L'analyse des marges brutes globales moyennes (MBG) par hectare (annexe 6), montre une grande variation en fonction de la taille de l'exploitation. La figure 14 montre la tendance générale suivante : plus l'exploitation est grande, plus la marge dégagée est faible et tend vers une valeur stationnaire. Cette tendance exprime l'aptitude des petites exploitations à s'intensifier (essentiellement les exploitations des strates II et III) et l'unicité du système de production des grandes exploitations, essentiellement celles de 50 ha et plus, qui pratiquent majoritairement la céréaliculture.

Figure 14 : Variation de la MBG moyenne par ha en fonction de la taille de l'exploitation



Source : Notre modèle.

Pour mieux expliciter l'aptitude à l'intensification selon les strates, nous calculons pour chacune une marge brute globale moyenne pondérée par ha. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Figure 15 : Marge brute globale moyenne pondérée par hectare et par strate (en DT)

Strate		MBG moyenne pondérée par ha
I	< à 5 ha	460
II	De 5 à < 10 ha	1955
III	De 10 à < 20 ha	1654
IV	De 20 à < 50 ha	479
V	De 50 ha et plus	696

Source : Notre modèle.

En examinant ces résultats, nous remarquons que la strate I enregistre la plus faible marge (460 DT/ha). Ceci est dû essentiellement au caractère familial de ce type d'exploitation, où l'agriculture est une activité de subsistance, voire même de jardinage vu la pluri-activité du chef d'exploitation. Les meilleurs résultats sont enregistrés par les strates II et III où l'aptitude à l'intensification se distingue nettement. D'après nos enquêtes, ces deux strates regroupent trois catégories d'exploitants :

- des agriculteurs de père en fils, sans autre activité que l'agriculture, et en faire-valoir direct ;
- des lots de techniciens qui ont la volonté de mettre en valeur, de développer et de faire rayonner la région ;
- des exploitants en faire-valoir indirect, essentiellement en location, qui cherchent à tirer profit au maximum de leur période d'installation.

Concernant les strates IV et V, les résultats sont beaucoup moins intéressants par rapport aux deux dernières strates, pour deux raisons essentielles :

- ce sont des exploitations en copropriété : l'un des copropriétaires prend en charge la gestion de l'exploitation alors que les autres ont des activités à l'extérieur et ne manifestent pas d'intérêt pour l'agriculture, ce qui n'incite le chef d'exploitation ni à investir, ni à mettre en valeur ;
- l'intensification de ces exploitations nécessite des moyens humains et financiers importants qui dépassent les capacités réelles de leurs propriétaires.

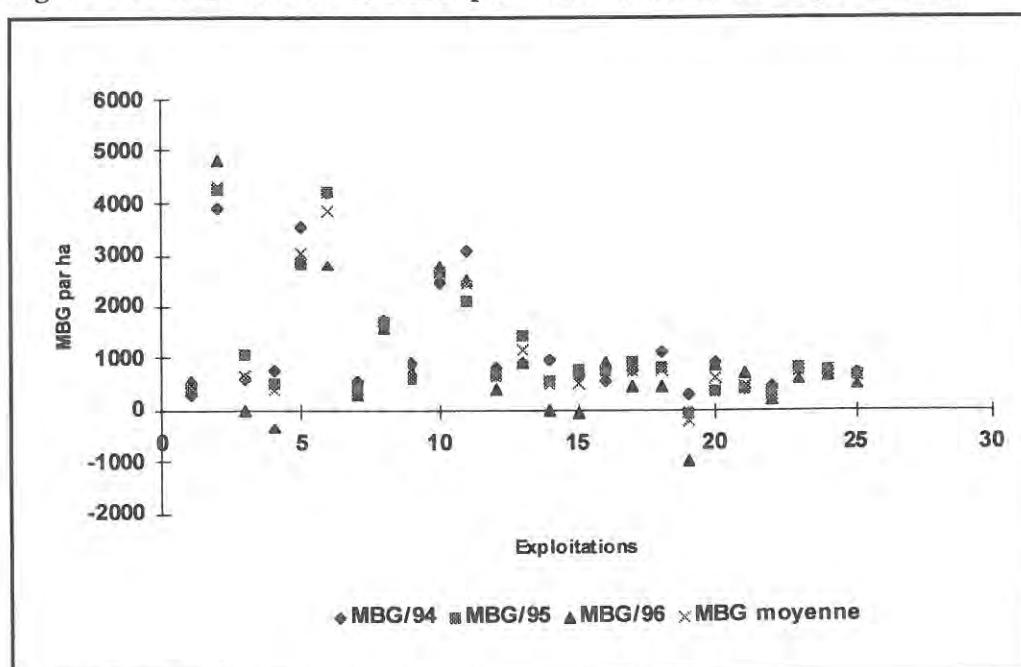
Nous pouvons ainsi conclure que l'exploitation irriguée ne peut pas répondre aux objectifs des planificateurs tant que sa structure foncière, son mode de faire-valoir et ces moyens humains et matériels ne sont pas mis en cohérence. Toutefois, signalons que l'intensification reste tributaire de la perception qu'à l'agriculteur de la création d'un périmètre irrigué et de la meilleure utilisation de l'eau. Dix-huit exploitants parmi les 25 interrogés déclarent une faible intensification de leur exploitation par manque de moyens.

2] L'exploitation irriguée face aux aléas climatiques

Les aléas jouent un rôle déterminant dans la réussite ou l'échec d'une campagne agricole. En fonction des types d'années, l'agriculteur réagit pour adapter son système de production afin de sauver la situation et de préserver ses intérêts. Si l'agriculture pluviale est fortement conditionnée par les précipitations et leur répartition tout au long de la campagne, l'exploitation en irriguée ne peut en aucun cas être à l'abri des aléas. L'analyse des résultats des exploitations de notre échantillon confirme cette attitude.

En effet, en fonction des types d'année, les marges fluctuent d'une campagne à l'autre (figure 15). Cette fluctuation est très nette chez les exploitations engageant un processus d'intensification, notamment les exploitations de la strate II et III. D'un autre côté, nos résultats montrent une chute des marges l'année C, fortement endommagée par la grêle : 16 exploitations enregistrent la plus faible marge pour cette campagne, alors que 14 exploitations enregistrent les meilleurs résultats l'année A, où l'eau d'irrigation est disponible à volonté.

Figure 16 : Variation de la MBG par ha en fonction des types d'année



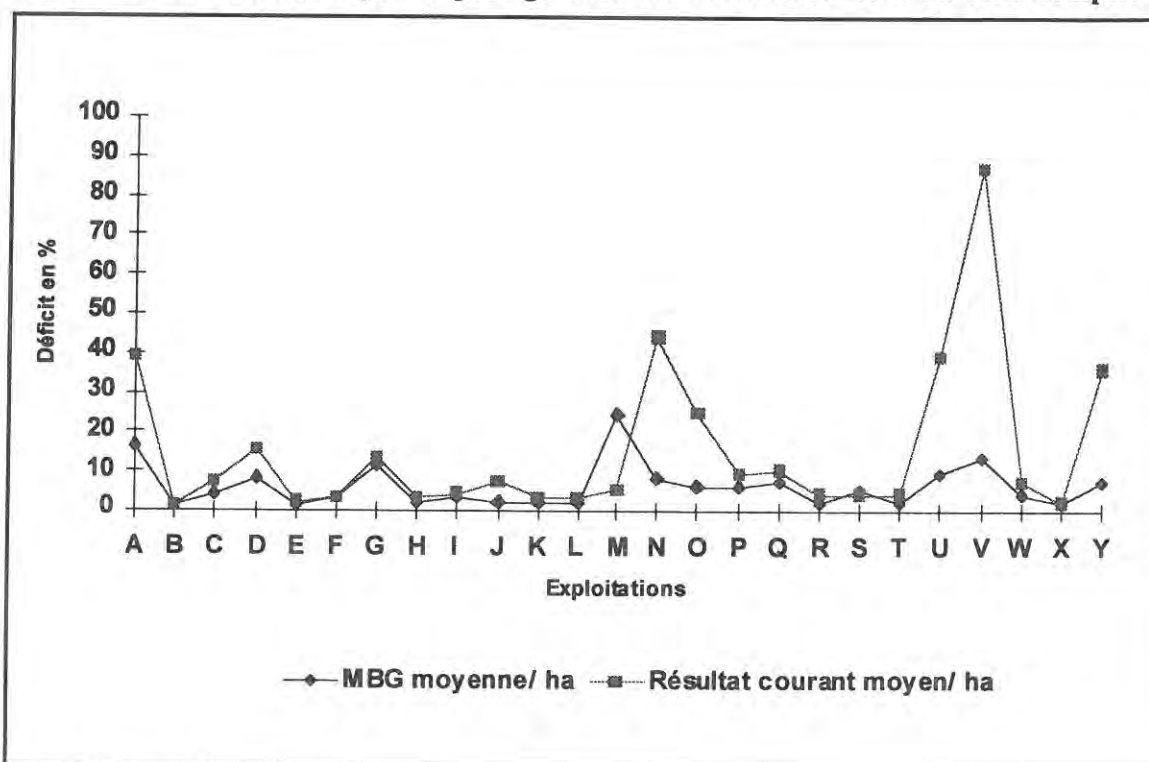
Source : Notre modèle.

3] L'exploitation irriguée et le tarif préférentiel

Les agriculteurs de la région déclarent à l'unanimité que le tarif de l'eau est élevé et n'encourage pas le processus d'intensification. D'un autre côté, pour inciter les agriculteurs à cultiver la betterave à sucre, l'administration pratique un tarif préférentiel de l'eau d'irrigation. Dans le cadre du PASA, l'État a décidé une augmentation annuelle du tarif de l'eau de 9% en terme nominal, soit 15% en terme réel. Ces trois éléments rendent problématique l'utilisation de l'eau au niveau du périmètre.

Pour clarifier cette situation, nous avons simulé le passage de nos exploitations d'une facturation au tarif subventionné à une facturation au tarif complet. Analysons d'abord l'effet de cette variation sur les marges brutes globales moyennes par ha (annexe 6) : ces dernières baissent de 1 à 24% selon les exploitations, avec une moyenne de 4% pour le total du secteur. Si nous examinons maintenant les résultats courants (annexe 7), la baisse causée par le passage au tarif complet est beaucoup plus importante : elle atteint parfois 87%, avec une moyenne pour le secteur de 5%. Ces résultats nous font dire que l'augmentation du tarif de l'eau d'irrigation pourrait être supportée par certaines exploitations alors qu'elle serait nuisible pour d'autres, telles que les exploitations N, U, V et Y de la figure 17 :

Figure 17 : Déficit causé par le passage d'un tarif subventionné à un tarif complet



Source : Notre modèle.

II – Des simulations et des réflexions pour orienter l'avenir des PPI

1] L'effet d'une action d'intensification

L'un des objectifs cruciaux de la création d'un PPI est le développement de la production agricole. Les planificateurs projettent une intensification de l'utilisation des facteurs de production qui permettra une amélioration des rendements et éventuellement un accroissement des quantités produites. Cependant les prévisions et les réalisations semblent diverger : « le degré d'intensification dans les périmètres irrigués reste à améliorer, l'emploi des engrais organiques et des produits chimiques reste inférieur à celui de beaucoup de pays méditerranéens et les rendements dans toutes les activités peuvent encore être améliorés » (MA/DGPDIA, 1996).

Dans le cas de notre périmètre, les études d'évaluation révèlent une sous-utilisation de la terre et de l'eau. Les rendements escomptés sont en dessous du potentiel (GFA, 1996). En collaboration étroite avec les agents du service de vulgarisation, nous avons défini deux niveaux d'intensification (niveaux II et III), la situation actuelle étant représentée par le niveau I. Ces deux niveaux sont caractérisés par un « paquet technique » à mettre en œuvre par l'agriculteur pour obtenir le rendement souhaité (annexes 1, 2, 3 et 4). Pour reconstituer ce paquet, nous nous sommes basés sur les travaux de vulgarisation qui concernent surtout les parcelles de démonstration et le suivi des agriculteurs-types de la région. Ces résultats, présentés dans le tableau 24, montrent que le passage d'un niveau à l'autre se traduit par une augmentation des besoins en eau. En effet, le passage du niveau I au niveau II et du niveau I au III nécessite respectivement une augmentation moyenne de la consommation d'eau de 2,8 Millions de m³ et 5,4 Millions de m³, soit respectivement de 34% et 66%. L'intensification engendre aussi une augmentation de la production de betterave de 15% lors du passage de niveau I au II et de 25% lors du passage du niveau I au III. De même le solde courant des agriculteurs s'améliore de 13% pour le premier passage et de 22% pour le deuxième passage. Par conséquent, les trois acteurs bénéficient d'une action d'intensification, à condition que les réserves du barrage le permettent.

Tableau 23 : Comparaison des résultats par niveau d'intensification et par type d'année

Type d'année	Niveau d'intensification									Les écarts					
	Initial			Niveau II			Niveau III			De I à II			De I à III		
	BA	SU	AG	BA	SU	AG	BA	SU	AG	BA	SU	AG	BA	SU	AG
	11 703	52 969	5 625	15 683	60 693	6 388	19 390	66 211	6 856	3 980	7 724	763	7 687	13 242	1 231
A	8 127	52 964	5 581	10 891	60 688	6 357	13 466	66 205	6 844	2 764	7 724	776	5 339	13 241	1 263
B	4 876	48 576	4 163	6 535	55 660	4 663	8 079	60 720	4 950	1 659	7 084	500	3 203	12 144	787
C	8 208	51 868	5 238	11 000	59 432	5 941	13 600	64 835	6 374	2 792	7 564	704	5 392	12 967	1 136
Moyenne															

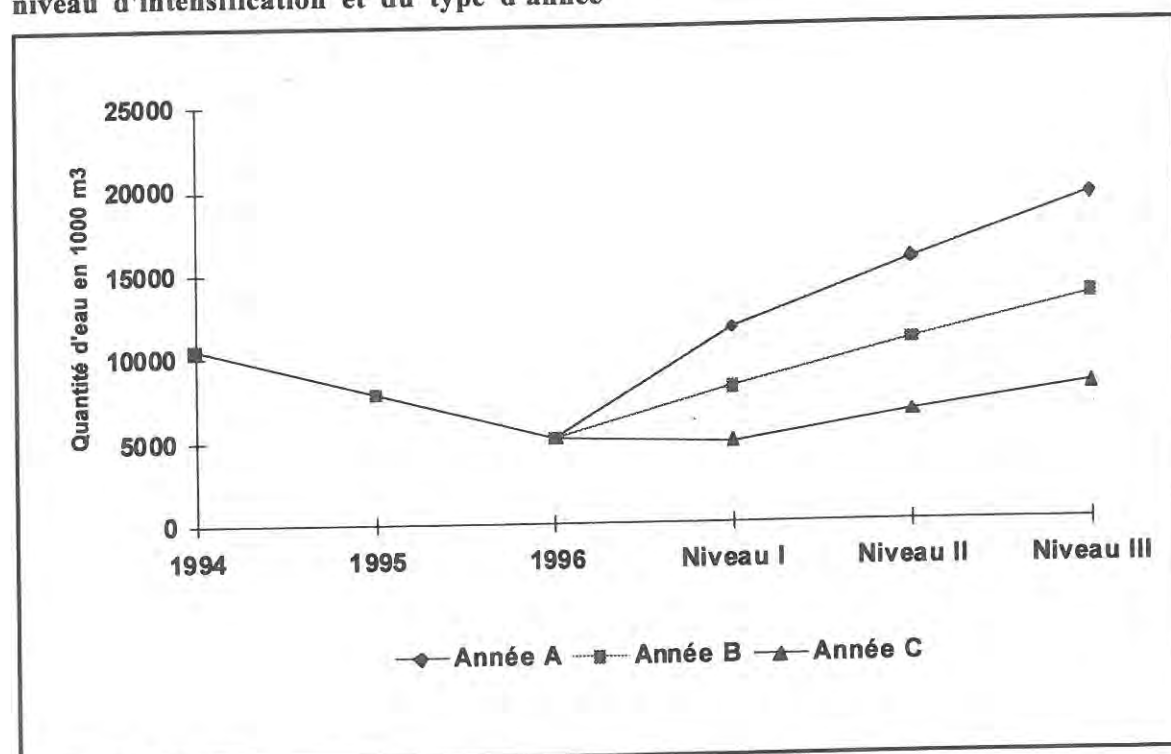
Source : Notre modèle.

BA : Consommation en eau en 1000 m³ (résultat auquel s'intéresse l'administration).

SU : Production de la betterave à sucre en tonnes (résultat auquel s'intéresse la sucrerie).

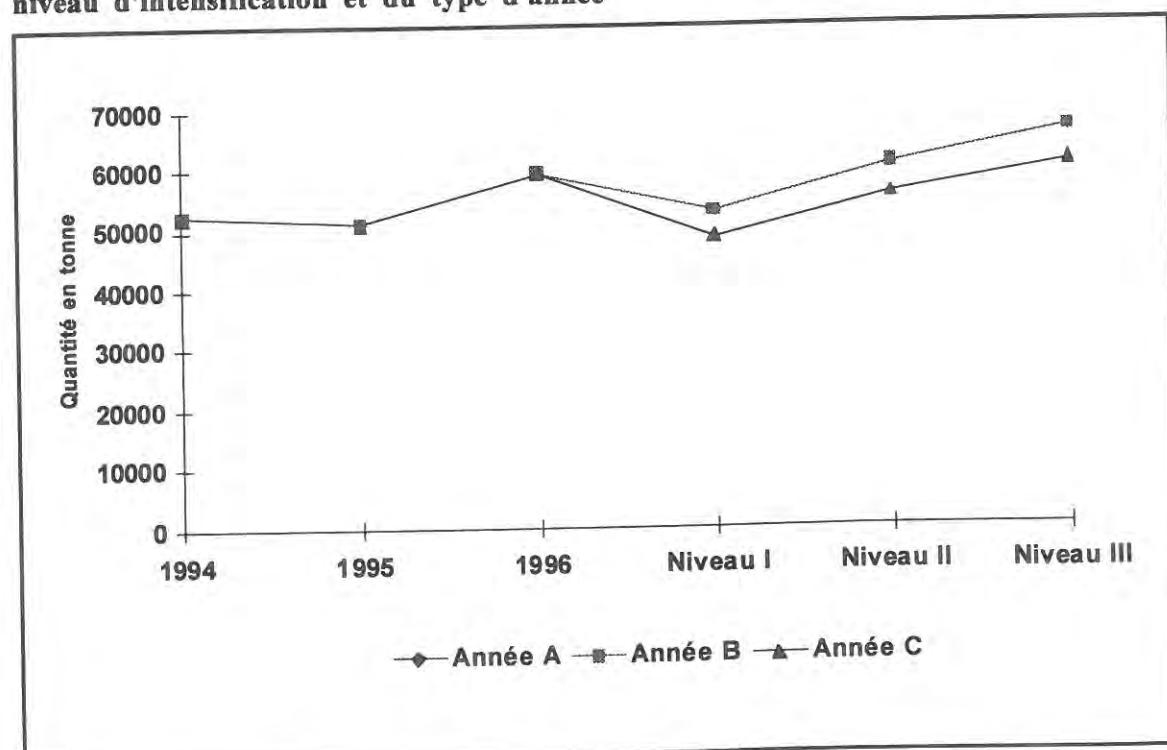
AG : Solde courant (recettes - charges opérationnelles) en 1 000 DT (résultat auquel s'intéressent les agriculteurs).

Figure 18 : Evolution des besoins du secteur en eau d'irrigation en fonction du niveau d'intensification et du type d'année



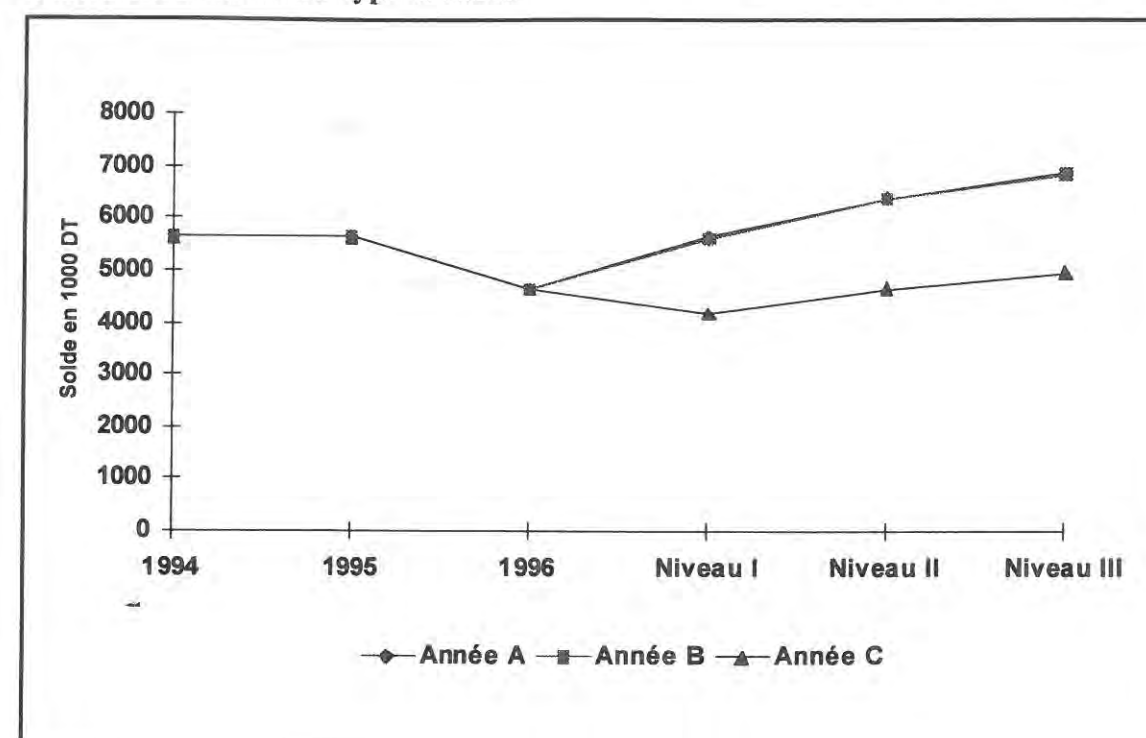
Source : Notre modèle.

Figure 19 : Evolution de la production du secteur en betterave à sucre en fonction du niveau d'intensification et du type d'année



Source : Notre modèle.

Figure 20 : Evolution du solde courant des agriculteurs en fonction du niveau d'intensification et du type d'année



Source : Notre modèle.

2] L'effet d'un nouvel assolement et la sensibilité des conclusions aux variations du prix

L'assolement quadriennal préconisé par l'administration lors de la mise en eau du périmètre est largement contesté aujourd'hui. L'incitation à la culture de betterave à sucre pour alimenter la sucrerie, avec pour objectif d'alléger les importations de sucre, est loin d'être justifié quand les coûts de production dépassent les prix à l'importation. Un grand débat s'ouvre aujourd'hui entre les différents acteurs de cette filière où les intérêts sont devenus conflictuels. Nous avons donc réuni trois acteurs autour de notre modèle : l'administration, les gérants de la sucrerie et les agriculteurs. Notre simulation consistait à éliminer cette culture et adopter un assolement triennal (légumineuse / blé dur / fourrage), tout en continuant à encourager les cultures maraîchères, notamment la pomme de terre.

A. L'adoption d'un nouvel assolement

L'élimination de la culture de betterave à sucre permet à l'agriculteur d'intensifier l'utilisation de la parcelle : nous avons donc considéré que l'adoption d'un nouvel assolement s'accompagne d'une intensification minimum. Cette intensification consiste à cultiver des pommes de terre d'arrière saison sur 25% de la superficie libérée par la betterave et concerne uniquement les agriculteurs qui ont l'habitude de cultiver cette pomme de terre. La superficie de cette culture dérobée passe alors de 175 ha à 237 ha, contre une superficie moyenne de 214 ha déclarée par la CTV. La superficie totale emblavée du secteur passe de 4 746 ha à 4 813 ha, d'où une légère amélioration du taux d'intensification de 107% à 108,5%.

Pour le reste, la parcelle réservée auparavant à la betterave à sucre peut être maintenant emblavée en petit pois de saison ou bien en blé dur. Nous envisageons ici cinq variantes, explicitées par la suite, que nous simulons en fonction des types d'années et des niveaux

d'intensification. Comme précédemment, nous n'envisageons d'intensifier que la betterave à sucre, c'est-à-dire un passage aux niveaux II et III. Les résultats de ces simulations permettront une discussion plus large sur l'opportunité d'un choix entre maintenir ou éliminer cette culture. Les résultats réunissant les trois « acteurs-cibles » sont donnés dans les annexes 9, 10, et 11. Ces résultats amènent des réflexions qui viendront stimuler le dialogue entre les différents acteurs.

a) L'intensification de la culture de betterave à sucre

Tableau 24 : Résultats d'une intensification la culture de betterave à sucre

Année type	Niveau d'intensification											
	Niveau I				Niveau II				Niveau III			
	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG
A	11 703	737	52 969	5 625	13 468	848	60 693	5 728	14 939	941	66 211	5 793
B	8 127	512	52 964	5 581	9 353	589	60 688	5 718	10 374	654	66 205	5 810
C	4 876	307	48 576	4 163	5 612	354	55 660	4 305	6 224	392	60 720	4 405
Moyenne	8 208	517	51 868	5 238	9 447	595	59 432	5 367	10 478	660	64 835	5 455

Source : Notre modèle.

BA(q) : Consommation en eau en 1000 m³ (résultat auquel s'intéresse l'administration).

BA(v) : Valeur de la consommation en eau en 1000 DT (résultat auquel s'intéresse l'administration).

SU : Production de la betterave à sucre en tonnes (résultat auquel s'intéresse la sucrerie).

AG : Solde courant (= Recettes - Charges Opérationnelles) en 1000 DT (résultat auquel s'intéressent les agriculteurs).

Comme le montre le tableau 25, l'intensification de la culture de betterave se traduit par :

- une augmentation moyenne de la consommation d'eau (et donc des recettes de l'administration) de 15% lors du passage au niveau II et de 28% lors du passage au niveau III ;
- une augmentation de la quantité de betterave à sucre de 15% lors du passage au niveau II et de 25% lors du passage au niveau III ;
- une légère amélioration du solde courant des agriculteurs de 2% lors de passage au niveau II et de 4% lors du passage au niveau III.

b) Simulation de la variante n°1

Elle consiste à emblaver en petit pois de saison toute la superficie réservée auparavant à la culture de betterave à sucre. La superficie de petit pois de saison passe ainsi de 291 ha à 1 312 ha. Les résultats pour chaque acteur sont donnés par le tableau 26 :

Tableau 25 : Résultats de la variante n°1

Année type	Niveau d'intensification											
	Niveau I				Niveau II				Niveau III			
	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG
A	7 533	610	0	5 894	9 796	794	0	6 527	12 129	982	0	6 904
B	5 231	424	0	5 741	6 803	551	0	6 366	8 423	682	0	6 746
C	3 139	254	0	3 287	4 082	331	0	3 642	5 054	409	0	3 826
Moyenne	5 284	428	0	5 166	6 871	557	0	5 725	8 507	689	0	6 056

Source : Notre modèle.

Par rapport à la situation de référence actuelle, représentée dans le tableau 25 par les moyennes du niveau I, la simulation de la variante n°1 donne les résultats suivants :

- La baisse remarquable de la consommation d'eau pour le niveau I (de 36%) alors qu'elle augmente de 4% au niveau III.
- La baisse de la consommation d'eau au niveau I se répercute sur les recettes de l'administration mais en plus faible proportion (baisse de 17%). Il suffit de passer au niveau II pour que les recettes s'améliorent de 8%, puis de 33% au niveau III.
- Concernant le solde courant des agriculteurs, nous remarquons une légère baisse qui ne dépasse pas 1% en moyenne au niveau I. Il suffit d'adopter le niveau II pour que le solde s'améliore nettement de 9%, puis de 13% pour un niveau III.

L'analyse de ces résultats témoigne de l'importance d'une intensification au niveau du périmètre qui sera profitable aussi bien à l'administration qu'aux agriculteurs.

c) Adoption de la variante n°2

Elle consiste à emblaver en petit pois de saison 75% de la superficie réservée auparavant à la culture de betterave à sucre. Le reste de la superficie, soit 25%, est consacré au blé dur. La culture de petit pois de saison passe ainsi de 291 ha à 1 054 ha, alors que le blé dur passe de 2 014 ha à 2 272 ha. Les résultats sont donnés par le tableau 27 :

Tableau 26 : Résultats de la variante n°2

Année type	Niveau d'intensification											
	Niveau I				Niveau II				Niveau III			
	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG
A	7 533	610	0	5 777	10 019	812	0	6 484	12 575	1 019	0	6 900
B	5 231	424	0	5 629	6 958	564	0	6 328	8 733	707	0	6 749
C	3 139	254	0	3 364	4 175	338	0	3 755	5 240	424	0	3 952
Moyenne	5 284	428	0	5 100	7 028	570	0	5 724	8 820	7143	0	6 088

Source : Notre modèle.

Par rapport à la situation de référence actuelle, représentée dans le tableau 25 par les moyennes du niveau I, la simulation de la variante n°2 donne les résultats suivants :

- La consommation d'eau diminue en moyenne sauf une légère augmentation, qui ne dépasse pas 7%, en adoptant un niveau III d'intensification.
- Cependant les recettes de l'administration augmentent de 10% et 38% en adoptant respectivement les niveaux II et III d'intensification.
- Quant à lui, le solde des agriculteurs enregistre une légère baisse évaluée à 3% au niveau I, tout en conservant la même augmentation que la variante n°1 pour les niveaux II et III.

d) Adoption de la variante n°3

Elle consiste à cultiver des petits pois de saison sur une moitié de la superficie réservée auparavant à la culture de betterave à sucre, et du blé dur l'autre moitié. Les superficies de ces deux cultures sont alors respectivement de 801 ha et 2 525 ha. Les résultats sont donnés par le tableau 28.

Tableau 27 : Résultats de la variante n°3

Année type	Niveau d'intensification											
	Niveau I				Niveau II				Niveau III			
	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG
A	7 533	610	0	5 655	10 238	829	0	6 434	13 013	1 054	0	6 889
B	5 231	424	0	5 511	7 110	576	0	6 282	9 037	732	0	6 743
C	3 139	254	0	3 436	4 266	346	0	3 863	5 422	439	0	4 075
Moyenne	5 284	428	0	5 028	7 181	582	0	5 715	9 127	739,3	0	6 113

Source : Notre modèle.

Toujours en comparaison de la situation actuelle, nous observons :

- Au niveau I d'intensification, la consommation d'eau est toujours de 64% de la consommation actuelle, alors qu'elle atteint 87% et 111% en adoptant respectivement les niveaux II et III.
- Les recettes de l'administration augmentent respectivement de 13% et de 48% pour les niveaux II et III.
- Le solde courant des agriculteurs subit une baisse moyenne de 4% pour le niveau I, contre une augmentation de 9% pour le niveau II, et de 17% pour le niveau III.

e) Adoption de la variante n°4

Elle consiste à cultiver des petits pois de saison sur 25% de la superficie réservée auparavant à la culture de betterave à sucre, et du blé dur sur les 75% restant. Les superficies des cultures atteignent respectivement 554 ha et 2772 ha. Les résultats sont donnés par le tableau 29 :

Tableau 28 : Résultats de la variante n°4

Année type	Niveau d'intensification											
	Niveau I				Niveau II				Niveau III			
	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG
A	7 533	610	0	5 542	10 451	847	0	6 391	13 439	1 089	0	6 883
B	5 231	424	0	5 403	7 258	588	0	6 245	9 332	756	0	6 745
C	3 139	254	0	3 517	4 355	353	0	3 981	5 599	454	0	4 206
Moyenne	5 284	428	0	4 966	7 331	594	0	5 716	9 426	764	0	6 145

Source : Notre modèle.

Dans ce scénario,

- La consommation d'eau diminue toujours pour les niveaux I et II par rapport à la situation actuelle, alors qu'elle augmente de 17% pour le niveau III.
- Les recettes de l'administration augmentent également et atteignent 115% pour le niveau II et 148% pour le niveau III, alors que cela correspond à des consommations d'eau respectivement égales à 89% et 115% de la consommation actuelle.
- Le solde courant des agriculteurs baisse de 5% pour le niveau I alors qu'il augmente de 9% et 117%, respectivement pour le niveau II et III.

f) Adoption de la variante n°5

Elle consiste à cultiver du blé dur sur la totalité de la superficie réservée auparavant à la culture de betterave à sucre. La superficie totale de blé dur est alors de 3 035 ha. Les résultats sont donnés par le tableau 30.

Tableau 29 : Résultats de la variante n°5

Année type	Niveau d'intensification											
	Niveau I				Niveau II				Niveau III			
	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG
A	7 533	610	0	5 419	10 679	865	0	6 343	13 894	1 125	0	6 875
B	5 231	424	0	5 283	7 416	601	0	6 200	9 649	782	0	6 743
C	3 139	254	0	3 588	4 449	360	0	4 088	5 789	469	0	4 326
Moyenne	5 284	428	0	4 893	7 490	607	0	5 708	9 745	790	0	6 172

Source : Notre modèle.

- La consommation en eau est toujours plus faible pour les niveaux I et II, alors qu'elle augmente de 19% pour le niveau III.
- Les recettes de l'administration s'améliorent aussi pour les niveaux II et III pour atteindre respectivement 117% et 153% du niveau actuel.
- Le solde courant des agriculteurs enregistre la forte baisse (de 7%) au niveau I, comparée aux variantes précédentes. Il augmente respectivement de 9% et de 18% pour les niveaux II et III.

g) Interprétation des résultats

Tableau 30 : Comparaison des résultats moyens des variantes simulées

Scénario	Niveau d'intensification											
	Niveau I				Niveau II				Niveau III			
	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG
Betterave	8 208	517	5 1868	5 238	9 447	595	5 9432	5 367	10 478	660	64 835	5 455
Var. 1	5 284	428	0	5 166	6 871	557	0	5 725	8 507	689	0	6 056
Var. 2	5 284	428	0	5 100	7 028	570	0	5 724	8 820	714	0	6 088
Var. 3	5 284	428	0	5 028	7 181	582	0	5 715	9 127	739	0	6 113
Var. 4	5 284	428	0	4 966	7 331	594	0	5 716	9 426	764	0	6 145
Var. 5	5 284	428	0	4 893	7 490	607	0	5 708	9 745	790	0	6 172

Source : Notre modèle.

Tableau 31 : Comparaison des résultats moyens des variantes simulées (en % de la situation actuelle)

Scénario	Niveau d'intensification											
	Niveau I				Niveau II				Niveau III			
	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG	BA(q)	BA(v)	SU	AG
Betterave	100	100	100	100	115,1	115,1	114,6	102,5	127,7	127,7	125,0	104,1
Var. 1	64,4	82,8	0	98,6	83,7	107,7	0	109,3	103,6	133,3	0	115,6
Var. 2	64,4	82,8	0	97,4	85,6	110,3	0	109,3	107,5	138,1	0	116,2
Var. 3	64,4	82,8	0	96,0	87,5	112,6	0	109,1	111,2	142,9	0	116,7
Var. 4	64,4	82,8	0	94,8	89,3	114,9	0	109,1	114,8	147,8	0	117,3
Var. 5	64,4	82,8	0	93,4	91,3	117,4	0	109,0	118,7	152,8	0	117,8

Source : Notre modèle.

Si nous analysons maintenant les résultats de ces scénarios d'une manière globale et par rapport à l'action d'intensification de la culture de betterave à sucre (tableaux 31 et 32), nous pouvons noter les conclusions suivantes :

- 1) Les besoins du secteur en eau d'irrigation seront moins importants sauf à un niveau III d'intensification où la consommation dépasse celle utilisée actuellement pour atteindre un maximum de 118,7% avec la variante n°5. C'est d'ailleurs la seule variante qui enregistre un besoin supérieur à ce qu'exige une intensification de la betterave à sucre. Nous pouvons conclure que l'adoption d'un tel scénario permettrait à l'administration de mieux gérer les

réserves du barrage dans le cas d'une intensification et surtout en cas de pénurie comme en témoigne l'année B. D'un autre côté ce choix pourrait engager une réflexion sur la question d'amélioration de la qualité de l'eau en diminuant le pompage sur la Medjerda.

- 2) Le choix d'un tel assolement mettrait fin à la polémique sur le tarif préférentiel de l'eau. Cela veut dire que l'agriculteur payerait l'eau d'irrigation à tarif complet. Dans ce cas, les résultats montrent que, malgré la baisse des quantités consommées, les recettes de l'administration sont nettement améliorées en terme absolu ou en terme relatif. En effet, les résultats du niveau I montrent bien que la baisse des quantités (-35,6%) s'accompagne d'une baisse de la valeur dans des proportions moindres (-17,2%).
- 3) Au niveau I d'intensification, le solde courant des agriculteurs baisse au maximum de 6,6%, pour la variante n°5, et de 1,4% quand on adopte la variante 1. Mais il suffit de passer au niveau II pour que le solde courant s'améliore nettement. Cette amélioration va de 9,3%, pour le niveau II de la variante n°1, jusqu'à 17,8%, pour le niveau II de la variante n°5. Elle est beaucoup plus intéressante que l'amélioration engendrée par une intensification de la culture de betterave à sucre, laquelle ne dépasse pas 4,1% pour le niveau III.
- 4) L'adoption d'un nouvel assolement priverait la sucrerie de matière première. Afin d'assurer réserver sa survie, l'usine devrait engager un dialogue avec les agriculteurs. La négociation devrait se concentrer sur le prix à la production de la betterave à sucre, que nous allons aborder dans le chapitre suivant.

B. Sensibilité des résultats aux variations du prix

La mise en culture d'une superficie importante de petit pois de saison entraîne une offre importante du produit d'où le risque de chute des prix. Pour chaque variante de notre scénario, nous faisons donc varier le prix du petit pois de saison, afin de tester la sensibilité des résultats obtenus. D'un autre côté, nous estimons que la sucrerie devra engager une négociation sur le prix de betterave à sucre pour convaincre les agriculteurs d'un éventuel maintien de cette culture dans l'assolement. Dans nos scénarios, nous envisageons donc une augmentation du prix de ce produit. Le dialogue se concentrera ainsi essentiellement entre la sucrerie et les agriculteurs.

Dans l'optique de mener à bien cette interaction, nous avons établi des courbes de frontière qui permettront aux deux acteurs de négocier les prix et de trancher éventuellement sur la décision. Ces courbes relient le prix de la betterave à sucre et le prix du petit pois de saison. Nous faisons varier les prix pour chaque niveau d'intensification mais aussi chaque type d'année A et B, où l'adoption d'un nouvel assolement est envisageable.

Pour inciter les agriculteurs à maintenir la culture de betterave à sucre dans l'assolement, nous simulons une augmentation du prix à la production. Cette augmentation engendre une augmentation du solde courant des agriculteurs. Les résultats de cette simulation des prix sont donnés pour chaque niveau d'intensification et chaque type d'année, en annexes 12 et 13.

En revanche, du fait que l'adoption d'un nouvel assolement s'accompagne de la mise sur le marché d'une quantité plus importante de petit pois, nous avons testé la sensibilité des variantes adoptées à une chute du prix du produit. Les résultats d'une telle variation sont donnés pour chaque variante, chaque niveau d'intensification et chaque type d'année, en annexes 12 et 13.

Cette variation de prix, aussi bien pour la betterave à sucre que pour le petit pois de saison, nous a incité à déterminer une courbe de frontière entre les deux prix. Cette courbe permettra d'engager une négociation pertinente entre les agriculteurs et la sucrerie pour décider du choix de l'assolement.

a) Détermination de l'équation de la courbe de frontière

Soit S_b : le solde courant des agriculteurs en cultivant la betterave à sucre

S_p : le solde courant des agriculteurs en adoptant le nouvel assolement, c'est-à-dire sans cultiver la betterave à sucre

Une variation du prix de la betterave à sucre de α donne lieu à l'équation suivante :

$$S_{b\alpha} = S_b - Q_b * P_b + Q_b * X_b$$

Avec $S_{b\alpha}$: le nouveau solde courant

Q_b : la quantité de betterave à sucre produite

P_b : le prix du produit donnant lieu au solde S_b

X_b : le nouveau prix du produit donnant lieu au solde $S_{b\alpha}$

Il faut noter que, dans ce cas, le prix du petit pois de saison est fixe.

Une variation du prix du petit pois de saison de β donne lieu à l'équation suivante :

$$S_{p\beta} = S_p - Q_p * P_p + Q_p * Y_p$$

Avec $S_{p\beta}$: le nouveau solde courant

Q_p : la quantité de petit pois de saison mise sur le marché

P_p : le prix du produit donnant lieu au solde S_p

Y_p : le nouveau prix du produit donnant lieu au solde $S_{p\beta}$

Les agriculteurs sont indifférents au choix entre deux assolements lorsque les soldes de l'un et de l'autre sont égaux, ce qui donne lieu à l'égalité suivante :

$$S_{b\alpha} = S_{p\beta}$$

$$\Rightarrow S_b - Q_b * P_b + Q_b * X_b = S_p - Q_p * P_p + Q_p * Y_p$$

$$\Rightarrow Q_p * Y_p = (S_b - Q_b * P_b) - (S_p - Q_p * P_p) + Q_b * X_b$$

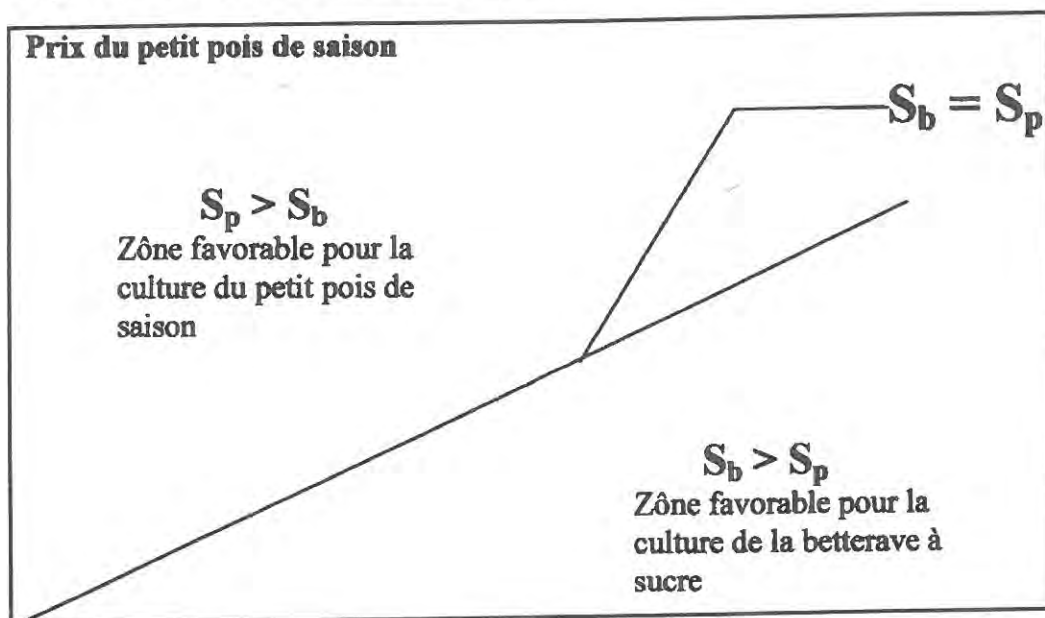
$$\Rightarrow Y_p = [(S_b - Q_b * P_b) - (S_p - Q_p * P_p)] / Q_p + (Q_b / Q_p) * X_b$$

Notre courbe de frontière une fonction est de la forme :

$$Y = A + BX$$

C'est donc une droite dont la pente est égale au rapport des quantités (Q_b / Q_p). La figure 21 schématise cette droite.

Figure 21 : Schéma d'une courbe de frontière

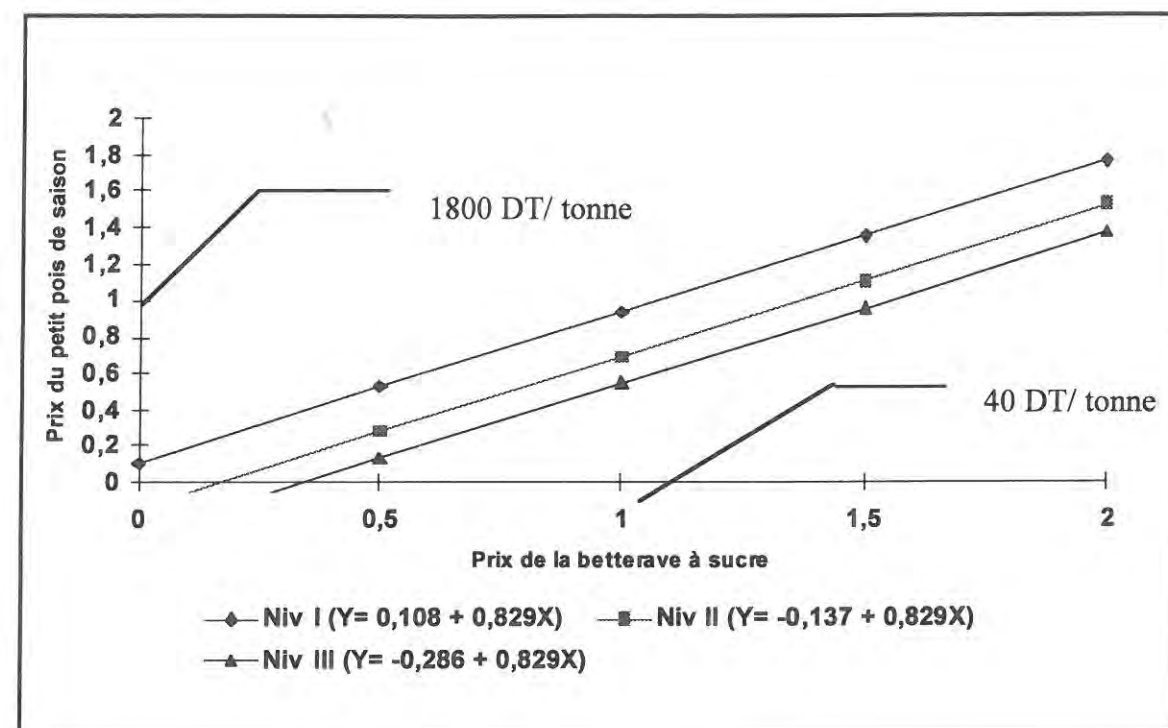


b) La variation des prix et l'interprétation des résultats

Les résultats des variantes, présentés ci-dessus, sont insuffisants pour permettre à nos acteurs de trancher sur le choix de l'assolement. La variation des prix, que ce soit pour la betterave à sucre ou pour le petit pois de saison, constitue un facteur déterminant pour la prise de décision. Afin d'assister nos acteurs dans la négociation des prix, nous envisageons une série de simulations. Nous simulons une augmentation du prix de la betterave à sucre, de 5% à 75%, ainsi qu'une diminution du prix de petit pois de saison, de 5% à 75%. Nous rappelons que la variation des prix des deux produits n'est pas simultanée, alors que nous la simulons pour chaque niveau d'intensification et chaque type d'année (annexes 12 et 13).

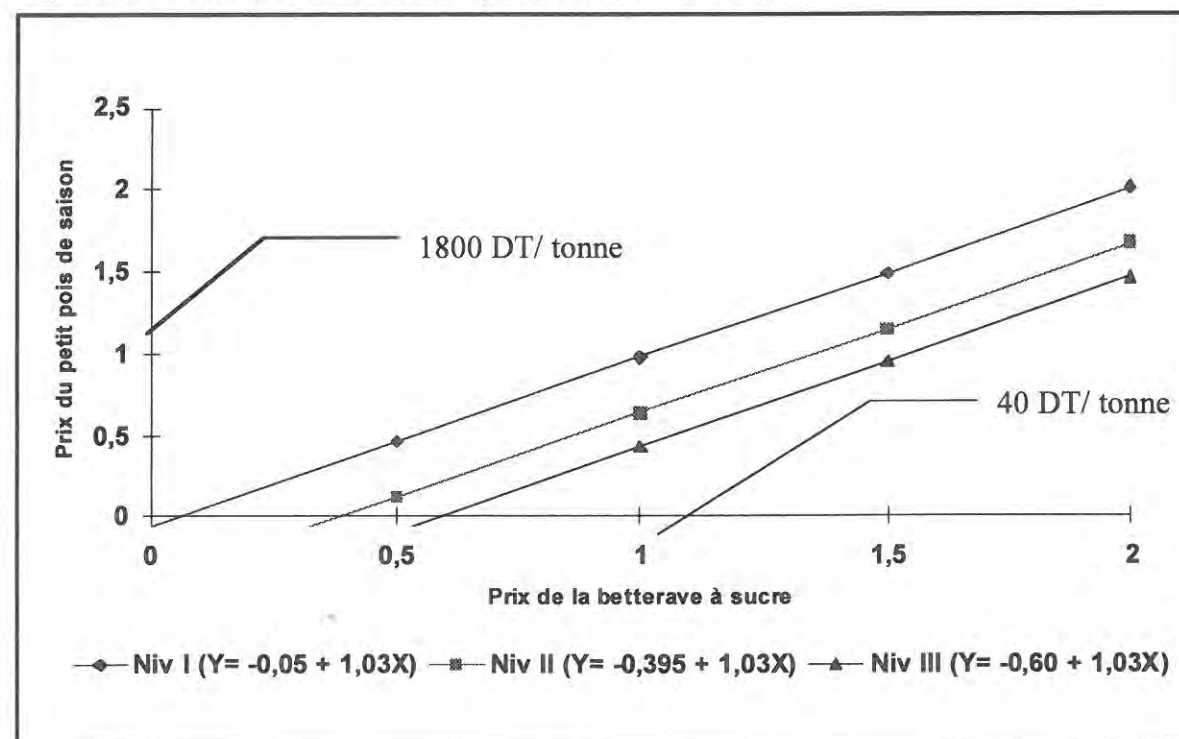
Nous nous contenterons ici d'analyser la variation du prix du petit pois de saison pour l'adoption d'un nouvel assolement par rapport à la situation actuelle. Nous établirons la courbe de frontière pour les quatre variantes (Var 1, Var 2, Var 3 et Var 4) en fonction du prix de la betterave à sucre, au niveau I d'intensification. A titre indicatif, nous présentons les courbes en année de type B, données par les figures 21, 22, 23, et 24.

Figure 22 : Courbes de frontière (Variante 1, Année B)



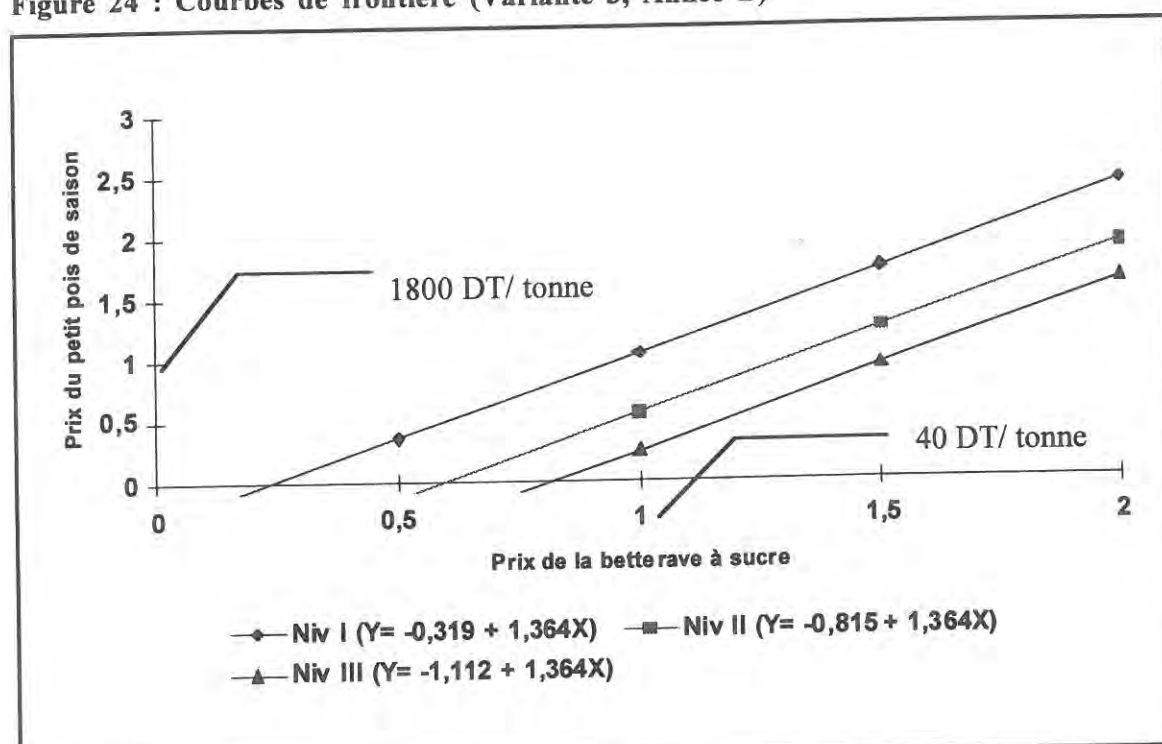
Source : Notre modèle.

Figure 23 : Courbes de frontière (Variante 2, Année B)



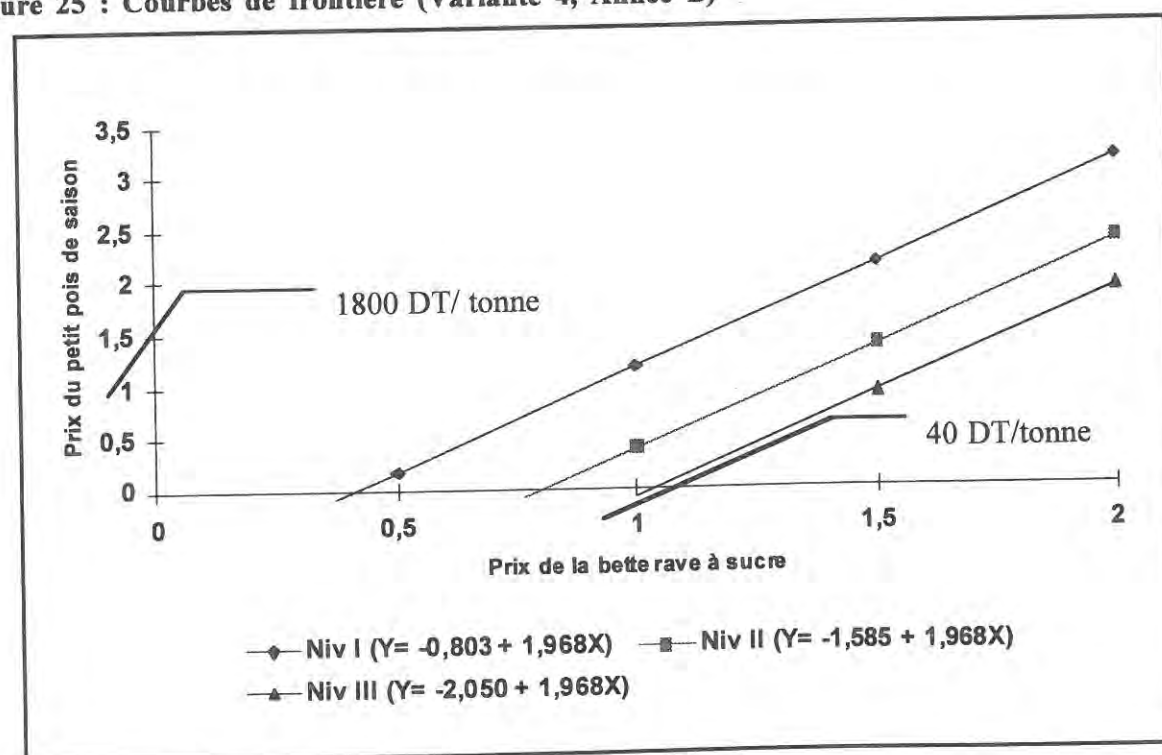
Source : Notre modèle.

Figure 24 : Courbes de frontière (Variante 3, Année B)



Source : Notre modèle.

Figure 25 : Courbes de frontière (Variante 4, Année B)



Source : Notre modèle.

L'établissement de ces courbes de frontières nous a permis d'apprécier la sensibilité de notre scénario et de dégager les conditions d'admissibilité des variantes. La condition

d'admissibilité est dictée par la chute maximum tolérable du prix du petit pois de saison. Le tableau 32 retrace ces conditions pour l'adoption d'un nouvel assolement en année de type B.

Tableau 32 : Chute maximum du prix du petit pois de saison ou condition d'admissibilité de la variante (Année B)

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Niveau I	6,3%	2,3%	Inadmissible	Inadmissible
Niveau II	30,7%	36,4%	45,1%	61,7%
Niveau III	45,6%	56,9%	74,8%	Admissible

Source : Notre modèle.

Nous remarquons qu'au niveau actuel d'intensification, l'adoption d'un nouvel assolement, dans les conditions que nous avons définies, ne profite pas beaucoup aux agriculteurs voire est inadmissible pour les variantes 3 et 4. Mais il suffit de passer au niveau II pour que notre scénario devienne probant et suscite des réflexions de la part des acteurs. Cependant, nous remarquons qu'en adoptant la variante 4 à un niveau III d'intensification la culture de betterave à sucre est complètement remise en cause.

Sans entrer trop dans les détails de la variation des prix, l'analyse de ces quatre figures révèle des réflexions importantes pour l'orientation de l'avenir du périmètre. En effet, en passant de la variante 1 à la variante 4, nous saisissons très bien l'importance d'une action d'intensification. L'adoption d'un niveau supérieur d'intensification diminue d'une façon remarquable la sensibilité de notre scénario et remet en cause la culture de betterave à sucre dans les conditions actuelles (niveau d'intensification et prix à la production).

3] L'effet d'un remembrement

La taille de l'exploitation est un facteur déterminant pour l'engagement d'un processus de mise en valeur et de développement. Malgré l'intervention de la réforme agraire, la situation foncière des PPI reste préoccupante. En effet, la division excessive de la propriété tunisienne ne fait que réduire le plancher et le processus d'héritage ne fait qu'accentuer le morcellement au fil des années.

La structure de notre programme et la conception de notre modèle nous permettent d'agir par strate pour simuler l'évolution de l'activité à l'échelle du secteur. En réponse au problème de l'exiguïté des exploitations au niveau du périmètre et de l'accroissement de leur nombre, nous avons imaginé une action de remembrement au niveau de la strate I (inférieure à 5 ha), qui donnerait lieu à des exploitations de 5 ha. Ces exploitations s'intégreraient à la strate II et suivraient son système de production.

Pour identifier le type de ces exploitations, nous respectons les superficies par strate qui sont données par le modèle. A l'origine, avec 257 exploitations, la strate I totalise une superficie égale à 617 ha, alors que la strate II totalise 1694 ha pour 195 exploitations. Une action de remembrement au niveau de la strate I donnera lieu à 123 exploitations de 5 ha, alors que la taille moyenne d'une exploitation de la strate II est de 8,7 ha.

Etablissons le système de culture de cette dernière exploitation. Par extrapolation, nous identifions une nouvelle exploitation, de taille égale à 5 ha, qui permet le passage de la strate I à la strate II. Le système de culture de cette exploitation charnière est donné par le tableau 33.

Tableau 33 : Système cultural d'une exploitation charnière après remembrement de la strate I

Exploitation charnière (Strate II)		Ancienne exploitation (Strate I)	
Cultures	Sup. (ha)	Cultures	Sup. (ha)
Blé dur	2	Blé dur	1,2
Betterave à sucre	1	Betterave sucre	0,6
Avoine foin	0,2	Bersim	0,3
Bersim	0,8	Petit pois de saison	0,2
P. de terre de saison	0,2	Pois chiche	0,1
P. de terre d'arrière saison	0,3		
Petit pois de saison	0,4		
Ail	0,2		
Oignon d'été	0,2		
Superficie totale	5,3	Superficie totale	2,4
UZB	6	UZB	2

Source : Notre modèle.

La simulation d'un tel remembrement engendre une nouvelle situation du secteur, donnée par le tableau 34. En premier lieu, notons que le nombre des exploitations diminue de 257 à 123. Concernant les emblavures, nous remarquons une diminution de 3% des superficies de blé dur et de betterave à sucre en faveur de la pomme de terre dont l'augmentation est supérieure (P. de terre de saison : +14% ; P. de terre d'arrière-saison : + 21%). Ceci a pour conséquence une augmentation très faible des besoins en eau (+1%) mais une amélioration beaucoup plus importante de la marge des agriculteurs (+18%).

Tableau 34 : Résultats d'une action de remembrement sur la strate I

Scénario	Exploitation	Superficies (ha)					Productions (t)				Cons. eau (1000 m ³)	Solde (1000 DT)
		Blé dur	Bet. ¹⁷	PDT ¹⁸	PDTAS ¹⁹	Total	Blé dur	Bet.	PDT ¹⁸	PDTAS		
Sans remembrement	257	2 014	1 021	175	170	4 746	6 444	49 020	2 804	1 864	8 127	5 465
Avec remembrement	123	1 951	990	200	206	4 781	6 244	47 522	3 198	2 270	8 227	6 424
%		97	97	114	121	101	97	97	114	122	101	118

Source : Notre modèle.

Source : Notre modèle.

¹⁷Bet.: Betterave à sucre
¹⁸PDT¹⁸: Pomme de terre de saison
¹⁹PDTAS: Pomme de terre d'arrière saison

Conclusion

Le développement du secteur irrigué, choix stratégique du gouvernement tunisien, constitue bien le pari d'une agriculture moderne. Les impératifs d'un tel choix sont, évidemment, la recherche de la sécurité alimentaire et l'amélioration des conditions socio-économiques des citoyens paysans. En Tunisie, le secteur irrigué a fait preuve de certaines performances répondant bien à ces impératifs. L'importance de la contribution du secteur irrigué dans la production agricole, l'amélioration des revenus et la création d'emploi sont les fruits d'une politique volontariste de développement de l'infrastructure hydraulique agricole et d'extension des superficies irrigables.

Les périmètres publics irrigués constituent et demeurent l'arsenal actif pour le développement de l'agriculture irriguée. Certes la création d'un périmètre public entraîne une évolution remarquable à tous les niveaux (amélioration des rendements, diversification de la production, relance de l'activité économique en amont et en aval). Mais les objectifs tracés à l'origine sont-ils atteints ?

La création d'un périmètre, une fois la mise en eau accomplie, constitue un choix irrévocable et un coût économique à rentabiliser. Cela ne peut être réalisé qu'avec la mise en place d'un système de suivi. Un tel système doit obligatoirement intégrer l'exploitation agricole en tant que noyau central du périmètre. Pour garantir l'efficacité de ce système, l'analyse du fonctionnement de l'exploitation s'impose et la participation de chefs exploitants est impérative.

Si la contrainte majeure de l'exploitant en agriculture pluviale est la disponibilité de l'eau, celle de l'exploitant du périmètre irrigué est la gestion de cette eau, qui se répercute sur la gestion de l'intégrité de l'exploitation. Cela veut dire que les tâches d'un irriguant sont beaucoup plus difficiles à assumer et que sa responsabilité dans la prise de décision est beaucoup plus lourde. Le passage d'une exploitation pluviale à une exploitation irriguée suppose d'investir davantage de capitaux et d'engager un savoir-faire sérieux, d'où la nécessité accrue d'une assistance et d'un conseil pointus. L'atteinte des objectifs de la création d'un périmètre est largement tributaire du fonctionnement de l'exploitation après la mise en eau.

Aujourd'hui, l'évolution des méthodes et des outils de gestion permet de « décortiquer » cet aspect du fonctionnement, de l'analyser et de le reconstruire pour d'éventuelles simulations. Dans cette optique, nous avons développé un modèle régional de fonctionnement d'un périmètre irrigué. En collaboration étroite avec Jean-Marie ATTONATY, du Département d'Economie et de Sociologie Rurale de l'INRA à Grignon, nous avons développé un programme informatique. Ce dernier intègre les aspects techniques et économiques de la gestion de l'exploitation agricole irriguée, pour enfin modéliser le fonctionnement du périmètre.

Il s'agit d'un outil d'aide à la décision qui permet de représenter tous les acteurs intervenant dans le fonctionnement du périmètre et de créer entre eux des actions réciproques. Le programme fait apparaître la consommation d'eau d'irrigation comme un poste-clef. La prise en compte des aléas et des fluctuations des prix est une fonction capitale de cet outil. Il permet à l'utilisateur une excellente marge de manœuvre pour simuler le futur incertain et adapter les décisions.

De l'amont à l'aval, les intérêts des différents acteurs sont divergents voire conflictuels. Notre modèle dégage des résultats spécifiques à chaque agriculteur, chaque zone et pour l'ensemble de la région, de façon à ce que tous les acteurs soient représentés et puissent intervenir. C'est à partir de ces résultats que nous allons pouvoir instaurer le dialogue et concilier les intérêts.

Dans le cadre de notre application, nous avons réuni trois principaux acteurs qui interviennent dans le fonctionnement du PPI Bouheurtma : l'administration gérante de l'eau,

la sucrerie et les agriculteurs. Vingt ans après la mise en eau, notre outil va permettre à ces derniers de discuter d'un système de production figé, en vue de mieux préparer l'avenir. La culture de betterave à sucre et le tarif préférentiel de l'eau d'irrigation se trouvent au cœur du débat.

Grâce aux résultats de notre modèle, nous avons pu montrer que l'assolement imposé, qui date de la mise en eau du périmètre et des objectifs initiaux du projet, peut être remis en cause et que dans la conjoncture actuelle (prix de la betterave, tarif de l'eau, revenu des agriculteurs, intensification, structures d'encadrement), il est largement discutable. Nous avons simulé différents niveaux d'intensification comme nous avons envisagé un scénario d'élimination de la culture de betterave et l'adoption d'un nouvel assolement. Nous avons discuté les prix à la production de la betterave et du petit pois de saison comme culture qui peut prendre place dans le nouvel assolement. A partir des résultats obtenus, nous avons établi la courbe de frontière qui relie les prix de betterave avec ceux du petit pois. Cette courbe va stimuler les négociations entre la sucrerie et les agriculteurs pour trancher sur le choix de l'assolement. Nous avons pu aussi constater qu'avec l'adoption d'un nouvel assolement la consommation en eau baisse mais que du fait de l'application d'un tarif complet, l'administration y gagnera davantage.

Les conditions actuelles du périmètre imposent l'engagement d'un dialogue entre les différents partenaires, mais tout dépend de la position de la sucrerie. En effet, l'usine ne pourrait négocier les prix que dans la mesure où la question suivante trouve sa réponse : à quel coût la Tunisie pourrait-elle produire aujourd'hui le sucre ? Une grande question qui engage actuellement à l'échelle nationale une équipe pluridisciplinaire (agronome, économiste, commercial et sociologue) pour tenter d'y répondre.

La structure de notre programme permettra d'agir par zone pour pouvoir harmoniser la région et éviter un éventuel déséquilibre socio-économique. En s'attachant à la taille de l'exploitation, nous avons assimilé nos strates à des zones. Nous avons évoqué le problème des structures foncières et le morcellement excessif au niveau de notre périmètre. Pour engager une réflexion sur cette situation, qui s'aggrave chaque année, nous avons simulé une action de remembrement au niveau de la strate I (inférieure à 5 ha) pour créer des exploitations de taille égale à 5 ha qui suivent le système de production de la strate II. Une telle simulation nous a permis de constater une certaine intensification du système d'exploitation qui se traduit par une amélioration nette du revenu des agriculteurs et une augmentation de la consommation d'eau d'irrigation.

Nos résultats témoignent bien de l'utilité et des avantages multiples que possède notre outil d'aide à la décision qui constitue l'ébauche d'une nouvelle génération de simulateur ou Système Multi-Agent (SMA).

En revanche, les résultats de cet outil, comme de tout modèle, dépendra largement de la qualité des données d'entrée et du choix des exploitations qui nous permettra de les totaliser et de déterminer les coefficients d'agrégation. La typologie constitue une phase cruciale dans la construction du modèle. C'est pour cela que tout au long de notre démarche, nous avons insisté sur la participation active des techniciens vulgarisateurs du périmètre pour que nos résultats puissent finalement témoigner. Rien n'est parfait, mais l'utilité du programme ne peut être mise en évidence que si les données de base émanent d'une réalité et que les résultats la concrétisent.

Parmi les limites du programme, nous constatons l'utilisation des prix moyens généralisés pour toutes les exploitations aussi bien pour les charges que pour les produits. D'autre part, le programme ne permet pas une représentation détaillée et rigoureuse des charges de structure. Cela nécessite une opération de calage des exploitations avant d'entamer l'agrégation. Nous soutenons que ce calage doit être fait sur un autre outil, tel que Quatre Vents, qui permet une représentation détaillée du fonctionnement de l'exploitation et une interaction avec le chef exploitant. Les résultats ainsi obtenus serviraient de base pour la construction du modèle.

ANNEXES

Annexes

Annexe 1 Fiche technico-économique du blé dur

Désignation	Unité	Prix U.	Niveau I		Niveau II		Niveau III	
			Q	V	Q	V	Q	V
Semences	qx	42	1,8	76	2	84	2	84
DAP	qx	27	2	54	2	54	3	81
Ammonitre	qx	21	2	42	3	63	4	84
Mécanisation	h	18	10	180	12	216	14	252
Produits Phyto	DT	1	45	45	55	55	65	65
Moisson	h	45	1	45	1,25	56	1,5	68
Pressage	B	0,35	160	56	225	79	275	96
Mise meule	B	0,1	160	16	225	23	275	28
Main d'oeuvre	j	4,5	8	36	10	45	14	63
Transport	t	5	3,2	16	4,5	23	5,5	28
Eau	m ³	0,06	800	50	1400	88	2000	126
Total charges				616		785		974
Produit								
Grain	qx	28	32	896	45	1260	55	1540
Paille	B	1	160	160	225	225	275	275
Total produit				1056		1485		1815
Marge brute				440		700		841

Source : CTV Brahmi et recoupement d'autres documents émanants de l'APIA, le CBB l'OTD et le GIL

Annexe 2

Fiche technico-économique de la betterave à sucre

Désignation	Unité	Prix U.	Niveau I		Niveau II		Niveau II	
			Q	V	Q	V	Q	V
Semences	qx	130	2	260	2	260	2	260
DAP	qx	27	2	54	2	54	2	54
Ammonitre	qx	21	4	84	4	84	4	84
Potasse	qx	35	1	35	2	53	2	70
Mécanisation	h	16	14	224	14	224	14	224
Produits Phyto	DT	1	70	70	100	100	100	100
Récolte	DT	1	130	130	130	130	130	130
Main d'oeuvre	j	4,5	50	225	60	270	70	315
Transport	DT	1	10	10	10	10	10	10
Eau	m ³	0,06	3800	239	5000	315	6000	378
Total charges				1331		1500		1625
Produit								
Betterave	t	40	48	1920	55	2200	60	2400
Pulpe	Rem	50	1	50	1	50	1	50
Total produit				1970		2250		2450
Marge Brute				639		750		825

Source : CTV Brahmi et recoupement d'autres documents émanants de l'APIA, le CBB, l'OTD et le GIL

Annexe 3

Fiche technico-économique de la pomme de terre de saison

Désignation	Unité	Prix U.	Niveau I		Niveau II		Niveau III	
			Q	V	Q	V	Q	V
Semences	t	800	3	2400	3	2400	3	2400
DAP	qx	27	3	81	3	81	3	81
Ammonitre	qx	21	3	63	3	63	3	63
Potasse	qx	35	2	70	3	105	4	140
Fumier	t	15	20	300	25	375	30	450
Mécanisation	h	18	10	180	15	270	18	324
Produits Phyto	DT	1	60	60	100	100	150	150
Traction animal	j	10	4	40	4	40	4	40
Main d'oeuvre	j	4,5	50	225	60	270	70	315
Transport	t	5	16	80	18	90	20	100
Eau	m ³	0,06	1600	101	3000	189	4000	252
Total charges				3600		3983		4315
Produit PDT	t	250	16	4000	18	4500	20	5000
Marge Brute				400		517		685

Source : CTV Brahmi et recoupement d'autres documents émanants de l'APIA, Le CBB, l'OTD et le GIL

Annexe 4

Fiche technico-économique de la pomme de terre d'arrière saison

Désignation	Unité	Prix U.	Niveau I		Niveau II		Niveau III	
			Qt	V	Qt	V	Qt	V
Semences	t	500	3	1500	3	1500	3	1500
DAP	qx	27	3	81	3	81	3	81
Ammonitre	qx	21	3	63	3	63	3	63
Potasse	qx	35	2	70	3	105	4	140
Fumier	t	15	20	300	25	375	30	450
Mécanisation	h	18	10	180	15	270	18	324
Produits Phyto	DT	1	60	60	100	100	150	150
Traction animal	j	10	4	40	4	40	4	40
Main d'oeuvre	j	4,5	40	180	50	225	60	270
Transport	t	5	11	55	13	65	15	75
Eau	m ³	0,06	2500	158	3000	189	4000	252
Total charges				2687		3013		3345
Produit PDT	t	300	11	3300	13	3900	15	4500
Marge Brute				613		887		1155

Source : CTV Brahmi et recoupement d'autres documents émanants de l'APIA, le CBB, l'OTD et le GIL

Annexe 5

Comparaison des emblavures avant et après validation

Cultures	1994					1995					1996					Moyenne				
	CTV ¹	R.M.I. ²	%	R.M.V. ³	%	CTV	R.M.I.	%	R.M.V.	%	CTV	R.M.I.	%	R.M.V.	%	CTV	R.M.I.	%	R.M.V.	%
	(ha)																			
Blé dur	2000	1796	90	1869	93	2000	1896	95	2140	107	2150	1977	92	2003	93	2050	1890	92	2004	98
Betterave	973	1074	110	999	103	960	1301	136	997	104	1018	1111	109	1194	117	984	1162	118	1063	108
PDT Saison	180	170	94	217	121	210	81	39	100	48	231	148	64	160	69	207	133	64	159	77
PDT Asaison	200	86	43	86	43	210	90	43	90	43	232	207	89	207	89	214	128	60	128	60
Total secteur	4593	4330	94	4330	94	4576	4654	102	4654	102	4917	4839	98	4839	98	4695	4609	98	4608	98

Comparaison des productions avant et après validation

Cultures	1994					1995					1996					Moyenne				
	CTV	R.M.I.	%	R.M.V.	%	CTV	R.M.I.	%	R.M.V.	%	CTV	R.M.I.	%	R.M.V.	%	CTV	R.M.I.	%	R.M.V.	%
	(tonne)																			
Blé dur	8200	7320	89	7700	94	8200	7540	92	8500	104	9030	4840	54	5000	55	8477	6567	77	7067	83
Betterave	48650	54900	113	52250	107	46080	67200	146	51120	111	49882	52500	105	59300	119	48204	58200	121	54220	112
PDT Saison	2520	3260	129	4018	159	3150	1250	40	1474	47	3696	2040	55	2250	61	3122	2183	70	2581	83
PDT Asaison	2600	950	37	950	37	2520	900	36	900	36	2784	2200	79	2200	79	2635	1350	51	1350	51

¹CTV : Données de la cellule territoriale de vulgarisation

²R.M.I. : Résultats du modèle initial

³R.M.V. : Résultats du modèle validé

Annexe 6

Marge Brute globale des exploitations enquêtées par hectare

(en DT)

Exp.	SAU	Tarif subventionné			Moyenne	Tarif complet			Moyenne	Déficit	%
		1994	1995	1996		1994	1995	1996			
A	2.4	307	471	592	460	224	393	533	386	75	16
B	6	3903	4275	4807	4315	3877	4251	4787	4292	24	1
C	7.5	618	1076	-1	692	562	1053	-21	662	31	4
D	9.5	733	527	-333	364	706	492	-347	336	28	8
E	9.8	3524	2818	2912	3018	3466	2795	2881	2984	34	1
F	10	4175	4224	2777	3850	4037	4116	2712	3745	105	3
G	10	555	385	265	398	487	350	235	356	42	11
H	10	1739	1662	1597	1665	1686	1625	1571	1627	38	2
I	10.5	905	624	762	729	883	600	754	709	20	3
J	14	2450	2666	2761	2636	2338	2612	2723	2571	65	2
K	14	3100	2094	2495	2446	3022	2066	2456	2403	43	2
L	15	820	641	414	629	689	653	480	619	10	2
M	19.5	915	1446	914	1180	985	909	773	894	286	24
N	20	974	529	-10	506	924	484	-27	466	39	8
O	23	659	741	-64	519	611	718	-88	490	30	6
P	23.5	546	784	901	754	473	748	876	711	43	6
Q	25	781	950	450	783	704	887	436	729	54	7
R	31	1096	804	454	790	1082	784	446	774	16	2
S	32	281	-50	-994	-203	275	-63	-1004	-214	11	5
T	32	896	351	868	617	886	335	859	604	13	2
U	48	421	426	705	495	367	377	682	451	44	9
V	49.5	456	287	196	307	408	239	176	266	41	13
W	70	763	824	569	745	719	796	558	717	28	4
X	70.5	782	770	632	739	767	755	624	725	13	2
Y	100	697	669	493	632	621	627	466	585	47	7

Sources : Nos calculs

Annexe 7

Revenu agricole des exploitations enquêtées par hectare

(en DT)

Exp.	SAU	Tarif subventionné			Moyenne	Tarif complet			Moyenne	Déficit	%
		1994	1995	1996		1994	1995	1996			
A	2.4	36	201	321	190	-46	122	263	115	75	39
B	6	3537	3909	4428	3946	3511	3885	4408	3922	24	1
C	7.5	376	834	-234	453	320	811	-263	420	33	7
D	9.5	656	316	-547	185	629	282	-561	158	27	15
E	9.8	1999	1301	1309	1478	1941	1277	1277	1443	35	2
F	10	3564	3612	2166	3239	3426	3505	2101	3134	104	3
G	10	466	310	206	323	398	275	176	281	42	13
H	10	1239	1162	1097	1165	1187	1125	1071	1127	38	3
I	10.5	700	420	548	522	679	396	541	503	19	4
J	14	735	951	1082	930	623	897	1044	865	65	7
K	14	1863	858	1646	1306	1786	830	1607	1263	43	3
L	15	603	404	177	397	472	416	244	387	10	3
M	19.5	865	775	635	763	816	737	612	726	37	5
N	20	380	-65	-605	-89	330	-110	-622	-128	39	44
O	23	305	339	-491	123	256	315	-515	93	30	25
P	23.5	246	481	595	451	173	445	569	408	43	9
Q	25	561	728	228	561	484	665	214	507	54	10
R	31	745	452	102	438	731	432	94	422	16	4
S	32	210	-128	-1098	-286	204	-142	-1107	-297	11	4
T	32	572	19	536	287	562	3	528	274	13	4
U	48	185	185	83	118	239	234	50	164	46	39
V	49.5	227	21	-83	46	179	-26	-103	6	40	87
W	70	465	505	239	429	421	476	229	401	28	7
X	70.5	601	589	455	559	586	574	447	545	13	2
Y	100	180	161	15	129	104	120	-11	83	46	36

Sources : Nos calculs

Annexe 8

Evolution des emblavures selon le scénario adopté

(en ha)

Scénario	Blé dur	Betterave à sucre	P. de terre de saison	P. de terre A. saison	P. pois de saison
Résolution avec betterave	2014	1021	175	170	291
Variante 1	2014	0	175	237	1312
Variante 2	2272	0	175	237	1054
Variante 3	2525	0	175	237	801
Variante 4	2772	0	175	237	554
Variante 5	3035	0	175	237	291

Annexe 9

Evolution de la production selon les scénarios et les niveaux d'intensification
(Année A)

(en tonne)

Scénario	Niveau I					Niveau II					Niveau III				
	Bld ⁴	Bet. ⁵	PDTs ⁶	PDTA ⁷	PPS ⁸	Bld	Bet.	PDTs	PDTA	PPS	Bld	Bet.	PDTs	PDTA	PPS
Résolution betterave	8307	52969	3054	1824	333	8307	6069 3	3054	1824	333	8307	6621 1	3054	1824	333
Variante 1	8307	0	3054	2525	1477	1168 1	0	3435	2984	1477	1427 7	0	3817	3443	1477
Variante 2	9375	0	3054	2525	1190	1318 4	0	3435	2984	1190	1611 4	0	3817	3443	1190
Variante 3	10428	0	3054	2525	903	1466 5	0	3435	2984	903	1792 4	0	3817	3443	903
Variante 4	11446	0	3054	2525	628	1609 6	0	3435	2984	628	1967 3	0	3817	3443	628
Variante 5	12540	0	3054	2525	333	1763 5	0	3435	2984	333	2155 3	0	3817	3443	333

⁴Bld : Production du blé dur

⁵Bet.: Production de la betterave à sucre

⁶PDTs: Production de la pomme de terre de saison

⁷PDTA: Production de la pomme de terre d'arrière saison

⁸PPS: Production du petit pois de saison

Annexe 10

Evolution de la production selon les scénarios et les niveaux d'intensification
(Année B)

(en tonne)

Scénario	Niveau I					Niveau II					Niveau III				
	Bld ⁹	Bet. ¹⁰	PDTs ¹¹	PDtA ¹²	PPS ¹³	Bld	Bet.	PDTs	PDtA	PPS	Bld	Bet.	PDTs	PDtA	PPS
Résolution betterave	8023	52964	2647	1697	311	8023	60688	2647	1697	311	8023	66205	2647	1697	311
Variante 1	8023	0	2647	2360	1419	11282	0	2977	2789	1419	13789	0	3308	3218	1419
Variante 2	9062	0	2647	2360	1141	12744	0	2977	2789	1141	15576	0	3308	3218	1141
Variante 3	10085	0	2647	2360	863	14183	0	2977	2789	863	17335	0	3308	3218	863
Variante 4	11075	0	2647	2360	598	15575	0	2977	2789	598	19036	0	3308	3218	598
Variante 5	12140	0	2647	2360	311	17072	0	2977	2789	311	20866	0	3308	3218	311

⁹Bld : Production du blé dur
¹⁰Bet.: Production de la betterave à sucre
¹¹PDTs: Production de la pomme de terre de saison
¹²PDtA: Production de la pomme de terre d'arrière saison
¹³PPS: Production du petit pois de saison

Annexe 11

Evolution de la production selon les scénarios et les niveaux d'intensification
(Année C)

(en tonne)

Scénario	Niveau I					Niveau II					Niveau III				
	Bld ¹⁴	Bet ¹⁵	PDTs ¹⁶	PDtA ¹⁷	PPS ¹⁸	Bld	Bet.	PDTs	PDtA	PPS	Bld	Bet.	PDTs	PDtA	PPS
Avec betterave	5000	48576	2528	1757	116	5000	5566 0	2528	1757	116	5000	6072 0	2528	1757	116
Variante 1	5000	0	2528	2400	573	7032	0	2845	2836	573	8594	0	3161	3272	573
Variante 2	5639	0	2528	2400	458	7930	0	2845	2836	458	9693	0	3161	3272	458
Variante 3	6272	0	2528	2400	343	8820	0	2845	2836	343	1078 0	0	3161	3272	343
Variante 4	6891	0	2528	2400	237	9691	0	2845	2836	237	1184 4	0	3161	3272	237
Variante 5	7539	0	2528	2400	116	1060 1	0	2845	2836	116	1295 7	0	3161	3272	116

¹⁴Bld : Production du blé dur
¹⁵Bet.: Production de la betterave à sucre
¹⁶PDTs: Production de la pomme de terre de saison
¹⁷PDtA: Production de la pomme de terre d'arrière saison
¹⁸PPS: Production du petit pois de saison

Annexe 12

Sensibilité des scénarios aux variations des prix
Solde courant en 1000 DT
(Année A)

Augmentation du prix de la betterave à sucre				Diminution du prix du petit pois de saison											
				Variante 1			Variante 2			Variante 3			Variante 4		
%	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
0	5625	5728	5793	5894	6527	6904	5777	6484	6900	5655	6434	6889	5542	6391	6883
5	5731	5850	5925	5761	6395	6771	5670	6377	6793	5574	6353	6807	5486	6334	6826
10	5837	5971	6057	5628	6262	6638	5563	6270	6686	5493	6272	6726	5429	6278	6770
15	5943	6093	6190	5495	6129	6505	5456	6163	6579	5411	6190	6645	5372	6221	6713
20	6049	6214	6322	5362	5996	6372	5349	6056	6471	5330	6109	6563	5316	6165	6656
25	6155	6335	6455	5229	5863	6239	5242	5949	6364	5249	6028	6482	5259	6108	6600
30	6261	6457	6587	5096	5730	6106	5135	5842	6257	5167	5946	6401	5203	6051	6543
35	6367	6578	6720	4963	5597	5973	5028	5735	6150	5086	5865	6319	5146	5995	6487
40	6473	6699	6852	4830	5464	5840	4920	5627	6043	5005	5784	6238	5089	5938	6430
45	6578	6821	6984	4697	5331	5707	4813	5520	5936	4923	5702	6157	5033	5882	6373
50	6684	6942	7117	4564	5198	5574	4706	5413	5829	4842	5621	6075	4976	5825	6317
55	6790	7064	7249	4431	5065	5441	4599	5306	5722	4761	5540	5994	4920	5769	6260
60	6896	7185	7382	4298	4932	5309	4492	5199	5614	4679	5458	5913	4863	5712	6204
65	7002	7306	7514	4165	4799	5176	4385	5092	5507	4598	5377	5831	4807	5655	6147
70	7108	7428	7647	4033	4666	5043	4278	4985	5400	4517	5296	5750	4705	5599	6091
75	7214	7549	7779	3900	4533	4910	4171	4878	5293	4435	5215	5669	4693	5542	6034

Annexe 13

Sensibilité des scénarios aux variations des prix
Solde courant en 1000 DT
(Année B)

Augmentation du prix de la betterave à sucre				Diminution du prix du petit pois de saison											
				Variante 1			Variante 2			Variante 3			Variante 4		
%	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
0	5581	5718	5810	5741	6366	6746	5629	6328	6749	5511	6282	6743	5403	6245	6745
5	5686	5839	5943	5613	6239	6618	5527	6226	6649	5433	6205	6665	5349	6191	6691
10	5792	5961	6075	5486	6111	6490	5424	6123	6543	5355	6127	6588	5295	6137	6637
15	5898	6082	6208	5358	5983	6362	5321	6020	6440	5278	6049	6510	5241	6083	6583
20	6004	6203	6340	5230	5855	6234	5218	5917	6337	5200	5971	6432	5187	6029	6529
25	6110	6325	6472	5102	5728	6107	5116	5814	6235	5122	5894	6354	5134	5976	6476
30	6216	6446	6605	4975	5600	5979	5013	5712	6132	5044	5816	6277	5080	5922	6422
35	6322	6567	6737	4847	5472	5851	4910	5609	6029	4967	5738	6199	5026	5868	6368
40	6428	6689	6870	4719	5344	5723	4807	5506	5926	4889	5660	6121	4972	5814	6314
45	6534	6810	7002	4591	5216	5596	4705	5403	5824	4811	5583	6044	4918	5760	6260
50	6640	6932	7134	4464	5089	5468	4602	5301	5721	4733	5505	5966	4865	5706	6206
55	6746	7053	7267	4336	4961	5340	4499	5198	5618	4656	5427	5888	4811	5653	6153
60	6852	7174	7399	4208	4833	5212	4396	5095	5515	4578	5350	5810	4757	5599	6099
65	6958	7296	7532	4080	4705	5085	4293	4992	5413	4500	5272	5733	4703	5545	6045
70	7064	7417	7664	3953	4578	4957	4191	4890	5310	4422	5194	5655	4649	5491	5991
75	7169	7538	7796	3825	4450	4829	4088	4787	5207	4345	5116	5577	4595	5437	5937

Annexe 14

Calcul des coefficients des rendements et des doses d'irrigation par rapport à la moyenne pondérée de l'échantillon
Blé dur

Exploitation		1994				1995				1996				Moyenne pondérée			
Type	SAU (ha)	Irrig. ¹⁹	%	Rdt. ²⁰	%	Irrig.	%	Rdt.	%	Irrig.	%	Rdt.	%	Irrig.	%	Rdt.	%
A	2,4	1200	136	40	127	900	102	50	158	0	0	45	143	700	79	45	143
B	6	1200	136	50	158	1200	136	45	143	0	0	27	86	933	106	43	135
C	7,5	2000	227	47	149	2400	272	45	143	0	0	20	63	1263	143	35	111
D	9,5	1200	136	45	143	900	102	30	95	0	0	20	63	607	69	29	92
E	9,8	1200	136	50	158	1500	170	40	127	0	0	15	48	900	102	35	111
F	10	1200	136	55	174	900	102	50	158	600	68	50	158	863	98	51	163
G	10	3000	340	30	95	2400	272	25	79	1000	113	35	111	2144	243	30	94
H	10	900	102	40	127	900	102	50	158	0	0	2	6	623	71	32	102
I	10,5	800	91	30	95	1200	136	40	127	0	0	10	32	667	76	27	84
J	14	2400	272	45	143	2400	272	45	143	400	45	15	48	1733	196	35	111
K	14					1600	181	40	127					1600	181	40	127
L	15	1600	181	45	143	1600	181	45	143	400	45	40	127	1218	138	43	138
M	19,5	1200	136	35	111	1600	181	35	111	0	0	30	95	933	106	33	106
N	20	2400	272	60	190	2400	272	50	158	0	0	25	79	1600	181	45	143
O	23	900	102	50	158	900	102	50	158	0	0	15	48	529	60	36	113
P	23,5	6000	680	45	143	6600	748	50	158	1800	204	33	105	5707	647	46	145
Q	25	800	91	40	127	800	91	45	143	0	0	20	63	558	63	36	114
R	31	600	68	45	143	900	102	40	127	300	34	30	95	569	64	38	120
S	32	600	68	35	111	300	34	30	95	0	0	10	32	312	35	25	80
T	32					900	102	25	79	0	0	35	111	338	38	31	99
U	48	1200	136	25	79	1200	136	22	70	300	34	15	48	895	101	21	65
V	49,5	1200	136	30	95	2000	227	30	95	0	0	20	63	1123	127	27	86
W	70	300	34	42	133	300	34	42	133	0	0	30	95	200	23	38	120
X	70,5	800	91	40	127	800	91	35	111	0	0	10	32	484	55	27	84
Y	100	1500	170	30	95	1500	170	35	111	0	0	20	63	968	110	28	88
Moyenne pondérée.		1215	138	37	117	1394	158	37	116	95	11	22	69	882	100	32	100

¹⁹Irrig : Dose d'irrigation en m³/ha

²⁰Rdt. : Rendement en q/ha

96

Annexe 15

Calcul des coefficients des rendements et des doses d'irrigation par rapport à la moyenne pondérée de l'échantillon
Betterave à sucre

Exploitation		1994				1995				1996				Moyenne pondérée			
Type	SAU (ha)	Irrig. ²¹	%	Rdt. ²²	%	Irrig.	%	Rdt.	%	Irrig.	%	Rdt.	%	Irrig.	%	Rdt.	%
A	2,4	2400	63	60	126	2000	53	50	105	1200	32	52	109	1882	50	54	112
B	6	2000	53	55	115	2400	63	72	151	800	21	58	121	1733	46	62	129
C	7,5	3000	79	40	84	3000	79	50	105	600	16	20	42	2280	60	38	80
D	9,5	3000	79	50	105	3900	103	45	94	2100	56	35	73	3106	82	43	89
E	9,8	1800	48	55	115	1800	48	60	126	600	16	70	146	1400	37	62	129
F	10	8000	212	70	146	8000	212	70	146	6000	159	65	136	7294	193	68	143
G	10	5000	132	45	94	5000	132	43	90	2400	63	39	82	4133	109	42	89
H	10	1800	48	50	105	2400	63	40	84	1800	48	55	115	2000	53	48	101
I	10,5	1200	32	65	136	4500	119	55	115	0	0	50	105	1900	50	57	119
J	14	8000	212	50	105	8000	212	50	105	4000	106	30	63	6667	176	43	91
K	14	4400	116	35	73	4800	127	40	84	2000	53	40	84	3671	97	38	80
L	15	2000	53	60	126	2000	53	55	115	1600	42	20	42	1867	49	45	94
M	19,5	2400	63	45	94	2400	63	45	94	1000	26	20	42	1933	51	37	77
N	20	5600	148	63	132	5600	148	48	100	2000	53	27	56	4400	116	46	96
O	23	9000	238	50	105	9000	238	50	105	4500	119	25	52	7833	207	44	91
P	23,5	4000	106	45	94	4800	127	40	84	3200	85	38	80	3972	105	41	85
Q	25	9000	238	60	126	9000	238	55	115	1200	32	45	94	6400	169	53	112
R	31	1500	40	75	157	2400	63	72	151	900	24	58	121	1650	44	69	145
S	32	600	16	0	0	400	11	40	84	300	8	4	8	450	12	13	28
T	32	2400	63	45	94	2400	63	43	90	800	21	39	82	1843	49	42	88
U	48	1200	32	51	107	1200	32	51	107	1200	32	50	105	1200	32	51	106
V	49,5	9000	238	49	103	9000	238	45	94	4800	127	49	103	7482	198	48	100
W	70	2400	63	50	105	2400	63	40	84	600	16	48	100	1800	48	46	96
X	70,5	1600	42	40	84	1600	42	50	105	800	21	50	105	1336	35	47	98
Y	100	6000	159	50	105	6800	180	52	109	6800	180	55	115	6553	173	52	109
Moyenne pondérée		4059	107	49	103	4613	122	50	104	2571	68	45	93	3782	100	48	100

²¹Irrig : Dose d'irrigation en m³/ha

²²Rdt. : Rendement en tonne/ha

97

Annexe 16

Calcul des coefficients des rendements et des doses d'irrigation par rapport à la moyenne pondérée de l'échantillon

Pomme de terre de saison

Exploitation		1994				1995				1996				Moyenne pondérée			
Type	SAU (ha)	Irrig. ²³	%	Rdt. ²⁴	%	Irrig.	%	Rdt.	%	Irrig.	%	Rdt.	%	Irrig.	%	Rdt.	%
A	2,4																
B	6	1600	98	15	92	1600	98	12	74	400	25	18	110	1000	61	16	97
C	7,5																
D	9,5																
E	9,8																
F	10	4500	276	36	221	4500	276	36	221					4500	276	36	221
G	10																
H	10	900	55	15	92					900	55	18	110	900	55	17	101
I	10,5	1500	92	10	61	1500	92	10	61	1200	74	12	74	1425	87	11	64
J	14									2400	147	9	55	2400	147	9	55
K	14	3000	184	18	110	3000	184	16	98	2000	123	8	49	2625	161	14	84
L	15	1600	98	12	74	1600	98	10	61	400	25	10	61	1200	74	11	65
M	19,5	1200	74	18	110	1200	74	18	110	400	25	21	129	800	49	20	120
N	20	2800	172	17	104	2800	172	17	104	2800	172	9	55	2800	172	14	88
O	23																
P	23,5																
Q	25									3000	184	10	61	3000	184	10	61
R	31																
S	32	300	18	12	74	300	18	9	55	0	0	0	0	167	10	6	35
T	32																
U	48	1200	74	15	92	1200	74	15	92	400	25	24	147	892	55	18	113
V	49,5									1200	74	10	61	1200	74	10	61
W	70									0	0	0	0		0	0	0
X	70,5	800	49	18	110									800	49	18	110
Y	100	2800	172	25	153									2800	172	25	153
Moyenne pondérée		1929	118	20	120	1870	115	16	96	1126	69	13	78	1632	100	16	100

²³Irrig : Dose d'irrigation en m³/ha
²⁴Rdt. : Rendement en tonne/ha

Annexe 17

Calcul des coefficients des rendements et des doses d'irrigation par rapport à la moyenne pondérée de l'échantillon

Pomme de terre d'arrière saison

Exploitation		1994				1995				1996				Moyenne pondérée			
Type	SAU (ha)	Irrig. ²⁵	%	Rdt. ²⁶	%	Irrig.	%	Rdt.	%	Irrig.	%	Rdt.	%	Irrig.	%	Rdt.	%
A	2,4																
B	6	1600	63	10	88	1600	63	9	79	1600	63	12	106	1600	63	11	98
C	7,5																
D	9,5																
E	9,8									1200	47	6	53	1200	47	6	53
F	10	5100	201	14	123	5100	201	13	115	5100	201	16	141	5100	201	14	126
G	10																
H	10					1500	59	10	88	1500	59	12	106	1500	59	11	97
I	10,5	1200	47	10	88	1200	47	10	88	1200	47	12	106	1200	47	11	95
J	14																
K	14	2400	95	12	106	2400	95	10	88					2400	95	11	97
L	15	1600	63	9	79	1600	63	7	62	1600	63	10	88	1600	63	9	78
M	19,5														0	0	0
N	20	2700	106	10	88	2700	106	8	70	2700	106	10	88	2700	106	10	84
O	23																
P	23,5																
Q	25																
R	31																
S	32																
T	32																
U	48	1200	47	10	88	1200	47	10	88	0	0	12	106	686	27	11	96
V	49,5																
W	70																
X	70,5																
Y	100																
Moyenne pondérée		2785	110	11	98	2721	107	11	92	2169	85	12	108	2538	100	11	100

²⁵Irrig : Dose d'irrigation en m³/ha
²⁶Rdt. : Rendement en tonne/ha

Annexe 18 **Calcul des coefficients des rendements et des doses d'irrigation par rapport à la moyenne pondérée de l'échantillon** **Petit pois de saison**

Exploitation		1994			1995			1996			Moyenne pondérée		
Type	SAU (ha)	Irrig. ²⁷	%	Rdt. ²⁸	%	Irrig.	%	Rdt.	%	Irrig.	%	Rdt.	%
A	2,4	900	111	6	68				0	200	25	4	46
B	6												
C	7,5					2000	246	10	114				
D	9,5	600	74	15	171					600	74	0	0
E	9,8	600	74	12	137	600	74	12	137	0	0	4	46
F	10												
G	10	900	111	8	91	900	111	0	0	900	111	4	46
H	10					1200	148	8	91				
I	10,5	600	74	8	91	600	74	6	68				
J	14												
K	14												
L	15	1200	148	9	103	1200	148	8	91	0	0	6	68
M	19,5	1200	148	16	182	1200	148	15	171	0	0	0	0
N	20	1500	185	20	228	1500	185	20	228	0	0	20	228
O	23												
P	23,5	3000	369	20	228	3000	369	22	251	1000	123	26	296
Q	25	1500	185	8	91					0	0	2	23
R	31	300	37	5	57	600	74	4	46	0	0	3	34
S	32					600	74	6	68				
T	32					300	37	12	137				
U	48					800	99	7	80				
V	49,5	1200	148	4	46	1600	197	5	57	600	74	2	23
W	70	900	111	30	342	900	111	30	342	0	0	0	0
X	70,5	400	49	10	114	400	49	8	91	0	0	2	23
Y	100									0	0	0	0
Moyenne pondérée		1313	162	13	152	957	118	10	112	254	31	4	45
										812	100		
												9	100

²⁷Irrig : Dose d'irrigation en m³/ha
²⁸Rdt. : Rendement en q/ha

100

Annexe 19 **Calcul des coefficients des rendements et des doses d'irrigation par rapport à la moyenne pondérée de l'échantillon** **Petit pois d'arrière saison**

Exploitation		1994			1995			1996			Moyenne pondérée		
Type	SAU (ha)	Irrig. ²⁹	%	Rdt. ³⁰	%	Irrig.	%	Rdt.	%	Irrig.	%	Rdt.	%
A	2,4												
B	6												
C	7,5												
D	9,5												
E	9,8												
F	10									900	62	2	72
G	10	1200	82	4	144	1200	82	4	144	1200	82	3	94
H	10												
I	10,5	600	41	2	72	600	41	2	72	300	21	3	90
J	14												
K	14												
L	15	1600	109	3	122	1600	109	3	122	1600	109	3	118
M	19,5									1200	82	3	122
N	20	2700	185	4	144	2700	185	2	54	2700	185	3	102
O	23												
P	23,5												
Q	25	2000	137	3	90	2000	137	3	90	2000	137	2	82
R	31												
S	32												
T	32												
U	48					1500	103	3	90	1500	103	3	90
V	49,5												
W	70												
X	70,5												
Y	100												
Moyenne pondérée		1518	104	3	110	1514	104	3	96	1389	95	3	97
										1462	100		
												3	100

²⁹Irrig : Dose d'irrigation en m³/ha
³⁰Rdt. : Rendement en tonne/ha

101

Annexe 20

Pluviométrie mensuelle de la région en mm

Campagne	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil	Aout	TOT	%	Type
1963-64	97,6	34	9	81	96,3	59	24	5	32	37	0	43	517,9	105	
1964-65	3	78,8	13,4	9,2	98,3	87,2	41,5	6,6	7,6	1,5	0	3,4	350,5	71	B
1965-66	40,5	14,5	16,7	68	16,6	2,6	68,4	48,3	28,4	14,6	0	0	318,5	65	B
1966-67	12	26,5	38,5	82	19,3	31,3	59,4	23,5	19,7	0	0	14,8	327,1	67	B
1967-68	11,3	3,6	18,2	56	123	31,8	12,2	27	7,8	36,1	0	0	326,5	67	B
1968-69	2,5	8	43,1	85	87,4	49,1	35,1	40,2	8,8	0,8	4,8	0	365,2	74	B
1969-70	66,5	184	10,1	134	39,5	42	35,4	39,5	46	1,5	0	1	599,8	122	C
1970-71	7,4	38,6	2,7	68	89,1	106,7	36,8	50,6	53,9	7	0	0	460,7	94	A
1971-72	85,2	102	9,3	20	60,3	66,1	45	70,9	19,3	23,9	0	0	501,1	102	A
1972-73	114	93,8	2,5	47	107	67,3	183	30,3	0	26,2	0	8,1	679,2	138	C
1973-74	15,3	55,6	7,8	56	3,6	63	41,1	53,2	4,9	7,5	0	0	307,9	63	A
1974-75	46,7	51,6	76,8	24	13	100,9	15,2	20	44	0,8	0	3,9	396,5	81	B
1975-76	16,3	4,8	98,7	24	37,6	28,3	56,7	34,1	51,5	100	0	26,7	479,3	98	B
1976-77	33,7	63,3	79,5	38	44,4	11,7	25,1	60,1	36,3	9,6	1,1	21,7	424,6	86	B
1977-78	22,2	5,7	79,2	14	63,4	67,9	50,8	66,1	32,7	13,4	0	0	415,6	85	B
1978-79	1,2	24,9	46,2	23	41,9	68,1	31	71,2	14,4	27,9	0,5	4	354,5	72	B
1979-80	84,9	28,1	94,4	6,4	30,3	41,3	54,6	43,4	27,4	2,9	0	3,3	417	85	B
1980-81	41,6	36,2	71,6	115	59,2	36,9	28,5	34,8	12,3	25	0,2	5,4	466,3	95	B
1981-82	21,6	35,5	117	99	66,8	82,8	109	112	54,3	0	0	11	709	144	C
1982-83	90,5	57	145	152	30,8	6	53,9	3,5	19,8	56	0	1,8	616,5	126	C
1983-84	26,5	34,2	64,1	87	90,2	127,5	87,5	22,1	2,5	14,5	0	2,5	558,1	114	A
1984-85	40	28,1	33,5	156	107	66,5	47,3	29,7	26,3	0	0	0	534,7	109	B
1985-86	13,9	12	24,5	39	123	85	70,5	33,5	21,5	20	18	0	460,2	94	A
1986-87	33,5	58	54	121	136	112,3	124	67,5	44	2	1,2	4,5	757	154	C
1987-88	12	34,5	55	26	88	56,5	131	14,3	11,5	35,5	11	0	475,3	97	A
1988-89	15,5	14,5	28	69	23	54	31	72,5	23	21	13,5	13	377,5	77	B
1989-90	29,5	77	34,5	27	54,7	6	26,5	49	35	5	6	14	363,7	74	B
1990-91	0	37	122	199	46,5	112	94	60,5	19	7	0	11,5	708,5	144	C
1991-92	74,5	77,5	67,5	61	31	74,5	65	106	99,5	20,5	22	7	705,5	144	C
1992-93	15	73,5	67	117	55,5	68	76,5	8	30,5	0	1	0	512	104	A
1993-94	17	27	2,5	63	94	128,5	1,5	35	20,5	2	0	0	391	80	A
1994-95	22,5	80	19	59	143	7	81,5	15,5	0,5	46,5	2,5	35,5	512	104	B
1995-96	95	9	80	43	64,5	194,5	66	122	87,5	38	2,5	10	812	165	C
Moyenne	36,6	45,7	49,4	68,7	66,2	64,9	57,8	44,7	28,6	18,3	2,6	7,5	490,9	100	

Source : DGRE, Arrondissement bousalem (Station Brahmi à partir de la campagne 1981/82)

Annexe 21

Liste des prix à la production

(en DT)

Désignation	Unité	Prix unitaire
Ail	tonne	600
Avoine	quintal	25
Betterave à sucre	tonne	40
Blé dur	quintal	28,5
Blé tendre	quintal	25
Fève	quintal	70
Fenugrec	quintal	50
Foin	balle	2,5
Fumier	tonne	15
Lait	litre	0,355
Oignon d'été	tonne	150
Oignon vert	tonne	200
Orge	quintal	17
Paille	balle	1
Petit pois de saison	quintal	180
Petit pois d'arrière saison	quintal	600
Piment	tonne	250
Pomme de terre de saison	tonne	250
Pomme de terre d'arrière saison	tonne	300
Pois-chiche	quintal	100
Pulpe de betterave	tonne	7
Tabac	tonne	900
Tomate	tonne	120
Viande jeune	kilogramme	4
Viande réforme	kilogramme	1,5

Liste des prix des intrants

(en DT)

Désignation	Unité	Prix unitaire
Tarif subventionné de l'eau (1996)	m ³	0,063
Tarif complet de l'eau (1996)	m ³	0,081
Ammonitre	quintal	21
DAP	quintal	27
Concentré	tonne	247
Fumier	tonne	15
Main d'oeuvre occasionnelle	jour	4,5
Mise meule	balle	0,1
Potasse	quintal	35
Plant piment	unité	0,015
Plant tomate	unité	0,015
Semence ail	tonne	1200
Semence avoine	quintal	35
Semence betterave à sucre	unité	130
Semence bersim	quintal	150
Semence blé dur	quintal	42,42
Semence blé tendre	quintal	37,75
Semence fève	quintal	120
Semence funegrec	quintal	50
Semence luzerne	quintal	360
Semence oignon d'été	kilogramme	60
Semence oignon vert	tonne	250
Semence orge	quintal	28,3
Semence petit pois de saison	quintal	230
Semence petit pois d'arrière saison	quintal	200
Semence pomme de terre de saison	tonne	800
Semence pomme de terre d'arrière saison	tonne	500
Semence pois-chiche	quintal	120
Semence ray gras	quintal	240
Semence sorgho	quintal	130
Semence tritical	quintal	25
Semence vesce	quintal	25
Traction animale	jour	10

Liste des prix pour les travaux mécaniques

(en DT)

Désignation	Unité	Prix unitaire
Binage	heure	18 (16)
Biollonage	heure	16
Ensileuse	heure	20
Epandage engrais	heure	11
Fauchage	heure	17
Hersage	heure	16 (14)
Labour	heure	18,5 (18)
Pulvérisation	heure	17 (14)
Pressage	balle	0,350
Recroisement	heure	18,5 (18)
Recolte avec moissonneuse-batteuse	heure	45
Recolte betterave à sucre	hectare	130
Roulage	heure	17 (14)
Semis	heure	20 (15)
Transport	tonne (ha)	5 (10)

(...) Tarif préférentiel pour la culture de la betterave à sucre

Annexe 22

Enchaînement des fonctions du programme

Cette partie se trouve sur l'original du texte à l'Institut agronomique méditerranéen à Montpellier

NB: Les tableaux et les chiffres sont à titre indicatif

Liste des abréviations

APIA	: Agence de Promotion des Investissements Agricoles
ARAPPI	: Agence de Réforme Agraire des Périmètres publics irrigués
AVFA	: Agence de Vulgarisation et de Formation agricole
CBB	: Centre Betteravier de Boussalem
CNEA	: Centre National d' Etudes Agricoles
COCEBLE	: Coopérative Centrale du Blé
CTV	: Cellule Territoriale de Vulgarisation
CRDA	: Centre Régional de Développement Agricole
CST	: Complexe Sucrier Tunisien
DGRE	: Direction Générale des Ressources en Eau
DGEGTH	: Direction Générale des Etudes des Grands Travaux Hydraulique
DGGR	: Direction Générale du Génie Rural
DGPDIA	: Direction Générale de Planification et de Développement des Investissements Agricoles
DT	: Dinar Tunisien
GIL	: Groupement Interprofessionnel des Légumes
LAINO	: Société du Lait du Nord
MA	: Ministère de l'Agriculture
OEP	: Office d'Elevage et du Pâturage
OMC	: Organisation Mondiale du Commerce
OMVVM	: Office de Mise en Valeur de la Vallée Madjerda
OTD	: Office des Terres Domaniales
PASA	: Programme d'Ajustement Structurel Agricole
PPI	: Périmètre public irrigué
SMVDA	: Société de Mise en Valeur et de Développement Agricole
STEC	: Société Tunisienne des Engrais Chimiques
SAU	: Superficie Agricole Utile
UZB	: Unité Zootechnique Bétail

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE

Questionnaire d'enquête

PPI BOUHEURTMA : Secteur II Décembre, 1996

L'EXPLOITANT

- * Nom et prénom : Age : ans
- * Sexe : ☐ Masculin
☐ Féminin
- * Situation matrimoniale : ☐ Célibataire
☐ Marié
☐ Autre
- * Nombre d'enfants : Ages :
- * Niveau d'instruction : ☐ Analphabète
☐ Kutteb /Primaire
☐ Secondaire
☐ Supérieur
- * Formation agricole : ☐ Oui ☐ Non
Si oui Nature de formation :
- * Avez vous d'autres activités ? ☐ Oui ☐ Non
Si oui

Désignation	Période dans l'année	Revenu par an

- * Résidence
- Lieu :
- Distance/ l'exploitation : km
- Distance de la route goudronnée : km
- Moyen de transport :

L'EXPLOITATION :

* Date d'installation :

* SAT.....ha • SAU.....ha • Sec.....ha • Irrigable.....ha

* Nombre de parcelles :

* Structure foncière de l'exploitation et occupation du sol

Lot	Parcelle	Superficie (ha)	Occupation du sol		
			1994	1995	1996

* Type de sol :
.....
.....* Mode de faire valoir : ☐ Direct
☐ Indirect

Mode	Superficie (ha)	Valeur

AMENAGEMENTS ET INSTALLATIONS :

* Batiments

Désignation	Date de création	Coût. d'investissement (DT)

* Brise-vent : ☐ Oui
☐ NonSi oui Date de création..... Nbre d'arbres..... Espèce.....
Coût total..... Superficie protégée.....ha* Pistes agricoles : ☐ Oui
☐ NonSi oui Date de création..... Longueur..... Coût total.....
Autres installations..... Date de création..... Coût total.....
Observations.....**EQUIPEMENTS :**

Désignation	Caractéristique	Date d'acquisition	Coût d'achat	Etat

CHEPTTEL :* Avez vous un cheptel ? ☐ Oui
☐ Non

Si oui lequel ?

☐ Bovin

Capacité étable.....

Catégorie	Effectif			Achat			Vente		
	94	95	96	94	95	96	94	95	96
Vaches									
Génisses									
Veaux									
Velles									
Taurillons									
Taureaux									

☐ Ovin

Capacité bergerie.....

Catégorie	Effectif			Achat			Vente		
	94	95	96	94	95	96	94	95	96
Brebis									
Béliers									
Antenais									
Antenaises									
Agneaux									
Agnelles									

☐ Autres

Désignation	Taille	Revenu net par an

OCCUPATION DU SOL :* Est ce que vous utilisez la jachère dans votre assolement ? ☐ Oui☐ NonSi oui pourquoi ?
.....
.....

* L'assolement pratiqué est-il celui préconisé par les techniciens conseillés ?

☐ Oui
☐ NonSi non Pourquoi?
.....
.....* Cultivez vous une partie de votre exploitation en sec ? ☐ Oui☐ Non

Si oui pour quelle ?

- ☐ Manque de main-d'oeuvre
☐ Pour éviter la consommation en eau
☐ Ces cultures ne demandent pas une présence permanente
☐ Autres

* Quelles est l'occupation du sol durant les trois dernières campagnes ?

L'EXPLOITATION :

* Date d'installation :

* SAT.....ha • SAU.....ha • Sec.....ha • Irrigable.....ha

* Nombre de parcelles :

* Structure foncière de l'exploitation et occupation du sol

Lot	Parcelle	Superficie (ha)	Occupation du sol		
			1994	1995	1996

* Type de sol :
.....
.....* Mode de faire valoir : ☐ Direct
☐ Indirect

Mode	Superficie (ha)	Valeur

AMENAGEMENTS ET INSTALLATIONS :

* Batiments

Désignation	Date de création	Coût. d'investissement (DT)

* Brise-vent : ☐ Oui
☐ NonSi oui Date de création..... Nbre d'arbres..... Espèce.....
Coût total..... Superficie protégée.....ha* Pistes agricoles : ☐ Oui
☐ NonSi oui Date de création..... Longueur..... Coût total.....
Autres installations..... Date de création..... Coût total.....
Observations.....**EQUIPEMENTS :**

Désignation	Caractéristique	Date d'acquisition	Coût d'achat	Etat

CHEPTEL :* Avez vous un cheptel ? ☐ Oui
☐ Non

Si oui lequel ?

☐ Bovin

Capacité étable.....

Catégorie	Effectif			Achat			Vente		
	94	95	96	94	95	96	94	95	96
Vaches									
Génisses									
Veaux									
Velles									
Taurillons									
Taureaux									

☐ Ovin

Capacité bergerie.....

Catégorie	Effectif			Achat			Vente		
	94	95	96	94	95	96	94	95	96
Brebis									
Béliers									
Antenais									
Antenaises									
Agneaux									
Agnelles									

☐ Autres

Désignation	Taille	Revenu net par an

OCCUPATION DU SOL :* Est ce que vous utilisez la jachère dans votre assolement ? ☐ Oui☐ NonSi oui pourquoi ?
.....
.....* L'assolement pratiqué est-il celui préconisé par les techniciens conseillés ?
☐ Oui☐ NonSi non Pourquoi?
.....
.....* Cultivez vous une partie de votre exploitation en sec ? ☐ Oui
☐ Non

Si oui pour quelle ?

- ☐ Manque de main-d'oeuvre
☐ Pour éviter la consommation en eau
☐ Ces cultures ne demandent pas une présence permanente
☐ Autres

* Quelles est l'occupation du sol durant les trois dernières campagnes ?

1) Céréales et légumineuses à graines

	1993/1994			1994/1995			1995/1996		
Cultures	SAU	Rendt	Cons.eau	SAU	Rendt	Cons.eau	SAU	Rendt	Cons.eau

2) Cultures fourragères et cultures industrielles

	1993/1994			1994/1995			1995/1996		
Cultures	SAU	Rendt	Cons.eau	SAU	Rendt	Cons.eau	SAU	Rendt	Cons.eau

3) Cultures maraîchères de plein champs¹

	1993/1994						1994/1995						1995/1996					
Cultures	ds	dr	sc	pc	rd	ce	ds	dr	sc	pc	rd	ce	ds	dr	sc	pc	rd	ce

4) Arboriculture

				Consommation eau			Rendements		
Espèce	Instal.	SAU	pieds	93/94	94/95	95/96	93/94	94/95	95/96

LA MAIN-D'ŒUVRE :

1) Main-d'oeuvre familiale

Personne	Travail (j/an)	Tâche	Observations

2) Salariaires permanents

Qualification	Nombre	Travail (j/mois)	Salaire mensuel	Observations

¹ ds: date semis
dr: date récolte
sc: surface cultivée
pr: précédent cultural
rd: rendement
ce: consommation en eau

3) Travail permanent non qualifié

Tâche	Ouvrier	sep	oct	nov	dec	jan	fev	ma	avr	mai	jun	jul	aout

4) Main d'oeuvre occasionnelle (1995/1996)²

	sep	oct	nov	dec	jan	fev	ma	avr	mai	jun	jul	ou
Tâche	n	j	n	j	n	j	n	j	n	j	n	j

* Avez-vous rencontré des difficultés de recrutement de la main-d'œuvre ?

☐ Oui

☐ Non

Si oui pour quels travaux et pourquoi ?

* Comment avez-vous résolu ce problème ?

IRRIGATION ET DRAINAGE :

* En quelle année avez vous introduit les cultures irriguées dans votre exploitation ?.....

* Quelle est votre source en eau avant la création du périmètre ? ☐ Puits

☐ Oued

* Pour irriguer quelle source vous utilisez maintenant ?

☐ Barrage

☐ Borne individuelle

☐ Borne collective

☐ Oued

☐ Puits

* Quel est le système d'irrigation adopté ?

☐ Irrigation par ruissellement

☐ Irrigation à la raie

☐ Irrigation par aspersion

☐ Irrigation goutte à goutte

lot/Parcelle	Superficie (ha)	Culture	Système d'irrigation	Date d'aménagement	Coût d'installation (Dinars/ha)	Coût d'entretien (Dinars/ha/an)	Etat

* Pourquoi avoir choisit ce(s) système(s) ?

* A partir de quel mois commencez vous à irriguer et jusqu'à quand ?.....

* Quel est votre mode d'approvisionnement en eau public ?

☐ Par tour

☐ A la demande

² n: nombre d'ouvriers
j: jours de travail par mois

* par tour quelle est la durée du tour d'eau et quelle est la période entre les deux tours ?

.....

* Combien d'heures d'irrigation faites vous pendant une journée et à quelle heure commencez vous ?
.....heures

* irriguez vous souvent pendant la nuit ? ☐ Oui ☐ Non
Si oui pourquoi ?
.....

* Avez-vous des problèmes de qualité ou de disponibilité en eau ?
☐ Oui ☐ Non

Si oui lesquels ? ☐ Salinités
☐ Charge en alluvions
☐ Tour d'eau
☐ Pression
☐ Autres.....

* En cas de pénurie d'eau, comment procédez-vous pour résoudre le problème ?
☐ Réduction de la surface irriguable
☐ Réduction de la quantité d'eau par unité de surface
☐ Création d'un puits
☐ Adoption d'une nouvelle technique d'irrigation

* Quelle est la superficie totale que vous pouvez irriguer une seule fois avec le matériel que vous disposez ?.....ha

* Qui s'occupe du matériel d'irrigation ?
☐ Vous même
☐ Un membre permanent de la famille
☐ Un ouvrier permanent qualifié
☐ N'importe qui

* Combien il vous faut du temps, en moyenne, pour déplacer le matériel ?.....

* Quels sont les problèmes liés au fonctionnement et à l'entretien des installations d'irrigation ?

.....

* Assainissement et drainage :

Type.....	Date d'installation.....	Superficie assainie.....
Coût d'installation.....		Coût d'entretien annuel.....

* Quels sont les problèmes liés au fonctionnement et à l'entretien des installations de drainage ?

.....

* Au début de chaque campagne établissez vous :

- ☐ Un assolement sur le périmètre irrigable
- ☐ Un calendrier prévisionnel d'irrigation pour les différentes cultures et parcelles.

* Quels sont les facteurs dont vous tenez compte lors de l'établissement de l'assolement sur le périmètre irrigable ?

- ☐ La rentabilité des cultures
- ☐ La ressource en eau disponible et son coût
- ☐ La disponibilité en main-d'oeuvre
- ☐ Les caractéristiques du milieu et notamment du sol
- ☐ Les moyens d'irrigation et leurs contraintes de mise en oeuvre
- ☐ Le comportement des cultures face aux stress hydrique

* Comment déterminez-vous les besoins des cultures et les doses d'irrigation ?

- ☐ En fonction des rendements recherchés
- ☐ Selon les disponibilités en eau
- ☐ Selon les règles établies par l'administration
- ☐ Autres

* Est ce que vous ajustez souvent vos prévisions tout au long de la campagne d'irrigation ?

- ☐ Oui ☐ Non

* Quels sont les éléments qui provoquent et orientent l'ajustement ?

- ☐ Disponibilité en eau
- ☐ Le marché
- ☐ La variabilité climatique
- ☐ Le risque des maladies
- ☐ Autres

* Quelles sont les cultures prioritaires à irriguer ?

- ☐ Céréaliculture
- ☐ Cultures fourragères
- ☐ Betterave
- ☐ Cultures maraîchères
- ☐ Arboricultures

Pourquoi ?

- ☐ Non exigeante en main-d'oeuvre
- ☐ Faible consommation en eau
- ☐ Ecoulement facile
- ☐ Prix à la production intéressant
- ☐ Ne pose pas de problèmes de conduite

* Année pluvieuse, année sèche comment se manifeste la différence au niveau du périmètre ?

- ☐ Augmentation de la salinité
- ☐ Baisse de la pression
- ☐ Nouvelles règles pour s'approvisionner en eau ? lesquelles ?
- ☐ Modification de l'assolement
- ☐ Réduction de la superficie irrigable
- ☐ Baisse de revenu

* Si l'année sèche accuse une baisse de revenu quels sont les moyens à mettre en oeuvre pour combler le déficit en année pluvieuse ?

.....

* Selon quels critères vous jugez les résultats de la campagne d'irrigation ?

- ☐ La quantité d'eau consommée
- ☐ Les rendements escomptés
- ☐ Le revenu agricole
- ☐ Autres

FINANCEMENT :

* Quelles sont les sources de financement que vous utilisez ?

- ☐ Fonds propres
☐ Centre de crédit en nature
☐ Crédits fournisseurs
☐ Emprunt familial
☐ Emprunt bancaire

* Situation des emprunts à long et moyen terme

Caractéristiques de l'emprunt					Restant dû	Remboursements effectués		
Libelle (objet)	M. initial	Date réalis.	Durée	Taux		93/94	94/95	95/96

* Nom des créanciers et observations

* Crédits de campagne

Libellé	1993/1994				1994/1995				1995/1996			
	preteur	mon	taux	rem	preteur	mon	taux	rem	preteur	mon	taux	rem

* Crédits familiaux ☐ Oui ☐ Non

Crédit	bailleur	date d'octroi	délai	montant	Remboursement

* Problèmes liés aux crédits et leur remboursement :

* Qu'est ce que vous suggérez ?

APPROVISIONNEMENT – ECOULEMENT :

* Quelle est la source d'approvisionnement ?

Intrants	Centre credit	privés	Voisins	coop. service	Auto-appro.	Autres
Semences						
Plants						
Engrais						
Produits de traitements						
Concentrés						
Matériels						
Carburant						
Bétail						
Pièces de rechange						
Autres						

* Quels sont les problèmes d'approvisionnement ?

- ☐ Financier
☐ Manque de produit Pour quels produits :
☐ Transport
☐ Autres

* Comment se fait l'écoulement de la production ?

- ☐ Sur place
☐ Intermédiaire
☐ Usine
☐ Marché ☐ Tunis
☐ Jandouba
☐ Autres

* Ecoulement - Règlement

Produits	Sep.		Oct.		Nov.		Dec.		Jan.		Fev.		Mar.		Avr.		Mai		Juin		Juil.		Août	
	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R
Céréales																								
Légumineuses																								
Cult. Maraîchères																								
Fourrages																								
Fruits																								
Cult. industrielles																								
Lait																								
Viande																								

* Avez vous des problèmes d'écoulement de la production ?

- ☐ Prix
☐ Transport
☐ Qualité
☐ Autres

CONDUITE DU TROUPEAU BOVIN

Désignation ³	1993/1994						1994/1995						1995/1996					
	va	to	ta	g	ve	vl	va	to	ta	g	ve	vl	va	to	ta	g	ve	vl
Effectif initial																		
Nombre acheté																		
Montant des achats																		
Vaches inséminées																		
Vaches fécondées																		
Vaches velées																		
Vaches réformées																		
Mortalité																		
Nombre vendu																		
Montant des ventes																		
Production lait																		
Production Fumier																		
Autoconsommation																		

* Procurez vous du pâturage ?

- ☐ Oui ☐ Non

Si oui pour combien de temps ?

³ va: vache
to: taureau
ta: taurillon
g: génisse
ve: veau
vl: velle

* A combien vous estimez les dépenses familiales par mois ?

- ☐ 150 dinars
- ☐ 200 dinars
- ☐ 250 dinars
- ☐ 300 dinars
- ☐ 350 dinars
- ☐ 400 dinars

* Bénéficiez vous d'une assistance technique ?

☐ Oui

☐ Non

Si oui de quel organisme ?

- ☐ CRDA
- ☐ OEP
- ☐ CST
- ☐ Autres.....

* Est ce que l'évolution de votre exploitation depuis l'apport de l'eau d'irrigation est conforme à ce que vous avez prévu ? ☐ Oui ☐ Non

Si non qu'auriez-vous souhaité ?

.....
.....
.....

* Quelles sont les contraintes les plus importantes au niveau de votre exploitation ?

- | | |
|--|--|
| ☐ Superficie insuffisante | ☐ Manque d'eau |
| ☐ Approvisionnement | ☐ Manque du matériel |
| ☐ Commercialisation | ☐ Manque de main-d'oeuvre |
| ☐ Problèmes techniques | ☐ Milieu naturel |
| ☐ Accès difficile aux crédits | ☐ Problèmes financiers |

* Etes vous d'accord en ce qui concerne votre exploitation sur les points suivants ?

- ☐ Sous-utilisation de l'eau
- ☐ Faible valorisation de la capacité à irriguer
- ☐ Gaspillage d'eau par le mode d'irrigation pratiqué
- ☐ Faible intensification de système de production

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

- 1) **ALI Y., 1996** - L'impact de l'élimination des subventions pour l'eau d'irrigation sur le système de production des agriculteurs : le cas des périmètres publics irrigués de Bouheurtma -, Thèse Master CIHEAM-IAMM, Février 1996, 281p.
- 2) **ATTONATY J.M. et LE GRUSSE P., 1994** - Helping farms in strategic decision-making, training of executives from different mediterranean countries: an experiment- In « Farmers' decision making, a descriptive approach », proceedings from the 38th EAAE Seminar, 3 et 5 octobre 1994, p. 235-245.
- 3) **ATTONATY J.M. et SOLER L.G., 1992** - Aide à la décision et gestion stratégique : un modèle pour l'entreprise agricole - In « Revue Française de Gestion », n°8, 1992, p.45-54.
- 4) **ATTONATY J.M. et SOLER L.G., 1990** - Des modèles d'aide à la décision pour de nouvelles relations de conseil en agriculture - In « Nouvelles approches en gestion de l'exploitation agricole ». Session d'automne de la SFER, INRA, Novembre 1990, 18 p.
- 5) **ATTONATY J.M. et SOLER L.G., 1990** - Pour un renouvellement des instruments d'aide à la gestion stratégique- « Congrès européen des économistes agricoles », La Haye, Septembre 1990, 18 p.
- 6) **ATTONATY J.M., CHATELIN M.H., POUSSIN J.C., 1989** - L'évolution des méthodes et langages de simulation - In « Modélisation systémique et système agraire: décision et organisation ». Actes du séminaire du département SAD, Saint-Maximin le 2 et 3 Mars 1989, INRA, p. 119-132.
- 7) **ATTONATY J.M., LAPORTE C., PAPY F. et SOLER L.G., 1988** - La modélisation du travail dans l'exploitation agricole: comprendre le fonctionnement pour rechercher des améliorations - In « Actes et communications : Journées d'études, emploi et conditions de travail dans l'agriculture et l'agro-alimentaire », n°3, Juin 1988, p.127-132.
- 8) **ATTONATY J.M., CHATELIN M. H. et SCHOCK D., 1987** - Système expert et gestion des exploitations agricoles : une expérience menée à Grignon - In « Bulletin technique et information », n° 424-425, 1987, p. 551-561;
- 9) **ATTONATY J.M., LEVALLOIS R., PELLERIN D., 1987** - Une maquette du système expert en gestion d'entreprise agricole laitière du Québec - In « Bulletin technique et information », n° 424-425, 1987, p.597-610.
- 10) **BOUSSARD J.M., 1997** - Faut-il encore avoir des politiques agricoles ?- In « Problèmes économiques », n°2.519, Mai 1997, p. 13-17.
- 11) **BOUSQUET F., ANTONA M. et WEBER J., 1994** - Simulation multi-agents et gestion des ressources renouvelables - In « Recherche - système en agriculture et développement rural », symposium internationale, Montpellier 21-25 Novembre 1994, p. 431-436.
- 12) **BRAVO G., DORADO G. et CHIA E., 1994** - Fonctionnement de l'exploitation agricole et analyse de la diversité dans une perspective de développement rural - In « Recherche - système en agriculture et développement rural », symposium internationale, Montpellier 21-25 Novembre 1994, p. 217-222.
- 13) **BROSSIER J., CHIA E., MARSHALL E., PETIT M., 1989** - Recherches en gestion: vers une théorie de la gestion de l'exploitation agricole - In « Modélisation systémique et système agraire: décision et organisation ». Actes du séminaire du département SAD, Saint-Maximin le 2 et 3 Mars 1989, INRA, p. 65-92.

14) CERF M. et SEBILLOTTE M., 1997 - Approche cognitive des décisions de production dans l'exploitation agricole - In « Revue Economie Rurale » n° 239, p. 11-18.

15) CHIA E., 1992 - Une recherche-clinique : proposition méthodologique pour l'analyse des pratiques de trésorerie des agriculteurs (étude de cas en Lorraine) - In « Etudes et recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement », n°26, INRA-SAD, Unité Versailles-Dijon-Mirecourt, Décembre 1992, p. 1-39.

16) CHIA E., BROSSIER J. et MARSHALL E., 1991 - Démarche clinique et décisions: une méthode de recherche en gestion - In « Economie rurale », n°206, Nov.- Déc. 1991, p. 29-36.

17) CHATELIN M.H., AUBRY C., LEROY P., PAPY F. et POUSSIN J.C., 1993 - Instrumentation et pilotage stratégique dans l'entreprise agricole - In « Cahiers d'économie et sociologie rurales, n° 28, 1993, p. 120-138.

18) CHATELIN M.H. et POUSSIN J.C., 1991 - Diagnostic d'exploitation agricole : apport de la simulation - In « Revue Economie Rurale » n°206, p. 77-80.

19) COUFFIN C., 1991 - La dimension qualitative de la gestion ou la dimension qualitative des méthodes quantitatives - In « Economie rurale », n° 206, Nov-Déc 1991, p. 105-108.

20) DEUMIER J.M., JACQUIN C. et LEROY P., 1991 -LORA un logiciel d'aide au choix des cultures en système irrigué - In « l'informatique scientifique dans l'enseignement de biologie et de la géologie au lycée », actes du colloque organisé par l'Ecole Normale Supérieure et l'Institut National de Recherche Pédagogique, Paris Juin 1991, p. 171-179.

21) DURU M., BELLON S., CHATELIN M.H., FLORELLI J.L., GIBON A., HAVET A., MATHIEU A. et OSTY P.L., 1994 - Propositions pour l'aide à la gestion des ressources fourragères: une approche système articulant enquête, expérimentation et simulation - In « Recherche - système en agriculture et développement rural », symposium internationale, Montpellier 21-25 Novembre 1994, p. 104-108.

22) ELLOUMI M. et GARA M., 1993 - Accession à l'irrigation et valorisation de l'eau: exemple du périmètre public irrigué de Medjez El Bab - Annales de l'INRAT, 1993, 86 p.

23) ENNABLI N., 1995 - L'irrigation en Tunisie -, INAT département GREF, 1995, 454 p.

24) GFA, 1996 - Evaluation rétrospective du projet Bouheurtma, phase I et II, rapport définitif, volume I et II-, GESELLSCHAFT FUR AGRAR PROJEKTE (GFA), Janvier, 1996.

25) GIRARD N., 1995 - Modéliser une représentation d'experts dans le champ de gestion de l'exploitation agricole : stratégies d'alimentation au pâturage des troupeaux ovins allaitants en agriculture méditerranéenne - « Thèse doctorat en biométrie », Université Claude Bernard - Lyon I-, Décembre 1995, 234 p.

26) GIRARD N., HAVET A., CHATELIN M.H., GIBON A., HUBERT B. et RELIER J.P., 1994 - Formalisation des relations entre stratégie et pilotage dans les systèmes fourragers - In « Recherche - système en agriculture et développement rural », symposium international, Montpellier 21-25 Novembre 1994, p. 223-229.

27) GRAS R., BENOIT M., DEFFONTAINES J.P., DURU M., LAFARGE M., LANGLET A. et OSTY P.L., 1989 - Le fait technique en agronomie : activité agricole, concepts et méthodes d'études - « Collection alternative rurale », ed. INRA et L'Harmattan, 1989, 184 p.

28) GILOT L., 1994 - L'eau des livres et l'eau des champs : Des règles de distribution à leur mise en pratique, principes généraux et analyse du cas d'Urcuqui - Thèse de doctorat en sciences en sciences agronomiques, ENSA Montpellier, Novembre 1994, 363 p.

29) GUICHARD M. et MICHAUD R., 1994 - La stratégie à pas comptés, piloter l'entreprise agricole dans l'incertitude et dans la complexité - Editions CNERTA-SED, ENESAD Dijon, 1994, 298 pages.

30) HASSAINYA J., 1991 - Irrigation et développement agricole, l'expérience tunisienne - In « Options méditerranéennes », série B : études et recherches, n° 3, CIHEAM-INAT, 1991, 217 p.

31) HASSAINYA J., 1989 - Irrigation et développement agricole en Tunisie : la problématique des périmètres publics - thèse doctorat d'Etat en sciences économiques, université de Montpellier I, Faculté de droit et des sciences économiques, Février 1989, 417 p.

32) HEMIDY L., MAXIME F. et SOLER L.G., 1993 - Instrumentation et pilotage stratégique dans l'entreprise agricole - In « Cahiers d'économie et sociologie rurales, n° 28, 1993, p. 92-108.

33) HEMIDY L., 1992 - Usages des outils informatiques de gestion et impacts sur les pratiques des agriculteurs - In « Informatique et télématique agricoles, méthodes et conduites de projets ». Actes du colloque européen, 2 et 3 Juillet 1992, p. 143-146.

34) HEMIDY L. et SOLER L.G., 1992 - Nouvelles exigences en gestion de la petite entreprise agricole : réflexions à partir des cas français - In « Revue internationale P.M.E. », vol 5, n° 2, 1992, P. 83-102.

35) JAMIN J.Y., 1994 - Normes techniques et diversités sociale: l'agriculture irriguée sahélienne peut-elle s'intensifier en prenant en compte de la diversité des exploitations - In « Recherche - système en agriculture et développement rural », symposium internationale, Montpellier 21-25 Novembre 1994, p. 545-550.

36) LANDAIS E., DEFFONTAINES J.P., BENOIT M., 1989 - Les pratiques des agriculteurs: point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique - In « Modélisation systémique et système agraire: décision et organisation ». Actes du séminaire du département SAD, Saint - Maximin le 2 et 3 Mars 1989, INRA, p. 31-64.

37) MATHE J.C., 1995 - Rétrospectives et perspectives en stratégie de l'entreprise - In « Economies et Sociétés, Série Sciences de Gestion », n°21, Mai 1995, p. 31-50.

38) Ministère de l'Agriculture, 1997 -IX plan de développement économique et social (1997-2001)- rapport définitif adopté par le conseil ministériel du 4 Juin 1997.

39) Ministère de l'Agriculture, 1996 -IX plan de développement économique et social (1997-2001)- « Rapport des comités de développement agricole et des ressources en eau », vol. II en arabe, Août 1996.

40) Ministère de l'Agriculture (DGGR), 1996 - Etude de la gestion et de la tarification de l'eau d'irrigation au niveau des périmètres irrigués -, CNEA, Novembre 1996.

41) Ministère de l'Agriculture, 1996 - Enquête de structure des exploitations agricoles, 1994/95-, en arabe, Avril 1996.

42) Ministère de l'Agriculture (CBB), 1996 - Résultats des études agro-économiques au titre de la campagne betteravière 1995/96, Décembre 1996, 71 p.

43) Ministère de l'Agriculture (DGPDI), 1996 - Les perspectives du secteurs agricole compte tenu des mutations internationales -,COMETE Engineering, Janvier 1996.

44) Ministère de l'Agriculture (CRDA Jandouba), 1996 - Rapport d'activité annuel 1995 de l'arrondissement des exploitations des PPI de Jandouba -, Février 1996.

45) **Ministère de l'Agriculture (OTD), 1995** - Cahier des normes techniques, campagne 1994/95-, 1995, 65 p.

46) **Ministère de l'Agriculture (DGPDI), 1995** - Economie de l'eau d'irrigation I et II- « deuxième session du conseil national agricole », note interne, 1995.

47) **Ministère de l'Agriculture (CRDA Jandouba), 1995**- Etude de faisabilité et d'impact de la 3ème tranche du périmètre irrigué de Bouheurtma -, Septembre 1995.

48) **Ministère de l'Agriculture (DGPDI), 1995** - Résultats de l'enquête sur les périmètres irrigués 1993/94-, Février 1995.

49) **Ministère de l'Agriculture, 1994** - Exploitation des périmètres irrigués -, rapport de synthèse en arabe, Mars 1994, 17 p.

50) **Ministère de l'Agriculture (APIA), 1993** - Harmonisation des différentes approches d'évaluation des projets agricoles -, « Table ronde sur les normes technico-économiques en agriculture », Novembre 1993, 116 p.

51) **Ministère Fédéral de la Coopération Economique d'Allemagne (MFCE), 1988** - Rapport d'évaluation du PPI Bouheurtma I et II-, Bonn, Avril 1988, 45 p.

52) **MOLLE F et RUF T., 1994** - Eléments pour une approche systémique du fonctionnement des périmètres irrigués - In « Recherche - système en agriculture et développement rural », symposium internationale, Montpellier 21-25 Novembre 1994, p. 114-118.

53) **PAUL J.L., BORY A., BELLANDE A., GARGANTA E. et FABRI A., 1994** - Quel système de référence pour la prise en compte de la rationalité de l'agriculteur: du système de production agricole au système d'activité - In « Recherche - système en agriculture et développement rural », symposium internationale, Montpellier 21-25 Novembre 1994, p. 46-52.

54) **PERROT C. et LANDAIS E., 1993** - Comment modéliser la diversité des exploitations agricoles?- In « Les Cahiers de la Recherche Développement », n°33, 1993, p. 24-40.

55) **PETIT M., 1981** - Théorie de la décision et comportement adaptatif des agriculteurs - In « Formation des agriculteurs et apprentissage de la décision, Actes de la journée d'étude du 21 Janvier 1981 », Dijon : INRAP, 1981, p. 1-36.

56) **RETHORE A. et RIQUIER D., 1988** - Gestion de l'exploitation agricole: éléments pour la prise de décision - collection Agriculture d'aujourd'hui, édit. Lavoisier, 1988, 247 p.

57) **ROY B., 1990** - Science de la décision ou science de l'aide à la décision?- Cahier du LAMSADE, n°97, p.1-29.

58) **SAINT-AUBERT C., 1993** - Evolution de la relation de conseil en agriculture : méthode et condition de mise en place d'une fonction d'accompagnement stratégique -, Mémoire DEA, ENESA -Dijon, Octobre 1993. 61 p.

59) **SOLER L. G., 1993** - Instrumentation de gestion et conduite de l'entreprise, avant-propos - Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales n°28, p. 5-16.

60) **SEBILLOTTE M., 1989** - Conséquences pour les démarches d'aide à la décision- In « Modélisation systémique et système agraire: décision et organisation ». Actes du séminaire du département SAD, Saint-Maximin le 2 et 3 Mars 1989, INRA, p. 103-117.

61) **SEBILLOTTE M. et SOLER L.G., 1989** - Les processus de décision des agriculteurs - In « Modélisation systémique et système : décision et organisation ». Actes du séminaire du département SAD, Saint-Maximin le 2 et 3 Mars 1989, INRA, p. 93-101.

62) **SEBILLOTTE M., 1979** - Analyse du fonctionnement des exploitations agricoles. Trajectoire et typologie. In « Eléments pour une problématique de recherche sur les Systèmes Agraires et le Développement ». Assemblée constitutive du Département SAD. INRA, Paris, 20-30.

63) **SIMBIZI J., VERHAEGEN E., DEGAND J. et D'HAESE L., 1994** - Etude spatio-temporelle des systèmes de production agricole: le cas du Burundi - In « Recherche - système en agriculture et développement rural », symposium internationale, Montpellier 21-25 Novembre 1994, p.131-135.

Liste des annexes

Annexe 1 :	Fiche technico-économique du blé dur	83
Annexe 2 :	Fiche technico-économique de la betterave à sucre	84
Annexe 3 :	Fiche technico-économique de la pomme de terre de saison	85
Annexe 4 :	Fiche technico-économique de la pomme de terre d'arrière saison	86
Annexe 5 :	Comparaison des emblavures et des productions avant et après validation du modèle	87
Annexe 6 :	Marge brute globale des exploitations enquêtées par hectare	88
Annexe 7 :	Revenu agricole des exploitations enquêtées par hectare	89
Annexe 8 :	Evolution des emblavures selon le scénario adopté	90
Annexe 9 :	Evolution de la production selon les scénarios et les niveaux d'intensification (Année A)	91
Annexe 10 :	Evolution de la production selon les scénarios et les niveaux d'intensification (Année B)	92
Annexe 11 :	Evolution de la production selon les scénarios et les niveaux d'intensification (Année C)	93
Annexe 12 :	Sensibilité des scénarios aux variations des prix (Année A)	94
Annexe 13 :	Sensibilité des scénarios aux variations des prix (Année B)	95
Annexe 14 :	Calcul des coefficients des rendements et des doses d'irrigation par rapport à la moyenne pondérée de l'échantillon (Blé dur)	96
Annexe 15 :	Calcul des coefficients des rendements et des doses d'irrigation par rapport à la moyenne pondérée de l'échantillon (Betterave à sucre)	97
Annexe 16 :	Calcul des coefficients des rendements et des doses d'irrigation par rapport à la moyenne pondérée de l'échantillon (Pomme de terre de saison)	98
Annexe 17 :	Calcul des coefficients des rendements et des doses d'irrigation par rapport à la moyenne pondérée de l'échantillon (Pomme de terre d'arrière saison)	99
Annexe 18 :	Calcul des coefficients des rendements et des doses d'irrigation par rapport à la moyenne pondérée de l'échantillon (Petit pois de saison)	100
Annexe 19 :	Calcul des coefficients des rendements et des doses d'irrigation par rapport à la moyenne pondérée de l'échantillon (Petit pois d'arrière saison)	101
Annexe 20 :	Pluviométrie mensuelle de la région	102
Annexe 21 :	Liste des prix à la production	103
	Liste des prix des intrants	104
	Liste des prix pour les travaux mécaniques	105
Annexe 22 :	Enchaînement des fonctions du programme	106
	Liste des abréviations	106

Table des matières

Avant-propos	1
Préface	3
Introduction	5
Partie I : Les périmètres publics irrigués en Tunisie : le cas du périmètre public de Bouheurtma	
Chapitre I – Importance du secteur irrigué dans l'agriculture tunisienne	7
1] Infrastructure hydraulique et ressources en eau	7
2] Le potentiel irrigable et les périmètres irrigués	8
3] La contribution du secteur irrigué	12
Chapitre II – Les Périmètres publics irrigués (PPI)	12
1] la consommation en eau	13
2] Les taux d'utilisation et d'intensification	13
3] Le système de production	14
4] L'adaptation et la maîtrise des techniques culturales	14
5] Les structures foncières	14
6] Des réflexions pour l'avenir	15
Chapitre III – Choix de la région d'étude : présentation et problématique	16
1] Présentation de la région de Jandouba	16
2] Les caractéristiques du PPI Bouheurtma	16
A. Les ressources en eau	16
B. Les structures foncières	18
C. L'occupation du sol	18
D. Le secteur II ou secteur Brahmi	19
3] Problématique et hypothèses de travail	20
Partie II : La gestion agricole : des outils et des méthodes en évolution perpétuelle	
Chapitre I – Les concepts et les définitions	23
1] Gestion et pilotage de l'exploitation agricole	23
2] L'exploitation agricole et la notion de système	25
A. Le système de production	25
B. Le système irrigué	25
Chapitre II – L'évolution des instruments et des méthodes	28
1] Les impératifs d'évolution	28
A. L'exploitation agricole face aux aléas et aux conjonctures économiques	28
B. Une nouvelle approche du conseil	28
C. La recherche s'intéresse aux pratiques des agriculteurs	29
2] Des instruments et des méthodes : pour mieux appréhender le fonctionnement de l'exploitation	30
A. La théorie micro-économique : de l'optimisation d'une fonction à la construction interactive de solutions	30
B. Des outils et des méthodes pour analyser le fonctionnement de l'exploitation et l'aide à la décision	31
C. La méthode « multi-agent » : une nouvelle approche pour modéliser un système ouvert	32

Partie III : Construction d'un modèle de fonctionnement d'un périmètre public irrigué (PPI)

Chapitre I – Disponibilité et recherche des données	35
1] Quelles sont les données dont on a besoin ?	35
A. Identification d'une situation de départ	35
B. Des données à recueillir avec rigueur	36
a) Des données pour la construction du modèle	36
b) Des données pour valider le modèle	36
2] La disponibilité des données	37
A. A l'échelle du secteur	37
B. A l'échelle des exploitations	37
3] Les enquêtes	37
A. Le questionnaire	37
B. Le choix des exploitations	38
C. Le déroulement des enquêtes et la collecte des données	39
a) Les questionnaires d'exploitation	39
b) Les recherches auprès des structures d'encadrement	39
Chapitre II – Le traitement des données	40
1] Le dépouillement des enquêtes	40
A. La classification par strate	40
B. Le système de production	40
C. La consommation en eau	43
2] Saisie des données et calage des exploitations	44
A. Reconstitution des données technico-économiques	44
a) Les fiches technico-économiques des cultures	44
b) La conduite d'élevage	44
B. Saisie des données sur Quatre Vents	45
a) Le simulateur Quatre Vents	45
b) Le calage des exploitations	45
Chapitre III – L'agrégation et la validation du modèle	46
1] Le fonctionnement du programme	46
A. La base de données	46
a) Définition des données générales	46
b) Définition des agriculteurs	47
B. Le champ d'action	47
a) La définition des aléas	47
b) L'affectation des aléas	47
C. La visualisation des résultats	48
2] La construction du modèle	48
A. La saisie des données	48
a) Les données généralisées	48
b) Identification des exploitations	50
B. L'agrégation et la validation du modèle	50
a) La détermination des coefficients d'agrégation	50
b) Analyse des premiers résultats	51
c) Validation du modèle	52

Partie IV : Des simulations et des résultats pour engager le dialogue et orienter les perspectives

Chapitre I – L'exploitation agricole irriguée : les enquêtes montrent une réalité différente de la perception de l'administration	58
1] L'exploitation irriguée : quelle aptitude à l'intensification ?	58
2] L'exploitation irriguée face aux aléas climatiques	60
3] L'exploitation irriguée et le tarif préférentiel	61

Chapitre II – Des simulations et des réflexions pour orienter l'avenir des PPI	62
1] L'effet d'une action d'intensification	62
2] L'effet d'un nouvel assolement et la sensibilité des conclusions aux variations du prix	65
A. L'adoption d'un nouvel assolement	65
a) L'intensification de la culture de betterave à sucre	66
b) Simulation de la variante n°1	66
c) Adoption de la variante n°2	67
d) Adoption de la variante n°3	67
e) Adoption de la variante n°4	68
f) Adoption de la variante n°5	68
g) Interprétation des résultats	69
B. Sensibilité des résultats aux variations du prix	70
a) Détermination de l'équation de la courbe de frontière	71
b) La variation des prix et l'interprétation des résultats	72
3] L'effet d'un remembrement	75
Conclusion	79
Annexes	83
Questionnaire d'enquête	109
Bibliographie	121
Liste des annexes	127

CIHEAM
Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier
Collection "Master of Science"
Numéros parus :

- 1/ **Fernandez Canadas (Priscilla)**, 1987.- Les importations de céréales pour l'alimentation animale en Espagne : l'impact de l'entrée dans la CEE.- 135 p.
- 2/ **Koutsou (Stavriani)**, 1988.- Impact de l'émigration sur les systèmes agraires et le marché foncier (Etude comparative de deux villages de la Thrace du Nord-Est de la Grèce).- 102 p. + ann.
- 3/ **Bokias (Efthimios)**, 1988.- Le marché des oléagineux en Grèce : enjeux et perspectives.- 89 p. + ann.
- 4/ **Brum (Argemiro Luis)**, 1988.- L'évolution et les tendances du marché du soja. Le rôle de la CEE.- 189 p. + ann.
- 5/ **Deybe (Daniel)**, 1989.- Politiques agricoles et érosion des sols en Argentine : une méthodologie pour leur analyse.- 95 p.
- 6/ **Vicien (Carmen)**, 1989.- Les modèles de simulation comme outil pour la construction de fonctions de production : une application à la mesure de l'efficacité de la production agricole.- 133 p.
- 7/ **Brunschwig (Gilles)**, 1990.- Systèmes d'élevage extensif d'altitude dans les Andes Centrales du Pérou.- 368 p. (200 FF)
- 8/ **Bravo (Gonzalo)**, 1990.- Méthodes d'appréhension de la diversité d'exploitations agricoles (propositions pour un renouvellement de la démarche suivie à l'INTA, Argentine).- 96 p.
- 9/ **Dorado (Guillermo)**, 1990.- Fonctionnement technico-économique et gestion de l'exploitation agricole dans une perspective de développement (propositions théoriques et méthodologiques pour la région pampéenne de l'Argentine).- 82 p. + ann.
- 10/ **Segre (Andrea)**, 1990.- Dynamique de la consommation et du système agro-alimentaire italien.- 207 p.
- 11/ **Malorgio (Giulio)**, 1990.- Etude comparée des résultats technico-économiques de la production spécialisée de viande bovine dans deux zones difficiles française et italienne.- 112 p.
- 12/ **Ait-Alhayane (Khadija)**, 1990.- Les représentations du désert et de la désertification en Afrique du Nord.- 87 p.
- 13/ **Soulé (Bio Goura)**, 1992.- Echanges frontaliers de produits agro-pastoraux et dynamisme du monde rural en pays Gourma (Burkina-Faso - Ghana - Togo).- 113 p.
- 14/ **Perucca (Clorinda)**, 1992.- Diagnostic paysager des systèmes de production paysans de la province de Misiones-Argentine.- 133 p.
- 15/ **Farolfi (Stefano)**, 1992.- Dynamique de la disponibilité et de la consommation alimentaire dans les pays de l'Europe de l'Est : le cas de la Pologne.- 170 p.
- 16/ **Ladjili (Khaled)**, 1992.- Hydraulique paysanne - hydraulique étatique : économie de l'agriculture irriguée au Cap-Bon (Tunisie).- 252 p.
- 17/ **Blaskovic (Hana)**, 1992.- Une analyse du système de production agricole socialisé dans la région continentale de la Croatie et les possibilités de réorganisation : tentative d'utilisation des modèles.- 130 p.
- 18/ **Luzietoso (Nguala)**, 1992.- Les enjeux du développement agricole au Zaïre : modernisation et transformation des sociétés lignagères dans la vallée de l'Inkisi.- 89 p.
- 19/ **Hacherouf (Adelmadjid)**, 1993.- Evolution historique et comparative de la consommation alimentaire dans les pays du Maghreb Central. Algérie - Maroc - Tunisie.- 135 p.
- 20/ **Temri (Leïla)**, 1993.- Analyse concurrentielle d'un secteur aquacole.- 92 p.
- 21/ **Maronicolaki (Maria)**, 1993.- Facteurs déterminants des performances des industries agro-alimentaires grecques en matière d'exportation.- 131 p.
- 22/ **Arfa (Lamia)**, 1994.- Les exportations agro-alimentaires tunisiennes vers le marché de la CEE: évolution, compétitivité et perspectives.- 112 p.
- 23/ **Martinez Santamarta (Alvaro)**, 1994.- Les innovations dans la filière huile d'olive en Espagne.- 100 p.
- 24/ **Afouda (Alix)**, 1994 - Politiques nationales et échanges frontaliers de produits agro-alimentaires entre le Nord Nigéria et le Nord Cameroun : exemple de l'espace Garoua-Gambaru - 108 p.
- 25/ **Trimouille (Anne)**, 1994 - Les couples produit/territoire et le management de la qualité : application aux entreprises du secteur fruits et légumes frais - 99 p.
- 26/ **Amine Khodja (Abdelhafid)**, 1995 - Déterminants de la dépendance en orge de l'élevage ovin steppique : le cas de la région de M'sila en Algérie - 110 p.

- 27/Sampaio (Maria Lucia da Cunha), 1995 - Le développement des filières traditionnelles et régionales de production agricole en zones méditerranéennes défavorisées : le cas de la filière des fromages régionaux de la Beira Baixa (Portugal) - 101 p.
- 28/Preda (Stefano), 1995 - Budgets agricoles et politiques socio-structurelles : évolution des dépenses en agriculture dans la région Emilie-Romagne et analyse comparée avec la Catalogne (1980-1992) - 219 p.
- 29/Tlili (Mohamed), 1995 - Essai de simulation d'impact des nouvelles mesures économiques (PASA 2) sur le secteur céréalier en Tunisie, Etude de cas : Behaya - 108 p.
- 30/Bode (Ridvan), 1995 - L'économie paysanne albanaise et la transition vers l'économie de marché (Réflexions sur la région de Dévolle) - 95 p.
- 31/Antonelli (Annarita), 1995 - Environnement et commerce international : enjeux de l'approche économique des procédés et méthodes de production - 79 p.
- 32/Blanco Fonseca (Maria), 1996 - Analyse des impacts socio-économiques et des effets sur l'environnement des politiques agricoles : modélisation de l'utilisation agricole des ressources en eau dans la région espagnole de Castille-León - 132 p.
- 33/Chemingui (Mohamed Abdelbasset), 1996 - Contribution à l'étude de l'avantage comparatif et de la position concurrentielle des agrumes tunisiens sur le marché communautaire : cas de l'orange maltaise - 160 p.
- 34/Bengaraa (Abdelaziz), 1996 - Organisation et dynamique industrielles des filières de production animale au Maroc - 86 p.
- 35/Frenn (Georges), 1996 - Le secteur des boissons au Liban : dynamique des marchés et analyse concurrentielle de l'industrie - 80 p.
- 36/Bossuet (Luc), 1996 - Transformation des territoires ruraux, d'une gestion corporatiste aux multi-usages : le cas de l'Aveyron - 96 p.
- 37/Rodriguez Gomez (Fernando), 1997 - Développement durable? Le problème de la dissociation entre plans de conservation et plans de développement. Le cas de la petite région de la Garrotxa (Catalogne) - 121 p.
- 38/Mimouni (Monder), 1997 - Utilisation de l'approche multicritère pour une analyse intégrée des problèmes économiques et environnementaux. Cas de l'UCPA Borj Hamdouna en Tunisie - 85 p.
- 39/Louhichi (Kamel), 1997 - Utilisation d'un modèle bio-économique pour analyser l'impact des politiques agri-environnementales : cas des techniques de conservation des eaux et du sol en Tunisie. Application à la ferme Sawaf - 130 p.
- 40/Sousa Fragoso (Rui Manuel de), 1997 - Evaluation des impacts socio-économiques du développement de l'irrigation : le cas de l'agriculture dans la région de l'Alentejo - 85 p.
- 41/Harbi (Rabah), 1997 - L'aviculture algérienne, dynamique de transformation et comportements des acteurs - 125 p.
- 42/Frem (Michel), 1997 - Analyse de la filière "fruits et légumes" et des formes de coordination entre producteurs et transformateurs industriels au Liban - 142 p.
- 43/Haddad (Elie), 1997 - Mutations structurelles et développement de la filière lait au Liban - 116 p.
- 44/Jesus Oliveira Coelho (Afredo Manuel), 1998 - Dynamique des marchés alimentaires et stratégies des firmes dans le secteur des boissons - 212 p.
- 45/Gok (Aysegul), 1998 - Le partenariat euro-méditerranéen : l'analyse de l'impact de l'union douanière sur l'industrie agro-alimentaire - 115 p.
- 46/Biba (Gjin), 1998 - Transition de la collectivisation à la mini-exploitation paysanne en Albanie : analyse de la structure, du fonctionnement et des comportements des agriculteurs dans le district de Lezha - 174 p.
- 47/Fuentes (M.Antonia), 1998 - Les effets de la réforme de la politique agricole commune (PAC) sur l'agriculture espagnole : analyse du cas de la Catalogne - 209p.
- 48/Baran (Gulumser), 1998 - Stratégies des firmes multinationales dans l'industrie du tabac - 128 p.
- 49/Becker (Joachim), 1999 - La réserve de faune de binder - Léré, (Mayo Kebbi, Tchad) - 148 p.
- 50/Chemak (FRAJ), 1999 - Aide à la décision au niveau d'un périmètre irrigué : essai de mise en œuvre des concepts des modèles multi-agents - 131 p.

Aide à la décision au niveau d'un périmètre irrigué : essai de mise en œuvre des concepts des modèles multi-agents

Chemak Fraj

Résumé : La prise en compte de l'environnement socio-économique constitue un élément fondamental dans la recherche en matière de gestion de l'entreprise agricole. L'analyse du fonctionnement de l'exploitation fait appel à l'analyse des rapports établis entre celle-ci et les différents partenaires. Chez l'agriculteur le processus décisionnel s'établit en fonction de sa stratégie, de ses moyens mais aussi en fonction de l'information qu'il a de son environnement. De l'amont à l'aval les acteurs se multiplient et les intérêts divergent. Pour cela l'instauration d'une action interactive entre les différents acteurs s'avère nécessaire. Les concepts de l'approche multi-agent doivent nous aider à instaurer un dialogue entre les acteurs. Nous l'avons appliqué pour répondre à certaines questions cruciales posées à l'échelle du périmètre public irrigué de Bouheurtma en Tunisie. A partir des données collectées dans les exploitations, nous avons développé un modèle régional de fonctionnement du périmètre. C'est un modèle d'aide à la décision qui va réunir les principaux acteurs du périmètre. A partir de ce modèle nous avons simulé les conséquences de modification de pratiques des agriculteurs pour apprécier les conséquences au niveau de l'ensemble du périmètre. Les résultats obtenus témoignent de l'importance d'une action d'intensification au niveau du périmètre. Compte tenu des conditions actuelles de la culture de betterave à sucre (niveau d'intensification et prix à la production), une modification de l'assolement par l'élimination de cette dernière profite à l'administration et aux agriculteurs mais condamne la sucrerie. Ces résultats ne constituent en aucun cas des alternatives mais engagent des réflexions pour mener à bien une action interactive entre les différents acteurs et préserver l'intérêt général.

Mots clés : Gestion de l'exploitation agricole, aide à la décision, modèle régional, concepts multi-agents, simulation, périmètre irrigué.

Abstract: Taking into account the socio-economic environment is a basic element in farm management research. Farm analysis requires the consideration of the relationship between the farm itself and its different partners. The decision-making process is established according to the farmer's own strategy and means but also his own information on the environment. Upstream and downstream, there is an increasing number of actors but varying interests. Hence, interactivity between the different actors is necessary. The multi-agent approach concept must help in establishing a dialogue between the actors. It has been applied for certain crucial questions concerning the Bouheurtma irrigated perimeter in Tunisia. Using the data collected, we have developed a regional functioning model for the perimeter. This is a decision support model meant to bring together the main actors of the perimeter. In this model, we have simulated the consequences of some changes in the farmers' behavior in order to evaluate the consequences at the whole perimeter level. The results show the importance of an intensification action at perimeter level. Given the present conditions of sugarbeet cultivation (intensification level and producer prices), a modification of the rotation process eliminating this cultivation benefits to the administration in general as well as to the farmers but definitely condemns the sugar refinery. These results are not alternatives but rather constitute matter for reflexion on interactivity between the different actors and for general interest.

Keywords: Farm management; decision-making; regional models; multi-agent concepts; simulation; irrigation schemes.

ISBN : 2-85352-191-7

Prix : 75 FF

Numéros à commander au

CIHEAM-IAM.M
Bureau des Publications
3191, route de Mende
34093 MONTPELLIER Cedex 5 (France)

Tél. : 04 67 04 60 00 – Fax : 04 67 54 25 27

Prix : 75 FF le numéro
(sauf mention contraire)

Le Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes

Créé en 1962 sous l'égide du Conseil de l'Europe et de l'OCDE, le CIHEAM est une organisation inter-gouvernementale rassemblant quatorze pays méditerranéens : Albanie, Algérie, Egypte, Espagne, France, Grèce, Italie, Liban, Malte, Maroc, Portugal, Tunisie, Turquie et ex-Yougoslavie. La FAO et la Commission Européenne participent également comme observateurs au conseil d'administration du Centre.

Quatre instituts (Bari, Chania, Montpellier et Zaragoza) dispensent des enseignements post-universitaires de niveau Master of Science. Le CIHEAM anime des réseaux de recherche en Méditerranée, favorise l'organisation d'enseignements spécialisés dans les pays membres, tient des séminaires et colloques rassemblant des techniciens et scientifiques spécialistes des questions agricoles de la région, publie des ouvrages sous le titre « *Options méditerranéennes* ».

Au travers de ses activités, le Centre favorise le dialogue Nord/Sud et la coopération internationale dans la zone, pour le développement de l'agriculture dans la région méditerranéenne.

The International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies

Established in 1962 under the auspices of the Council of Europe and the OECD, CIHEAM is an intergovernmental organization of fourteen countries: Albania, Algeria, Egypt, France, Greece, Italy, Lebanon, Malta, Morocco, Portugal, Spain, Tunisia, Türkiye and ex-Yougoslavia. The FAO and the European Commission participate on CIHEAM's Board of Directors as observers.

Four institutes (Bari, Chania, Montpellier and Zaragoza) provide post-graduate education at the Master of Science level. CIHEAM animates Mediterranean research networks, promotes the organization of specialized education cycles in member countries, holds seminars and workshops bringing together technicians and scientists specialized in Mediterranean agriculture, and publishes works in the series "Options Méditerranéennes".

Through these activities, CIHEAM promotes North/South dialogue and international cooperation for agricultural development in the Mediterranean region.

