

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

**Evaluation des impacts
socio-économiques du
développement de l'irrigation.**
Le cas de l'agriculture dans la région de
l'Alentejo

Rui Manuel de SOUSA FRAGOSO

collection "Master of Science" n°40
1997

**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

Série Thèses et Masters

Ce Master est le 40^e 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-IAMM 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 :

Evaluation des impacts socio-économiques du développement de l'irrigation : le cas de l'agriculture dans la région de l'Alentejo.

a été soutenue par **Rui Manuel de SOUSA FRAGOSO** en mai 1996 devant le jury suivant :

M. C. MARQUES	Professeur Université d'Evora, (Portugal),	Président
M. S. ZEKRI	Enseignant Université Mgrane, Tunisie,	Membre
Mme. F. JACQUET	Enseignant - chercheur, CIHEAM/IAM, Montpellier,	Membre
M. G. FLICHMAN	Enseignant - chercheur, CIHEAM/IAM, Montpellier,	Membre

Le travail de recherche a été encadré par M. G. FLICHMAN.

Le texte a été mis en forme pour cette publication par Mme M.C. TIGOLET pour le Bureau des Publications de l'Institut de Montpellier.

**Evaluation des impacts socio-économiques
du développement de l'irrigation :
le cas de l'agriculture dans la région
de l'Alentejo**

Master of Science du CIHEAM-IAMM, n°40

Rui Manuel de SOUSA FRAGOSO

1997

CIHEAM
Institut Agronomique Méditerranéen
de Montpellier

Directeur : Gérard GHERSI
3191, route de Mende - B.P. 5056
34033 Montpellier Cédex 1 - 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

SOUSA FRAGOSO (Rui Manuel de) - Evaluation des impacts socio-économiques du développement de
l'irrigation : le cas de l'agriculture de l'Alentejo - Montpellier : CIHEAM/IAMM, 1997 - 85 p - (Thèse
Master of Science, IAMM, 1997, Collection Master of Science, n°40)

Remerciements

Je voudrais exprimer mes remerciements à M. Guillermo FLICHMAN, qui a dirigé ma thèse ; ses grandes qualités humaines m'ont soutenu, l'amitié et la compréhension qu'il m'a témoignées m'ont permis de continuer ma formation à l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier jusqu'à la fin.

Je dois remercier M. Carlos MARQUES, mon Professeur au Portugal, qui fut Président du Jury, tant pour sa patience que pour ses commentaires tout au long de ce travail. Sans son soutien, cette recherche aurait difficilement abouti.

Mais je souhaite aussi exprimer ma reconnaissance au Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes et à l'IAM de Montpellier, qui m'ont attribué une allocation d'études pour parfaire ma formation.

Je tiens également à remercier ma femme, mes parents, les parents de ma femme, mes amis, le groupe de travail du service d'informatique de l'IAMM, l'Alliance Française au Portugal, Mme P. GRACHINHA et tous ceux qui m'ont soutenu pendant toute la période de mes études.

Dédicace

A ma femme, Francisca, qui m'a accompagné en France.

A mes parents, Maria Almerinda et Manuel Walter, véritables exemples d'honnêteté, de travail et d'amour.

A la mémoire de mes grands parents, Carminha, Mauricio, Carmen et Manuel.

Sommaire

Introduction	1
Chapitre 1 - L'agriculture et l'irrigation dans l'Alentejo	7
I. Introduction	7
II. Évolution historique	7
III. Les principales caractéristiques de l'agriculture de la région	8
IV. L'irrigation	11
Chapitre 2 - La délimitation de la zone d'étude	17
I. Introduction	17
II. Caractérisation agricole de la région du périmètre irrigué d'Odivelas	17
III. Exploitations représentatives dans le périmètre irrigué d'Odivelas	25
Chapitre 3 - Cadre théorique	29
I. Introduction	29
II. L'approche méthodologique retenue	29
III. Les modèles de simulation de croissance de plantes	30
IV. La programmation linéaire	30
Chapitre 4 - Le modèle de simulation EPIC	37
I. Introduction	37
II. La construction d'un modèle de base	37
III. L'utilisation du modèle comme fonction de production	40
IV. Le choix des techniques de production	43
V. La prise en compte des rotations de culture	46
VI. Les limites du modèle EPIC	47
Chapitre 5 - Le modèle économique de programmation mathématique	49
I. Introduction	49
II. Les activités de production : le cas des cultures	49
III. La terre et la prise en compte des rotations	50
IV. L'eau d'irrigation	51
V. La main-d'oeuvre	51
VI. Les biens d'équipement	52
VII. La percolation des nitrates	53
VIII. Le cas de l'élevage	54
IX. La spécification de la fonction objectif	55
X. Le flux de trésorerie	57
XI. Le crédit à long terme et les investissements	58
XII. Le risque	59
XIII. Le modèle agrégé	61
Chapitre 6 - Les résultats du modèle économique de programmation linéaire	65
I. Les simulations	65
II. Le revenu des agriculteurs	66
III. Le comportement des agriculteurs	67
IV. Les méthodes d'irrigation, l'intensification technique et l'environnement	68
V. Les indicateurs socio-économiques	68
VI. Les limites du modèle	69
Conclusion et développements futurs	71
Annexe	73
Bibliographie	75
Table des matières	81

Introduction

Le Portugal a un potentiel d'irrigation d'environ de 660 000 ha, dont 90 % (580000) appartiennent au secteur privé. Presque la moitié de cette superficie a été mise en place à la fin du XVI^e siècle et pendant le XVII^e siècle. Dans le Nord Ouest et Beiras¹ l'introduction du maïs irrigué a remplacé les céréales traditionnelles en sec. Dans l'Alentejo, les conditions naturelles n'ont pas permis l'introduction des systèmes irrigués comme dans le nord du pays.

L'irrigation dans l'Alentejo est déjà un problème ancien. La liaison des bassins des fleuves Tejo, Sado et Guadiana² et la recherche d'eau dans le sous-sol sont les idées du débat sur l'irrigation dans l'Alentejo en 1887. L'engagement de l'Etat dans la politique hydraulique a commencé dans les années trente, le "Plan de Valorisation de l'Alentejo" dans les années cinquante prévoyait déjà l'irrigation de 170000 ha. En ce qui concerne ce plan, on trouve aujourd'hui quinze petits barrages qui irriguent 50000 ha.

En 1968, le Portugal et l'Espagne ont fait un accord pour l'utilisation du potentiel hydraulique du trajet international des fleuves Tejo, Guadiana, Minho, Lima et Chança ainsi que leurs affluents. Le partage de ces fleuves qui traversent les deux pays, a été centré sur le potentiel d'énergie brute qu'on peut produire dans chaque trajet.

Le résultat de l'accord a donné au Portugal l'exploitation totale du trajet international des fleuves Guadiana et Lima et à l'Espagne, celle du Tejo et du Chança. Cet accord a permis de créer les conditions pour emmagasiner de l'eau dans le Guadiana, selon les potentialités réelles du fleuve grâce à la construction du barrage de l'Alqueva.

Le projet actuel de l'Alqueva issu de la dernière étude d'impact sur l'environnement (1995) prévoit la construction et l'approvisionnement de divers barrages dans la région, ainsi que l'augmentation de la surface d'irrigation environ 110000 ha. C'est un projet très ambitieux qui pourra amener un changement important dans l'environnement économique de la région.

L'application de la réforme de la Politique Agricole Commune (PAC) en 1992 a apporté des changements importants dans la structure du revenu des agriculteurs européens. Ces changements concernent la baisse progressive des prix des céréales vers le niveau du marché mondial jusqu'à 1996. Cette baisse des prix est compensée par des aides directes au revenu. Comme mesure complémentaire de contrôle de l'offre des céréales, la PAC a prévu un système de gel des terres arables, lui aussi compensé.

Dans le cadre de la préparation des négociations du GATT, la CEE avec la réforme de la PAC a fait baisser les prix d'intervention de la viande de bovin. Elle a aussi augmenté les primes aux cheptels et aujourd'hui les systèmes d'élevage, les moins intensifs sont ceux qui bénéficient le plus du budget communautaire.

À long terme, l'harmonisation des prix portugais des céréales avec ceux de la CEE devra aboutir à une chute assez importante du revenu des agriculteurs de l'Alentejo. La baisse du revenu est actuellement déjà élevée.

Dans l'analyse des données statistiques nationales (I.N.E., 1991 et 1992) nous pouvons observer qu'en 1991 les prix des produits agricoles ont baissé en escudos constants de 5.6 % et le revenu des agriculteurs de 11.6 %. Cette diminution a augmenté en 1992 étant de 7.7 % pour les prix et de 11.9 % pour le revenu.

¹Régions du territoire portugais

²Fleuves qui sont les limites naturelles de l' Alentejo

Ces chiffres montrent que l'intensification qui a été mise en oeuvre dans les années quatre-vingt sur les systèmes agricoles en sec n'a pas été suffisante pour arriver à une augmentation de la productivité capable de faire face à la baisse du revenu des agriculteurs. Les questions que l'on pose sont les suivantes :

- a) Est-ce que le développement de l'irrigation dans l'Alentejo pourra inverser les tendances prévues de perte de revenu des agriculteurs à long terme?
- b) Est-ce qu'on peut développer l'irrigation et exploiter avec efficacité les ressources naturelles de la région dans un cadre de politique agricole contraignant comme celui de la réforme de la PAC et des accords du GATT?

Ces questions très actuelles sont le centre du débat sur l'avenir du secteur agricole et de l'irrigation dans la région.

Le développement agricole de la région doit permettre l'intégration de l'agriculture dans les industries en amont et en aval. C'est la seule manière d'apporter un développement bien intégré et une bonne répartition de la richesse. L'augmentation ou le maintien du revenu des agriculteurs de l'Alentejo par l'introduction ou l'expansion des systèmes irrigués, plus productifs, nous semble très importante, dans la mesure où cela peut permettre de dégager de nouveaux investissements dans le secteur, la création d'emploi et la fixation de la population.

Pour traiter les questions posées, nous devons tenir compte des points suivants, qui sont difficiles à gérer et contraignants au développement des systèmes agricoles plus productifs dans la région :

- 1) Les céréales et l'élevage ovin et bovin ont une place incontestable dans l'économie agricole de la région. Cependant ces productions (céréales et viande de bovin) sont excédentaires sur le marché européen.
- 2) Le revenu des agriculteurs est très dépendant de l'irrégularité de la pluviométrie.
- 3) Le gouvernement portugais et les agents économiques liés au secteur de la région cherchent à trouver une solution de compromis entre la modernisation de l'agriculture de l'Alentejo et les mesures de la PAC, mesures qui cherchent la réduction de la production par l'extensification des techniques de culture, la protection de l'environnement, le boisement de grandes surfaces et l'anticipation du retrait des agriculteurs.
- 4) Le changement d'une agriculture en sec vers une agriculture irriguée doit apporter des changements importants dans la structure du foncier. Il n'est pas possible de beaucoup développer l'irrigation dans une région où les exploitations de plus de 200 ha représentent 60 % de la terre cultivable.

Notre recherche a pour objectif d'étudier l'impact socio-économique du développement de l'irrigation dans les exploitations agricoles de l'Alentejo. Nous allons donner plus d'importance aux aspects liés aux problèmes de l'irrigation, au revenu des agriculteurs, à l'assolement, à l'intensification technique et aux impacts sur l'environnement notamment les pertes de nitrates.

Le travail est organisé en deux parties distinctes. Dans la première, nous faisons la présentation générale du secteur agricole en Alentejo, la délimitation du domaine d'étude au niveau d'un périmètre irrigué représentatif de la région et la définition du cadre théorique d'analyse. La deuxième partie comprend l'analyse économique au niveau des exploitations agricoles représentatives moyennant l'utilisation d'un modèle bio-économique.

Nous avons considéré comme représentatif de la situation de l'irrigation dans l'Alentejo le périmètre irrigué d'Odivelas dans le bas Alentejo. L'analyse diagnostique nous a amené à choisir trois types d'exploitations agricoles représentatives. Dans l'ensemble, elles représentent l'agriculture dans la zone

du périmètre, les diverses entreprises agricoles étant liées entre elles par le marché de terre et des équipements ainsi que par la gestion communale de l'eau.

L'utilisation d'un modèle de croissance des plantes a permis la détermination des coefficients de productivité des cultures pour un échantillon très vaste de techniques basées sur différents apports de fertilisation et d'irrigation, ainsi que la détermination de la variabilité climatique par rapport au rendement des cultures.

Selon Boussemart et al. (1995) cette approche méthodologique permet de tenir compte à la fois des aspects socio-économiques et écologiques de la production agricole ainsi que de fournir des éléments pour l'élaboration de politiques cohérentes.

L'échelle de notre analyse se situe au niveau micro-économique et tient compte des exploitations agricoles représentatives du périmètre irrigué d'Odivelas ainsi que leurs rapports principaux. Pour le faire, nous avons mis les entreprises agricoles choisies en rapport avec le même modèle économique de programmation mathématique. C'est une agrégation qui représente un idéal type tenant compte de façon explicite des objectifs individuels de chaque exploitant dans les résultats finaux agrégés.

Partie I

Chapitre 1 - L'agriculture et l'irrigation dans l'Alentejo

I. Introduction

La région de l'Alentejo au Sud du Portugal a une superficie de 26.932 Km² et une population de 541.548 mille personnes. Ses limites naturelles sont au Nord, les régions du Ribatejo Ouest et la Beira Basse, à l'Est, les régions espagnoles de l'Estremadure et Andalousie, à l'Ouest l'océan Atlantique, et au Sud la région de l'Algarve.

La superficie agricole utilisée (SAU) est supérieure à 68 % de la superficie totale régionale. Dans la fin des années quatre-vingts, la contribution de l'agriculture pour la valeur ajoutée brute de la région atteint les 18.8 %. Cette valeur est très élevée par rapport à la valeur nationale, 6.2 %, et celle de la CEE, 2.6 % (Eurostat, 1993). L'agriculture en 1991 représentait 24 % de l'emploi de la région (INE, 1993), aujourd'hui ce chiffre devra être inférieur. De 1981 à 1991, la région a perdu 36.882 mille personnes (INE, 1991).

Ces indicateurs montrent le caractère agricole et la situation de sous-développement où se trouve la région aujourd'hui.

II. Évolution historique

Les premières interventions de l'Etat dans la politique agricole ont eu lieu dans les années vingt, avec la campagne du blé. La politique suivie a été sectorielle favorisant certains produits agricoles comme le blé, le riz et le vin par des subventions aux prix. Dans les secteurs subventionnés, comme conséquence de la situation de rente vécue les structures se sont consolidées, favorisant les grands exploitants de l'Alentejo.

Dans les périodes 1953-1958 et 1959-1964, le premier et le second "Plano de Fomento Nacional" ont privilégié les grands investissements de l'Etat concernant l'hydraulique agricole, le boisement et certains aspects de la colonisation interne du pays. Le second plan a cherché à intégrer deux modèles de développement, l'irrigation et l'industrialisation. C'est dans ce domaine qu'apparaît "O Plano de Valorização do Alentejo", qui prévoit l'irrigation de 170 000 ha dans l'Alentejo.

C'est seulement avec le troisième "Plano de Fomento Nacional (1968-1973)" qu'il y a une politique de développement intégrée, en considérant dans l'ensemble les trois sous-secteurs agricoles, les céréales, l'élevage et la forêt. Cette période est marquée par l'exode rural dû à la baisse du prix national du blé, à l'absence d'investissement dans le secteur et l'industrialisation de la zone de Sines et du sud de Lisbonne.

Après 1975, la loi de la Réforme Agraire qui a obligé à la nationalisation de beaucoup des terres agricoles dans le sud et le contexte d'indéfinition et d'instabilité politique que le pays a vécu, a rendu très difficile l'amélioration des systèmes productifs et d'investissement dans l'agriculture.

A la fin des années soixante-dix et au début des années quatre-vingts, les terres ont été rendues aux anciens propriétaires. À cette époque, il y a eu la promotion du développement de l'élevage et la hausse des prix et des subventions aux céréales, ce qui a provoqué des difficultés pour le processus d'intégration européenne. A cette période il y a l'engagement de l'Etat dans le crédit agricole au travers de la création des institutions publiques pour le fait et l'établissement d'un régime de sécurité sociale pour les ouvriers agricoles.

En 1986, quand le Portugal est entré dans la Communauté Européenne ses prix agricoles étaient très élevés par rapport aux prix communautaires. L'adoption de la Politique Agricole Commune (PAC) a

rendu nécessaire l'harmonisation progressive des prix des produits agricoles. Ceci a été fait en deux étapes. Pendant la première (1986-1991), il y a eu une baisse progressive des prix agricoles jusqu'au niveau des prix communautaires, mais à la fin de la période la différence des prix, notamment pour les céréales étaient assez grande. Cette situation pour la deuxième étape a amené à l'accord d'un calendrier d'aides spécifiques et dégressives jusqu'à l'an 2000 pour les producteurs nationaux de céréales.

La deuxième étape d'intégration a été interrompue par l'approbation de la Réforme de la PAC en 1992. Cette réforme met en oeuvre une diminution importante des prix de soutien, notamment dans le secteur des céréales et dans une moindre mesure dans le secteur des produits animaux, un accroissement des aides directes, avec l'instauration des aides à l'hectare afin de compenser la baisse des prix et l'obligation d'un régime de gel des terres pour bénéficier des aides compensatoires. Dans le domaine de ces accords, le calendrier des aides spécifiques aux producteurs nationaux de céréales a été prolongé jusqu'en l'an 2003.

III. Les principales caractéristiques de l'agriculture de la région

Pour comprendre le fonctionnement et le rôle du secteur agricole dans l'Alentejo, il nous semble important de faire une description résumée de l'agriculture de la région. Celle-ci comprend la présentation du milieu naturel, mettant en évidence les contraintes agro-climatiques, l'utilisation du sol et les structures agricoles (terre, main-d'oeuvre et capital).

1. Le milieu naturel

L'Alentejo est une région au climat méditerranéen. La précipitation annuelle se situe entre 400 et 600 mm. La pluie est concentrée dans les mois d'hiver, d'octobre jusqu'en avril (CPRS, 1979, Vol. I). L'été est chaud et très sec, en général, il ne pleut pas. Les températures moyennes pendant l'été varient entre 21 et 25 degrés, mais les températures maximales atteignent quelquefois plus de 40 degrés. Pendant l'hiver, les températures moyennes varient entre 8 et 12 degrés, mais il est fréquent d'avoir des températures minimales au-dessous de zéro. Les principales contraintes du climat à l'agriculture sont dues au manque de pluviométrie pendant l'été, ce qui limite le choix de cultures aux variétés de cycle court (Cary, 1985), c'est-à-dire que les cultures d'hiver-printemps sont les seules qu'on puisse faire en Alentejo.

Tableau 1. Les groupes de sols dominants dans l'Alentejo

Groupes de sols	Surface
Surface en sec:	
Sols d'argile	65000
Sols pro-argileux	240000
Sols avec un pourcentage raisonnable d'argile	370000
Sols sablonneux avec un pourcentage raisonnable d'argile	600000
Sols lithologiques	420000
Lithosols	450000
Podsols	320000
Surface totale en sec	2465000
Surface irriguée (aluviosols et d'autres)	70500
Surface agricole totale	2535500

Source : Cary, 1985

Les cultures d'été seules peuvent être développées dans les sols profonds avec une bonne rétention d'eau ou bien il existe un système d'irrigation. Il faut aussi souligner les effets négatifs de la pluviométrie excessive en hiver sur la production des céréales, notamment dans le cas des sols qui ont des mauvaises conditions de drainage. La topographie de la région est caractérisée par une plaine

ondulée avec quelques points au-dessus de 300 mètres (CPRS, 1979, Vol. I). L'Alentejo est la région agraire portugaise qui possède la plus grande extension de terres arables (2.2 millions d'hectares).

Les sols de l'Alentejo sont en général minces et avec des horizons peu perméables à l'eau, quand ils sont profonds, ils contiennent des pourcentages élevés d'argile. Dans les deux cas, les conditions de drainage sont faibles. L'eau s'accumule rapidement dans le sol, ce qui rend difficile le développement des racines des plantes et l'exécution des labours du terrain dans les grandes cultures d'hiver (World Bank Survey, 1984). Les sols de l'Alentejo sont très hétérogènes, ce qui est dû à leur origine géologique.

Les groupes de sols dominants dans l'Alentejo sont présentés dans le tableau 1.1. Les quatre dernières catégories de la surface en sec concernent des sols pauvres (1,79 millions d'hectares), où la productivité des céréales est faible. Ce sont des sols bien adaptés à la production de fourrages, pâturages et forêt. Les sols riches concernant les trois premières catégories représentent environ 675 milliers d'hectares, c'est-à-dire seulement 1/4 de la surface totale de l'Alentejo.

2. L'utilisation du sol

Dans l'Alentejo, la SAU est de 92 % de la surface totale des exploitations agricoles. Les terres arables, les pâturages permanents et les cultures permanentes représentent 69, 22 et 9 % de la SAU.

Les surfaces forestières avec des cultures faites au-dessous des arbres sont très représentatives par rapport à la SAU (39 %). Les jachères couvrent 35 % de la SAU et représentent 51 % des terres arables, leur pourcentage dans les terres en champ ouvert est d'environ 40 %. La surface irrigable est de 6 % de la SAU et la surface irriguée de 3 % (voir tableau 1.2.).

Tableau 2. La répartition générale du territoire agricole de l'Alentejo en 1989

Catégories d'utilisation de la terre	Surface (ha)
Surface agricole totale	2007275
Superficie agricole utilisée	1842097
Terre arable	1278000
Surfaces forestières avec des cultures au-dessous	721000
Jachères	645000
Cultures permanentes	169000
Pâturages permanents	398000
Horticulture pour l'auto consommation	2000
Surface irrigable	110752
Surface irriguée	62484

Source : I.N.E., R.G.A., 1989

Les cultures les plus importantes par rapport à la superficie dans l'Alentejo en 1993 ont été le blé (220.781 mille ha), le tournesol (77.093 mille ha), l'avoine (67.083 mille ha) et l'orge (50.000 mille ha). Les superficies de ces cultures dans l'Alentejo par rapport aux superficies nationales sont assez représentatives.

La superficie cultivée de blé dans la région a été de 88 % de la superficie nationale, pour le tournesol, l'avoine et l'orge, ce pourcentage a été de 81%, 73% et 81 % (voir le tableau 1.3.)

Tableau 3. Les principales cultures pour le Portugal et l'Alentejo en 1993

Cultures	Surface (ha)		Productions (tonnes/ha)	
	Portugal	Alentejo	Portugal	Alentejo
Blé	250000	220781	1.69	1.22
Maïs	167730	4421	3.76	4.19
Seigle	72516	1153	0.92	0.54
Avoine	92000	67083	0.83	0.84
Orge	61643	50000	1.60	1.64
Riz	13200	3400	5.23	5.25
Haricot	31826	646	0.51	0.85
Pois chiche	3252	1000	0.64	0.71
Pommes de terre	84594	1034	13.98	10.53
Tomate	9400	1920	54.15	40.2
Tournesol	95000	77093	0.47	0.42

Source : I.N.E., données statistiques non publiées

3. Les structures agricoles

La terre est concentrée dans les grandes exploitations, 62.2 % de la SAU appartenant aux fermes de plus de 200 ha. Cependant la plupart des exploitations existe dans les classes de SAU entre 0.5 et 20 ha. Dans la plupart des cas, les terres sont exploitées dans un système de faire-valoir direct, qui représente 78.9 % du total des exploitations et 59.6 % de la SAU de la région. Le fermage est représenté seulement par 25 % des exploitations et 33 % de la SAU (I.N.E., 1989).

Il n'existe pas un vrai marché foncier. Le fermage est centré sur un loyer fixe, qui rend le marché foncier très rigide. Dans beaucoup de cas, la valeur du fermage a été fixée à long terme et comme il n'y a pas de capitalisation réelle, cela ne représente pas la valeur actuelle de la terre sur le marché foncier (Marques, 1994).

Les exploitations de petite taille font appel dans la majorité de cas à l'utilisation de la main-d'oeuvre familiale. La plupart du travail salarié permanent existe dans les grandes exploitations avec plus de 200 ha. A peu près 66.8 % de ces exploitations utilisent ce type de travail.

Le travail salarié à temps partiel représente 17.1 % du travail salarié permanent. Le travail saisonnier est très élevé aussi, il est équivalent au travail à plein temps de 10.1 mille personnes (36.7 % du total du travail salarié permanent).

Le nombre moyen de tracteurs par ferme est de 1.6, ce qui donne une disponibilité d'un tracteur pour 105 ha de SAU. La moitié des tracteurs de l'Alentejo est dans les fermes de plus de 100 ha. A peu près 92 % de ces exploitations ont un tracteur et une moissonneuse batteuse. Les petites fermes avec moins de 20 ha ont en général un faible niveau de mécanisation (I.N.E., Portugal Agrícola, 1993). Les tracteurs et les autres machines agricoles ont un marché de location commun. Le grand nombre de tracteurs et de moissonneuses batteuses qui existe dans les petites et moyennes exploitations, fait penser qu'elles pratiquent la location d'engins agricoles (POLEN, 1994).

Dans l'Alentejo, il y a 50% et 21 % du cheptel national d'ovins et de caprins. Les bovins, les porcs, les caprins et les ovins en général existent en grands cheptels. A peu près 74 % des ovins et 68 % des porcs sont en cheptels avec de plus de 200 animaux (I.N.E., Portugal Agrícola, 1989).

IV. L'irrigation

Selon le recensement agricole de 1989, la surface irrigable³ dans l'Alentejo représente 6 % et la surface irriguée⁴ 3 % de la surface agricole utilisée. Dans 56 % des exploitations, il y a la possibilité d'utiliser l'irrigation et 30 % ont une surface irriguée (voir le tableau 1.4.).

Tableau 4. Exploitations de l'Alentejo selon la surface agricole utilisée, la surface irrigable et la surface irriguée

Catégories de SAU ha	Surface agricole utilisée		Surface irrigable		Surface irriguée	
	Nombre	ha	Nombre	ha	Nombre	ha
< 1	6147	3555	3771	1677	2322	825
1-5	18762	43922	9870	9843	5368	5802
5-20	10413	104051	5626	17303	3120	10009
20-50	3873	122530	1970	13120	1069	7470
50-100	1969	142265	976	9654	520	5449
100-200	1682	239572	846	12026	473	6957
> 200	2388	1186292	1194	47535	785	26087
Total	45234	1842097	24253	110752	13657	62484

Note : SAU = Surface Agricole Utilisée

Source : I.N.E., R.G.A., 1989.

La surface irriguée est concentrée dans les exploitations de plus de 200 ha. Ces exploitations possèdent 41.7 % de la surface irriguée de l'Alentejo. Le plus grand nombre d'exploitations irriguées concerne les exploitations entre 1 et 5 ha, 39.3 % du total d'exploitations irriguées. Ces exploitations sont aussi celles qui ont le rapport surface irriguée / surface irrigable, le plus élevé. Environ 29 % de ces exploitations ont une surface d'irrigation, ce qui, en termes de surface, représente 13.2 % de la surface totale de ces exploitations.

La plupart des irrigations de l'Alentejo sont individuelles, 87 % du total des irrigations, 13 % seulement des irrigations régionales sont communales. L'eau destinée à l'irrigation dans 78 % des cas vient des réserves souterraines et sources naturelles, les barrages ne fournissent que 20 % environ de l'eau des exploitations irriguées de la région. La méthode de distribution de l'eau la plus utilisée est l'élévation moyennant le recours à un moteur, 73 % des exploitations irriguées. L'irrigation par écoulement est utilisée dans 95 % des exploitations irriguées, les autres utilisant l'irrigation par aspersion. La méthode d'irrigation par aspersion est seulement utilisée dans 8 % des exploitations irriguées de l'Alentejo (I.N.E., 1989).

1. Les périmètres irrigués dans l'Alentejo

La distribution irrégulière de la pluie pendant l'année montre l'importance de l'irrigation dans la diversification et l'intensification de l'agriculture de la région. Les principales sources d'eau étant les fleuves Guadiana, Mira, Sorraia et Caia, les périmètres irrigués dans l'Alentejo couvrent une surface d'irrigation qui atteint 60.819 mille hectares. Il y a encore 15 mille hectares, qui sont des petites irrigations privées.

³On considère dans le recensement agricole la surface irrigable ainsi que la surface maximale qui peut être irriguée pendant l'année agricole. Cette surface est toujours fixe. Elle dépend à la fois d'une disponibilité moyenne d'eau, et/ou d'équipements d'irrigation, et/ou de contraintes agro-pédologiques.

⁴La surface irriguée est la superficie qui a été effectivement irriguée pendant l'année agricole, au minimum une fois. Au contraire de la surface irrigable, la surface irriguée peut varier d'une année à l'autre. La surface irriguée varie en fonction des disponibilités d'eau et des décisions individuelles de court terme que prennent les producteurs.

Dans le cadre du Plan de Valorisation de l'Alentejo (1957), il y a aujourd'hui plus d'une dizaine de petits et moyens périmètres irrigués un peu partout dans la région. Certains d'entre eux sont autonomes et il y en a d'autres qui ont été projetés au départ pour être introduits dans les circuits hydrauliques du projet de l'Alqueva. Ces derniers sont les périmètres du Divor (1963/65), Roxo (1963/68), Monte da Rocha (1968/80), Odivelas (1963/80) et Vigia (1975/81), qui ont une capacité d'emménagement d'environ 430 hm³ et une surface irrigable de 13500 ha.

Les taux d'utilisation d'irrigation dans l'Alentejo, en ce qui concerne le rapport surface irriguée / surface irrigable sont présentés dans le tableau 1.5. et dans le tableau 1.6. on présente l'évolution des surfaces des principales cultures irriguées. Le taux d'utilisation moyen entre 1981 et 1992 dans l'ensemble des irrigations a été de 57.9 %, en 1990, la dernière année avant la sécheresse, il était de 64.4 %.

On peut constater que sans l'augmentation de la surface irrigable, la croissance de la surface irriguée de 1987 à 1990 a été supérieure à 23 %. Par contre, le rapport surface irriguée/surface irrigable est passé de 50.7 % en 1987 à 62.3 % en 1990.

Tableau 5. Évolution des pourcentages du rapport surface irriguée/surface irrigable dans les périmètres irrigués de l'Alentejo

Périmètre	Surface Irrigable (ha)	Le pourcentage du rapport surface irriguée / surface irrigable dans la période 1981-1992											
		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Caia	7237	50.7	53.0	57.4	48.6	52.0	50.3	51.3	63.6	63.6	62.2	61.3	71.1
Campilhas-A.S.	6097	36.8	37.0	17.0	51.7	57.5	53.2	54.6	63.7	69.5	79.6	66.7	62.8
Divor	488	0.0	25.6	0.8	47.5	64.7	65.6	50.4	65.8	43.6	85.4	84.8	75.0
Mira	12000	34.6	40.3	47.1	44.7	44.3	42.8	34.0	38.4	43.5	40.5	45.7	44.5
Odivelas	6381	36.6	22.1	11.6	29.8	33.4	31.1	34.2	35.1	33.7	40.7	43.9	47.9
Roxo	5040	3.0	21.0	10.0	31.1	28.7	28.6	31.5	38.7	43.0	54.0	48.9	47.3
Vale do Sado	6171	53.8	85.5	62.2	88.3	90.0	93.2	92.3	91.0	89.3	69.5	96.7	71.2
Vale do Sorraia	15900	79.3	80.9	73.4	79.7	82.8	85.5	85.3	87.7	87.6	87.9	85.2	62.1
Vigia	1505	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9	18.4	30.4	51.0	51.8	58.8	59.4	55.4
Total	60819	48.0	53.4	46.6	57.1	58.2	58.2	57.3	62.4	63.8	67.4	65.9	57.9

Source : Adapté de Neto, 1995.

Si à cet ensemble, on enlève le périmètre du Mira, qui a des problèmes spécifiques, ces pourcentages atteignent 56.3 % en 1987 et 69.5 % en 1990. Dans l'ensemble des périmètres à être introduits dans les circuits hydrauliques de l'Alqueva, le rapport surface irriguée/surface irrigable est encore inférieur à 50 %. Il est passé de 33.4 % en 1987 à 49.4 % en 1990. En 1992, l'évolution positive dans le profit des irrigations régionales chute avec la période de sécheresse.

En accord avec une étude d'évaluation globale du projet de l'Alqueva (Hidrotécnica Portuguesa, 1992), les principaux facteurs qui sont à l'origine du faible taux d'utilisation des irrigations existants sont :

- 1) l'extension des irrigations aux sols pauvres ;
- 2) la structure du foncier peu adapté à l'utilisation communale de l'irrigation ;
- 3) le manque de structures de base ;
- 4) la variabilité dans la quantité disponible d'eau pour l'irrigation ;
- 5) les aspects socio-économiques et démographiques ;
- 6) les politiques agricoles ;
- 7) les problèmes de conception des ouvrages d'irrigation et de la gestion des structures collectives ;

Les périmètres irrigués de Campilhas, Vale do Sado, Divor et Sorraia ont été les premiers à être construits au Portugal. Ils ont de grands pourcentages d'aluviosols bien adaptés à l'irrigation, ils ont été aussi l'objet d'investissements en structures pendant plusieurs décennies, ce qui a été déterminant dans le développement de la culture du riz.

Tableau 6. Évolution des surfaces des principales cultures irriguées dans les périmètres de l'Alentejo (ha)

Périmètre	Culture	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Caia	Riz	906	947	955	984	1008	1062	11166	984	1049	981	980
	Maïs	55	99	141	246	677	924	1543	1960	1896	1566	1357
	Tomate	953	629	672	872	594	407	434	322	312	324	204
	Tournesol	110	130	448	840	432	316	368	658	621	1305	913
Campilhas Alto Sado	Riz	928	1121	22	1576	1868	2040	1854	2124	2309	2596	2374
	Maïs	100	85	55	116	294	275	905	1060	1004	994	618
	Tomate	924	780	694	1251	1090	645	406	516	673	922	825
	Tournesol	58	38	138	59	45	0	0	2718	33	135	89
Divor	Riz	0	97	0	172	263	277	117	281	174	292	225
	Maïs	0	8	0	20	24	32	57	15	30	73	69
	Tomate	0	5	0	19	24	10	0	15	7	27	43
	Tournesol	0	0	0	12	0	0	0	9	0	20	34
Mira	Riz	431	652	542	525	457	595	448	497	532	461	323
	Maïs	1328	1455	1887	2065	2152	2100	1587	2082	2395	1739	1546
	Tomate	91	193	271	236	159	112	0	0	83	87	235
	Fourrages	1494	1552	1763	1110	1084	1022	844	829	934	1142	1206
Odivelas	Riz	1378	789	0	1078	652	1160	1097	1229	1249	1254	1240
	Maïs	52	23	14	108	74	351	560	309	311	483	546
	Tomate	436	416	503	600	306	220	172	333	283	438	324
	Tournesol	39	12	65	28	34	77	96	62	139	163	305
Roxo	Riz	0	0	0	0	63	167	177	431	435	606	603
	Maïs	13	41	13	128	225	318	733	466	747	865	618
	Tomate	118	958	422	1290	964	973	387	622	638	865	756
	Tournesol	0	11	10	47	121	183	192	323	199	261	391
Vale do Sado	Riz	2433	5008	3500	5187	5287	5509	5450	5374	5185	4091	5603
	Maïs	99	15	57	16	11	11	5	33	49	12	17
	Tomate	205	26	49	21	16	11	17	16	93	68	179
Sorraia	Riz	6896	7229	5438	6424	6714	7069	6537	7167	7019	6904	6421
	Maïs	1096	1646	1820	2116	2488	3153	3675	3513	3287	3354	3576
	Tomate	1475	1312	1948	1888	1764	1033	1288	1282	1601	1712	1571
	Fourrages	1235	540	548	481	355	394	406	376	376	335	298
Vigia	Maïs	0	0	0	0	54	148	191	494	658	687	762
	Tournesol	0	0	0	0	63	91	198	204	66	64	59

Source : Adapté de Neto, 1995.

Par contre, les périmètres du Mira (1970), Odivelas (1974) et Roxo (1970) ont été conclus presque à l'époque de la révolution de 1974. La loi de la Réforme Agraire procède à la nationalisation en 1975 de toutes les terres des périmètres irrigués de l'Alentejo, ce qui a aussi conduit à l'absence d'investissement, et c'est seulement en 1989 qu'on a pu inverser la situation. La difficulté à trouver des partenaires intéressés dans l'exploitation des périmètres irrigués a été déterminant dans le retard du développement de l'irrigation de la région. Dans les périmètres d'Odivelas, Roxo et Mira, l'extension de l'irrigation par écoulement à des sols marginaux a été la façon de justifier les grands ouvrages et d'augmenter statistiquement les surfaces irriguées.

Dans l'évolution de la surface des principales cultures irriguées, c'est le riz la culture qui possède la plus grande surface irriguée, par contre, il y a une évolution positive des surfaces du maïs et du tournesol. La diminution de la surface cultivée de la culture de la tomate pour l'industrie, est très importante.

L'augmentation de la demande en eau (agricole et non agricole) et la situation de sécheresse que la région a vécu pendant ces cinq dernières années a rendu incontestable le besoin de rechercher de nouvelles réserves d'eau. La volonté politique au niveau central et régional concernant la reprise des

travaux de construction du barrage de l'Alqueva montre l'actualité et l'importance de l'eau pour le développement intégré et équilibré de l'Alentejo, notamment dans le secteur agricole et le milieu rural.

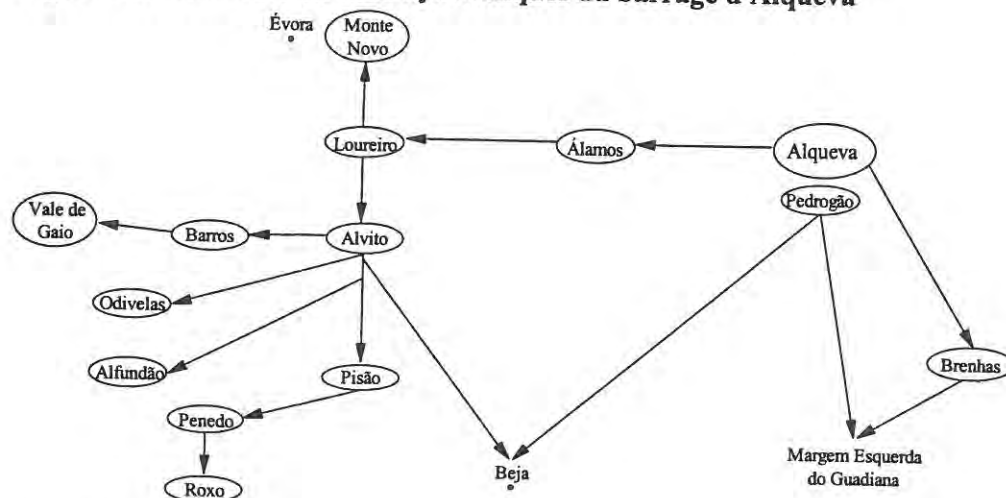
2. Le Plan d'Irrigation pour l'Alentejo : le projet de l'Alqueva

Le projet actuel de l'Alqueva, issu de la dernière étude d'impact sur l'environnement prévoit l'irrigation d'une surface de 110 000 ha, répartis en trois grands systèmes d'irrigation qui seront localisés au sud d'Évora, dans le bas Alentejo, dans la région de Beja et sur la rive gauche du Guadiana au sud de la ville de Moura. Ce projet a un caractère multiple puisqu'il prévoit des utilisations agricoles, hydroélectriques et d'approvisionnement en eau aux populations. Comme principales infrastructures du projet, on remarque le barrage de l'Alqueva; la centrale hydroélectrique; et le système de transport d'eau.

Le barrage aura une capacité d'emmagasiner d'environ 4 150 hm³ d'eau et couvrira une surface de 250 km², dont 35 seront en territoire espagnol. Le niveau maximum d'emmagasiner a été fixé à la cote de 152 m. Sa construction aura lieu en 1996 et on prévoit une durée d'environ 8 ans.

Le projet de l'Alqueva est composé d'un système de barrages sur le Guadiana⁵, ce qui permettra l'approvisionnement des autres barrages liés à ses circuits hydrauliques. La liaison entre les divers barrages sera faite grâce à un système de transport d'eau. Ce qui est composé par des réseaux primaire, secondaire et tertiaire. Le réseau primaire conduit l'eau de l'Alqueva aux autres barrages, le réseau secondaire fait la distribution de l'eau dans chaque périmètre irrigué et le réseau tertiaire conduit l'eau dans les exploitations. La construction des réseaux primaire et secondaire est prévue pour 1997, celle du réseau tertiaire vers 2002. Il est prévu qu'en 2002 il aura très probablement déjà des périmètres irrigués qui recevront l'eau du barrage de l'Alqueva. C'est le cas du périmètre irrigué d'Odivelas. L'exécution du projet de l'Alqueva, si on considère toutes les branches, aura une durée d'environ trente ans.

Figure 1. Schéma des circuits hydrauliques du barrage d'Alqueva



Selon Mariano Feio, (1988), Alqueva est une irrigation en mauvaises conditions parce que les sols ne sont pas en majorité plats mais ondulés et peu productifs. L'eau du barrage de l'Alqueva est emmagasinée dans une vallée très profonde d'où elle doit être pompée (130 m en moyenne), ce qui rend l'eau très chère. Lopes Leitão⁶ a aussi une opinion négative considérant comme les principales contraintes, la pauvreté des sols, l'incertitude d'avoir de l'eau dans les années de sécheresse, les aspects socioculturels et le manque de programmes de vulgarisation agricole, la structure du foncier

⁵Voir schéma 1.1.

⁶L'auteur du Livre Noir de l'Alqueva.

mal adaptée à la gestion communale de ressources et le dépeuplement de la région face au besoin de main-d'œuvre nécessaire aux cultures irriguées.

L'Alentejo est une région en risque de désertification humaine. Les gens en l'absence de bonnes conditions recherchent les grandes villes, le littoral et l'étranger. Selon une étude de la Hidrotécnica Portuguesa (1992), la dégradation physique qu'on trouve aujourd'hui dans la région est essentiellement due au bilan global de l'eau qui présente des situations de pénurie. L'eau emmagasinée pendant l'hiver ne compense pas les besoins de consommation pendant le printemps et l'été. Sans l'Alqueva, il sera très difficile d'inverser les tendances de désertification humaine et physique que la région connaît maintenant.

L'Alqueva est un projet très ambitieux qui a des influences sur le développement régional selon différentes branches :

1) il propose la création d'une réserve stratégique d'eau dans la région et la régularisation du débit du Guadiana, de façon à rendre moindres les effets des longues sécheresses ;

2) celui-ci devrait permettre l'approvisionnement efficace en eau des populations de l'Alentejo et de l'Algarve ;

3) le remplacement des cultures traditionnelles en sec dans les meilleurs sols de l'Alentejo par des systèmes irrigués ;

4) et la production d'énergie électrique dans le barrage de l'Alqueva ;

Toutes ces actions peuvent créer des conditions pour la diversification des activités économiques avec la création de conditions pour l'établissement de nouvelles entreprises et la création d'emploi. La concentration de ressources que l'Alqueva va préconiser sera essentielle pour la formation d'un pôle de développement dans la région, centré dans les secteurs productifs de l'économie. De la formation de ce pôle dépendra l'intégration de l'agriculture de l'Alentejo en amont et en aval.

Chapitre 2 - La délimitation de la zone d'étude

I. Introduction

L'Alentejo n'est pas seulement une zone rurale, mais un ensemble de zones rurales. Ainsi, nous avons délimité le domaine d'étude à un périmètre irrigué du projet d'Alqueva. Le périmètre irrigué choisi comme référence pour notre étude est le barrage d'Odivelas.

C'est un projet hydraulique des années soixante, prévu pour être exécuté en trois phases. Nous sommes actuellement dans la deuxième phase qui couvre déjà 6846 ha de surface irrigable. La troisième phase du projet concerne son intégration dans les circuits hydrauliques du projet de l'Alqueva (Plan d'Irrigation pour l'Alentejo). Celui-ci va permettre d'augmenter la surface irrigable existante à 4 700 ha et réduire les effets des sécheresses prolongées sur les surfaces déjà irriguées.

Les facteurs qui ont déterminé le choix du périmètre irrigué d'Odivelas sont la représentativité de la zone rurale dans le contexte global de l'agriculture irriguée de l'Alentejo et la troisième phase d'exécution du projet qui prévoit son intégration dans le projet de l'Alqueva.

La zone du périmètre irrigué comprend quatre communes (Ferreira do Alentejo, Figueira de Cavaleiros, Odivelas et Grândola), mais seulement deux ont une importante surface d'irrigation (Figueira de Cavaleiros et Odivelas). Elle est liée par de bonnes routes aux deux pôles de développement régional, Évora (70 Km) et Beja (30 Km) et à la capitale (140 Km).

II. Caractérisation agricole de la région du périmètre irrigué d'Odivelas

La caractérisation agricole de la région d'étude est faite ici de façon résumée, à l'aide de l'analyse des données statistiques concernant le dernier recensement agricole (1989) et des études monographiques régionales. Les données sont relatives aux deux communes où la plupart de la surface irrigable est concentrée (Figueira de Cavaleiros et Odivelas).

Les enquêtes réalisées sur le terrain ont été importantes à titre qualitatif pour l'obtention des informations complémentaires non disponibles dans les données statistiques. Par exemple, les rapports entre les différents types d'entreprises agricoles qui sont définis en grande partie par le comportement individuel de chacun des acteurs, l'identification des agents et du type de commercialisation des produits et des marchés de facteurs de production (la terre, la main-d'œuvre, le capital, et les inputs).

1. Potentialités agro-environnementales de la région d'étude

Dans la région du périmètre irrigué d'Odivelas, les sols prédominants sont les sols argileux d'origine calcaire et les hydromorphiques non calcaires. Les premiers sont des sols bien structurés et profonds, leur capacité productive est élevée. Les autres plus représentatifs ont une productivité moyenne dans le contexte régional de l'Alentejo, une des principales contraintes de la production agricole sont des problèmes de drainage dus à l'existence de couches peu perméables à l'eau "les couches pseudo-glei". Ces conditions de drainage dans les années où les hivers sont très humides font chuter la production des cultures d'hiver (Ministère de l'Agriculture, M.E.T.A., 1987).

Sur la carte des Sols du Portugal, les sols argileux prédominants appartiennent au sous-groupe Bpc⁷ et les hydromorphiques au Pag8. Selon la classification du S.R.O.A.9 les sols Bpc appartiennent aux

⁷Des sols lourds d'argile d'origine calcaire.

rangs de capacité d'usage du sol A et B, les plus productives pour les céréales dans le pays et les sols Pag au rang C. Parfois les derniers peuvent apparaître dans les rangs B ou D.

2. L'utilisation du sol

La surface agricole totale concernant les deux communes les plus représentatives du périmètre d'Odivelas est d'environ 15752 ha, 92 % en surface agricole utilisée et 71 % en terre arable. Ceci rend incontestable l'orientation nettement agricole de la zone rurale (voir le tableau 2.1.).

Le poids de la surface en jachère dans les systèmes de culture est moins important ici (24 %) que dans l'ensemble de l'Alentejo (32 %). C'est un indicateur du degré d'intensification des systèmes agricoles dans la zone par rapport à toute la région.

Le pourcentage de surface irrigable est plus élevé (25 %) que celui de l'Alentejo (6 %) et du pays (12 %). Cependant la surface irriguée est seulement d'environ 8 % de la surface agricole totale et 34 % de la surface irrigable.

Tableau 7. Répartition générale de superficie

	Fig.de Cavaleiros et Odivelas		Alentejo		Portugal	
	ha	%	ha	%	ha	%
Superficie totale	15752	100	2007275	100	5316161	100
Superficie agricole utilisée	14522	92	1842097	92	4005594	75
Terre arable	11108	71	1278000	64	2345700	44
Jachère	3776	24	645000	32	830364	16
Cultures permanentes	302	2	169000	8	789452	15
Pâturages permanents	3110	20	398000	20	856423	16
Surface seulement forestière	783	5	124565	6	978314	18
Superficie agricole non utilisée	166	1	17223	1	245152	5
Autres superficies	280	2	23436	1	87241	2
Surface irrigable	3885	25	110752	6	877690	17
Surface irriguée	1331	8	62484	3	631138	12

Source : I.N.E., R.G.A., 1989.

3. Les principales cultures

La région du périmètre irrigué d'Odivelas comprenant les communes de Figueira, de Cavaleiros et Odivelas est spécialisée dans la production d'un petit nombre de cultures, où les céréales sont les plus importantes (44 % de la surface des cultures annuelles). Dans ce groupe, il faut remarquer la surface en blé, 30 % des cultures annuelles (voir le tableau suivant). Les céréales d'hiver (blé, orge et avoine) dans la plupart des cas ne sont pas irriguées. Il y a seulement un petit nombre d'agriculteurs qui irriguent le blé et l'orge au printemps ; par contre, les céréales d'été (riz et maïs) sont toujours irriguées (voir tableau 8).

⁸Des sols qui sont en train de connaître une évolution vers les sols hydromorphiques et n'ont pas d'origine calcaire.

⁹Service de Reconnaissance et Aménagement Agraire du Ministère de l'Agriculture du Portugal.

Tableau 8. Superficie des cultures principales

	Fig.de Cavaleiros et Odivelas		Alentejo		Portugal	
	ha	%	ha	%	ha	%
Total de cultures annuelles	7470	100	660940	100	1895364	100
Blé	2201	29	214996	33	294535	16
Blé dur	16	0	16502	2	24795	1
Seigle	0	0	1894	0	109959	6
Orge	576	8	53390	8	68797	4
Avoine	228	3	72389	11	115256	6
Maïs	309	4	13435	2	215537	11
Riz	861	12	15256	2	34223	2
Cultures fourragères	1371	18	155977	24	652774	34
Tournesol	1150	15	55419	8	58316	3
Horticoles	506	7	13138	2	62789	3

Source : I.N.E., R.G.A., 1989.

Les oléagineux sont représentés par le tournesol avec 15 % de la surface des cultures annuelles. Ces chiffres correspondent à 1989 : aujourd'hui la surface de tournesol dans tout l'Alentejo est bien supérieure. Elle a augmenté en conséquence des paiements compensatoires élevés dans le cadre de la réforme de la PAC. Cette politique de soutien aux producteurs d'oléagineux a entraîné la diminution de la surface d'autres cultures, dans notre région d'étude celle du maïs est la plus affectée (Chambre d'Agriculture de Ferreira do Alentejo). Le tournesol peut se faire en sec ou en irrigation.

Les cultures horticoles représentent une surface inférieure à 7 %, cependant, elles sont très importantes dans l'économie des petites et moyennes exploitations. Dans ce groupe de cultures, les plus importantes dans la région sont la tomate et le melon.

Les cultures fourragères annuelles représentent 18 % de la surface des cultures annuelles, seule une petite partie est irriguée. Ces cultures occupent en général les sols moins productifs (les rangs de sols C ou D).

Les céréales sont produites en rotations de courte durée avec le tournesol et ou les cultures horticoles. La durée des rotations augmente avec la diminution de la capacité productive des sols. Dans les sols les plus riches du groupe Bpc, du rang A et B, les rotations sont du type cultures d'été-céréales d'hiver ou cultures d'été-céréales d'hiver-céréale d'hiver. Dans les sols du groupe Pag du rang B, C et un peu D aussi, les rotations commencent à être plus longues : cultures d'été-céréales d'hiver-céréales d'hiver ou cultures d'été-céréales d'hiver-céréales d'hiver ou cultures fourragères-jachère (1 ou 2 ans).

4. La structure du foncier et des exploitations agricoles

Dans les communes de Figueira de Cavaleiros et Odivelas, la taille moyenne des exploitations agricoles est d'environ 48 ha et dans l'Alentejo de 39 ha. La terre est concentrée sur un petit nombre d'exploitations agricoles, 55 % de la superficie appartient à 6 % seulement des exploitations de la zone. Ce sont de grandes exploitations avec plus de 200 ha de taille. Les exploitations de taille entre 1 et 50 ha sont très nombreuses (80 % du total des exploitations), mais leur superficie ne représente plus qu'un quart du total. Les entreprises agricoles entre 50 et 200 ha ont presque la même surface que les exploitations avec moins que 50 ha (20 %), mais elles ne représentent que 10 % des exploitations de la zone. Les exploitations avec moins d'1 ha ne sont pas représentatives (voir le tableau 2.3).

Dans la majorité, le mode de faire-valoir prédominant est le fermage (54 % des exploitations et 43 % de la SAU). Le mode de faire-valoir direct est important lui aussi, il représente 46 % des exploitations et 45 % de la SAU. Le mode faire valoir direct est prédominant dans les petites fermes jusqu'à 5 ha et dans les exploitations de plus de 200 ha. Les exploitations entre 5 et 200 ha ont dans la majorité le fermage comme mode de faire valoir, (voir les tableaux 10. et 11.).

Tableau 9. Le nombre d'exploitations et surface par la S.A.U. dans les communes de Fig. de Cavaleiros et Odivelas

Importance de la SAU (ha)	Exploitations		Surface		Moyen./exp. ha
	nombre	%	ha	%	
Total	326	100	15754	100	48
Sans SAU	10	3	2	0	0
< 1	3	1	1	0	0
de 1 à 5	68	21	180	1	3
de 5 à 20	130	40	1790	11	14
de 20 à 50	66	20	2060	13	31
de 50 à 100	18	6	1301	8	72
de 100 à 200	13	4	1834	12	141
> 200	18	6	8586	55	477

Source : I.N.E., R.G.A., 1989.

Le métayage est peu important dans la zone comme mode de faire valoir. Il est lié à la production d'alimentation pour l'élevage. C'est le cas du producteur de céréales qui loue la terre dans l'été, après la récolte, au paysan qui y met ses animaux.

Tableau 10. Le mode de faire valoir par nombre d'exploitations

Importance de la SAU (ha)	Total d'expl.		Faire Valoir direct		Fermage		Autres	
	nombre	%	nombre	%	nombre	%	nombre	%
Total	316	100	147	47	122	54	27	9
< 1	3	100	2	67	0	0	0	0
de 1 à 5	68	100	41	60	11	16	10	15
de 5 à 20	130	100	44	34	89	68	8	6
de 20 à 50	66	100	32	48	47	71	7	11
de 50 à 100	18	100	9	50	12	67	1	6
de 100 à 200	13	100	6	46	9	69	0	0
> 200	18	100	13	72	4	22	1	6

Source : I.N.E., R.G.A., 1989.

Tableau 11. Le mode de faire valoir selon la SAU

Importance de la SAU (ha)	SAU totale		Faire Valoir direct		Fermage		Autres	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Total	14525	100	6548	45	6218	43	328	2
< 1	1	100	1	100	0	0	0	0
de 1 à 5	140	100	74	53	26	19	19	14
de 5 à 20	1677	100	433	26	1148	69	65	4
de 20 à 50	1920	100	577	30	1233	64	76	4
de 50 à 100	1272	100	482	38	789	62	8	1
de 100 à 200	1798	100	600	34	1138	63	0	0
> 200	7710	100	4381	57	1884	24	156	2

Source : I.N.E., R.G.A., 1989.

5. Types d'entrepreneurs agricoles

Le nombre élevé de producteurs autonomes¹⁰ dans les communes de Figueira de Cavaleiros et Odivelas (90 % des producteurs et 51 % de la SAU) met en évidence le caractère familial des exploitations agricoles. On considère les producteurs autonomes ceux qui utilisent en majorité la main-d'oeuvre familiale comme force de travail et pouvant recourir dans certains cas à la main-d'oeuvre salariée. Les producteurs entrepreneurs sont seulement environ 3 % mais ils détiennent 21 % de la SAU (voir les deux tableaux 12. et 13.). Ces producteurs utilisent essentiellement la main-d'oeuvre salariée comme source de travail dans les exploitations agricoles.

Tableau 12. Le type de producteurs selon le nombre d'exploitations

Catégorie de SAU (ha)	Total		Autonomes		Entrepreneurs		Autres	
	nombre	%	nombre	%	nombre	%	nombre	%
Total	326	100	295	90	10	3	16	6
< 1	3	100	3	100	0	0	0	0
de 1 à 5	68	100	64	94	1	1	3	4
de 5 à 20	130	100	125	96	0	0	5	4
de 20 à 50	66	100	62	94	0	0	3	5
de 50 à 100	18	100	16	89	0	0	2	11
de 100 à 200	13	100	11	85	1	8	1	8
> 200	18	100	4	22	8	44	6	17

Source : I.N.E., R.G.A., 1989.

Les entreprises agricoles de taille inférieure à 200 ha sont dans la majorité de type familial, plus de 84 % appartiennent aux producteurs autonomes, qui exploitent plus de 75 % de la SAU de ces exploitations. En général, les fermes avec plus de 200 ha sont des producteurs entrepreneurs (44 % des grandes exploitations et 36 % de leur SAU).

Tableau 13. Le type de producteurs selon la SAU

Catégorie de SAU (ha)	Total		Autonomes		Entrepreneurs		Autres	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Total	14525	100	7411	51	3063	21	4042	28
< 1	1	100	1	100	0	0	0	0
de 1 à 5	140	100	129	92	1	1	10	7
de 5 à 20	1677	100	1618	96	0	0	79	5
de 20 à 50	1920	100	1826	95	0	0	64	3
de 50 à 100	1279	100	1130	88	0	0	149	12
de 100 à 200	1798	100	1462	81	161	9	175	9
> 200	7710	100	1246	16	2901	38	3565	46

Source : I.N.E., R.G.A., 1989.

Dans presque toutes les catégories de SAU, la majorité des producteurs sont agriculteurs à plein temps. Cependant les exploitations avec moins de 50 et plus de 200 ha ont un nombre important d'agriculteurs à temps partiel. Dans le premier cas, la taille des exploitations ne permet pas d'obtenir un revenu permettant de faire face aux besoins de la famille agricole et le producteur est obligé de devenir pluriactif. Il travaille dans les autres exploitations de la région de taille supérieure ou dans les autres secteurs de l'activité économique (I.N.E., 1989 et Chambre d'Agriculture de Ferreira do Alentejo).

¹⁰Ce sont des producteurs individuels qui ne font pas appel à la main-d'oeuvre salariée

6. La population agricole familiale et la main-d'oeuvre

Comme dans toute la région de l'Alentejo, dans les communes de Figueira de Cavaleiros et Odivelas, la population agricole familiale est vieille et a aussi un niveau scolaire bas. Près de 40 % de la population agricole familiale n'a aucune préparation scolaire et 52 % a la formation de base¹¹. Plus que 70 % des producteurs ont plus de 40 ans sans accès aux aides aux jeunes agriculteurs (I.N.E., 1989).

La main-d'oeuvre agricole dans la région est salariée et familiale, la première peut être permanente ou saisonnière. L'emploi de main-d'oeuvre est seulement importante dans les exploitations de plus de 200 ha. Dans les exploitations de taille inférieure, l'emploi de main-d'oeuvre est peu fréquent. Le type de travail prédominant dans ces exploitations est familial (I.N.E., 1989).

7. Les machines

Le nombre de tracteurs par exploitation dans la zone est en moyenne de 0.76. Dans les exploitations entre 1 et 50 ha, le nombre de tracteurs par exploitation varie entre 0.09 et 1 ; dans celles de taille comprise entre 50 et 200 ha, ce chiffre varie entre 1.17 et 1.69 et dans les exploitations de taille supérieure à 200 ha, il peut atteindre 3. Ceci montre que le nombre de tracteurs par exploitation augmente avec la taille des exploitations. Il est important de vérifier que le nombre d'hectares de SAU par tracteur est plus bas dans les exploitations de moindre dimension. Par exemple, les exploitations entre 1 et 50 ha, ont un tracteur pour 25 ha ; par contre, dans les exploitations avec de plus de 200 ha, ce chiffre est beaucoup plus élevé, un tracteur pour 140 ha (voir tableau 14).

Tableau 14. Nombre de tracteurs par exploitation et rang de SAU

Catégories de SAU (ha)	Nombre d'exploitation	Nombre de tracteurs	Tracteurs par exploitation	Tracteurs < 55 cv	Tracteurs 55-82 cv	Tracteurs > 82 cv
Total	326	248	0,76	15	199	34
Sans SAU	10	0	0	0	0	0
< 1	3	0	0	0	0	0
de 1 à 5	68	6	0,09	1	5	0
de 5 à 20	130	75	0,58	7	63	5
de 20 à 50	66	69	1,05	3	57	9
de 50 à 100	18	21	1,17	0	16	5
de 100 à 200	13	22	1,69	1	16	5
> 200	18	55	3,06	3	42	10

Source : I.N.E., R.G.A., 1989.

8. L'élevage

L'élevage a une place complémentaire dans l'économie des exploitations agricoles : elle permet d'utiliser des productions secondaires (la paille et les résidus des céréales) et les sols pauvres. Dans les mauvaises années agricoles, l'élevage joue un rôle important : il permet de compenser en partie les pertes.

L'élevage n'a pas d'importance dans les petites exploitations, on peut seulement faire une petite remarque sur les exploitations entre 20 et 50 ha, où 21 % de ces entreprises font de l'élevage d'ovins. Dans les exploitations de 50 à 200 ha, plus de 50 % ont des ovins, les autres types d'élevage (bovins, caprins et porcins) sont peu représentatifs. Plus d'un tiers des exploitations de plus de 200 ha pratique l'élevage, 33 % élèvent des bovins et 44 % possèdent des troupeaux d'ovins (voir tableau 2.9).

¹¹ La formation de base au Portugal comprend les quatre premières années de scolarité

Tableau 15. Le poids de l'élevage dans les exploitations

catégories de SAU (ha)	% d'exploitations avec:			
	Bovins	Ovins	Caprins	Porcs
Total	6	20	5	5
Sans SAU	0	90	10	0
< 1	33	0	0	0
de 1 à 5	3	6	3	2
de 5 à 20	4	8	2	2
de 20 à 50	2	21	3	9
de 50 à 100	17	56	11	11
de 100 à 200	23	69	8	15
> 200	33	44	22	11

Source : I.N.E., R.G.A., 1989.

9. L'irrigation

Presque 84 % des exploitations des communes de Figueira de Cavaleiros et Odivelas ont une surface irrigable et 49 % une surface irriguée, mais les pourcentages de SAU irrigable et irriguée est seulement de 27 et 9 % de la SAU totale (voir le tableau 5.10.). La plupart des superficies irrigables est concentrée dans les fermes de 5 à 50 ha, 60 % de la SAU irrigable. Pour les fermes de plus de 200 ha, la superficie irrigable est d'environ 20 % de la SAU irrigable totale. La surface irriguée suit la même répartition par les rangs de SAU des exploitations que la surface irrigable.

La majorité des exploitations de moins de 50 ha ont une grande partie de leur SAU irrigable (plus que 50 %). C'est dans ce groupe d'exploitations que la surface irriguée est la plus importante, presque un quart de la SAU totale. Dans les exploitations de taille comprise entre 50 et 200 ha, le poids de la SAU irrigable est de 25 %, mais la SAU irriguée ne dépasse pas 10 % de leur SAU totale. Dans l'ensemble des exploitations de la zone, ce sont les exploitations de plus de 200 ha, celles où les SAUs irrigables et irriguées ont moins d'importance (10 et 3 % de leur SAU totale).

Tableau 16. Le poids des surfaces irrigables et irriguées dans la SAU

Catégories de SAU (ha)	SAU totale				SAU irrigable				SAU irriguée			
	Exp.	%	ha	%	Exp.	%	ha	%	Exp.	%	ha	%
Total	316	100	14252	100	264	84	3885	27	154	49	1331	9
< 1	3	100	1	100	1	33	1	100	0	0	0	0
de 1 à 5	68	100	140	100	48	71	88	63	18	26	32	23
de 5 à 20	130	100	1677	100	122	94	1282	76	76	58	443	26
de 20 à 50	66	100	1920	100	57	86	929	48	38	58	336	18
de 50 à 100	18	100	1279	100	14	78	323	25	10	56	107	8
de 100 à 200	13	100	1798	100	9	69	469	26	4	31	178	10
> 200	18	100	7710	100	13	72	793	10	8	44	238	3

Source : I.N.E., R.G.A., 1989.

Quant à l'origine de l'eau pour l'irrigation, la majorité vient des barrages (96 % des exploitations avec irrigation). Seul un petit nombre d'exploitations utilise l'eau souterraine et celle des fleuves (voir le tableau 17).

Tableau 17. L'origine de l'eau pour l'irrigation

Catégories de SAU (ha)	Exploitations avec irrigation		L'origine de l'eau souterraine		L'origine de l'eau des barrages		L'origine de l'eau des fleuves	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
Total	264	100	14	5	254	96	5	2
< 1	1	100	0	0	1	100	0	0
de 1 à 5	48	100	1	2	47	98	0	0
de 5 à 20	122	100	5	4	119	98	0	0
de 20 à 50	57	100	4	11	53	93	1	2
de 50 à 100	14	100	0	0	14	100	0	0
de 100 à 200	9	100	3	33	8	89	3	33
> 200	13	100	1	8	12	92	1	8

Source : I.N.E., R.G.A., 1989.

Le système d'irrigation le plus courant dans les exploitations agricoles de la zone d'étude se fait par écoulement (99 % des exploitations ont une irrigation utilisant ce système). Le système d'irrigation par aspersion commence à se développer notamment dans les exploitations de plus de 200 ha (voir le tableau 18).

Tableau 18. Les types de système d'irrigation

Catégories de SAU (ha)	Exploitations avec irrigation		Exploitations avec le système d'irrigation par écoulement		Exploitations avec le système d'irrigation par aspersion		Exploitations avec le système d'irrigation de goutte à goutte	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
Total	264	100	261	99	7	3	1	0
< 1	81	100	1	100	0	0	0	0
de 1 à 5	48	100	47	98	1	2	0	0
de 5 à 20	122	100	122	100	1	1	0	0
de 20 à 50	57	100	57	100	1	2	0	0
de 50 à 100	14	100	14	100	0	0	0	0
de 100 à 200	9	100	8	89	2	22	0	0
> 200	13	100	12	92	2	15	1	8

Source : I.N.E., R.G.A., 1989.

10. Les rapports des entrepreneurs agricoles avec le milieu socio-économique

Les entrepreneurs agricoles s'approvisionnent en main-d'oeuvre salariée permanente dans la zone du périmètre irrigué d'Odivelas, mais les travailleurs saisonniers sont pour la plupart des gens qui viennent de l'extérieur de la région à l'époque de la récolte pour trouver du travail.

Les inputs sont achetés aux entreprises de revente dans le village de Ferreira do Alentejo ou dans la ville de Beja. Dans la commune d'Odivelas, il y a deux entreprises de location de matériel agricole, dont les propriétaires sont aussi des petits agriculteurs. Dans la commune de Figueira de Cavaleiros, il y a diverses entreprises de ce type.

Les céréales sont commercialisées par l'EPAC¹² et par d'autres entreprises privées fournissant l'alimentation du bétail. Il y a deux usines de tomates où les producteurs peuvent apporter leur produit. Le riz est séché dans la zone en général, seuls les grands producteurs ont des machines pour

¹²C'est l'ancienne entreprise nationale d'emménagement et de commercialisation des céréales, aujourd'hui elle est privatisée.

faire le séchage du riz (ils louent aussi ce matériel aux autres). La commercialisation du riz est faite hors de la zone dans les coopératives agricoles d'Alcácer do Sal¹³. Le melon est vendu aux grossistes qui vont le vendre partout.

III. Exploitations représentatives dans le périmètre irrigué d'Odivelas

Les seules exploitations qui sont l'objet de notre étude sont celles dont l'activité agricole est la principale activité. Ainsi les entreprises orientées vers d'autres activités liées au milieu rural ne seront pas prises en compte.

L'étude des données statistiques et l'analyse qualitative des enquêtes nous permet de dessiner les entreprises régionales représentatives et de dégager leurs caractéristiques les plus importantes. Le choix des exploitations-types sur le terrain est faite à partir de l'analyse quantitative des enquêtes et de leur comparaison avec les principales caractéristiques des fermes représentatives régionales.

1. Les exploitations régionales : leurs principales caractéristiques

Selon les critères considérés, la taille des exploitations, le mode de faire-valoir et l'accès aux biens de production (main-d'oeuvre et capital), on trouve trois types d'entreprises agricoles régionales représentatives, qui sont : les entreprises agricoles de type familial marchand, les cultivateurs "os seareiros" et les grandes entreprises agricoles de type capitaliste.

1) Les exploitations agricoles de type familial marchand sont des entreprises de taille inférieure à 50 ha, le mode de faire-valoir prédominant est le fermage fixe de longue durée, la main-d'oeuvre est presque entièrement familiale et la production a pour but le marché. Les systèmes de production sont orientés vers les grandes cultures de rente (le blé et le tournesol), le melon et la tomate. Dans les années où il y a de l'eau en abondance, certains de ces producteurs cultivent quelques surfaces de riz. Ces exploitations ont leur propre matériel agricole, mais quelquefois elles font la location de matériel agricole lourd à l'extérieur. La surface irriguée est dans la majorité des cas supérieure à 20 % de la SAU, le système d'irrigation le plus courant se fait par écoulement, par contre l'irrigation goutte à goutte commence à se développer dans les cultures du melon et de la tomate. Ce sont des entrepreneurs autonomes. Ces exploitations représentent plus que 50 % des exploitations et moins d'un quart de la SAU de la zone.

2) Les cultivateurs "os seareiros", sont des producteurs sans terre qui louent la terre seulement pendant le cycle de la campagne de la tomate. En général, ce sont aussi des fournisseurs des services de location d'équipement agricole aux autres exploitations. Les techniques d'irrigation sont dans la plupart des cas rudimentaires. Le système d'irrigation par écoulement est le plus utilisé.

3) Les grandes entreprises agricoles de type capitaliste ont une taille supérieure à 200 ha, le mode de faire valoir prédominant est le mode direct. Elles font appel à la main-d'oeuvre salariée. Dans certains cas, le degré de mécanisation est assez élevé. Les systèmes agricoles sont basés sur les grandes cultures de rente et sur la production de pâturages et fourrages pour l'alimentation du bétail. Les élevages peuvent avoir un rôle complémentaire seulement ou peut être aussi une activité principale. L'élevage de bovins et d'ovins sont les plus fréquents. En général, le poids de la surface irrigable dans la SAU est faible (en moyenne, elle ne dépasse pas 10 %), mais il y a certains cas de spécialisation en cultures irriguées où la surface irrigable est bien supérieure. Les cultures irriguées les plus importantes dans ces exploitations sont le tournesol, les céréales, le riz et la tomate. Comme dans les autres types d'exploitations, le système d'irrigation par écoulement est le système prédominant ; par contre, on assiste aujourd'hui à un développement assez important des systèmes d'irrigation par aspersion. Ces exploitations et celles des cultivateurs appartiennent en majorité aux producteurs entrepreneurs. Ces exploitations représentent 6 % des exploitations et 55 % de la SAU de la zone.

¹³Une ville à plus de 60 Km

À l'aide de notre analyse des données et des opinions des agriculteurs et agronomes de la région, nous considérons qu'il faut retenir les caractéristiques principales suivantes :

1) Dans le périmètre d'Odivelas, les cultures irriguées les plus importantes sont le riz, le maïs et le tournesol. Dans les petites et moyennes exploitations, la tomate et le melon sont aussi importantes.

Il y a à considérer dans certains cas aussi les irrigations d'appoint du blé et de l'orge. Ces dernières années, la surface cultivée en maïs a été remplacée par le tournesol, et la surface cultivée en riz a diminué ; c'est la conséquence de la sécheresse prolongée.

2) Les systèmes irrigués dans la zone d'étude se caractérisent par un faible niveau de capitalisation et par une utilisation accrue de main-d'oeuvre.

3) Le système d'irrigation par écoulement est le plus utilisé, de nouvelles technologies d'irrigation sont en train de se développer, comme les systèmes de goutte à goutte dans le cas de la tomate et du melon et les systèmes d'aspersion dans les grandes cultures.

2. Le choix des exploitations-types

Les réflexions qui précèdent montrent la diversité qu'on trouve dans les conditions de production des exploitations agricoles de la région d'étude.

Pour faciliter notre analyse, nous allons choisir une exploitation-type de chaque groupe d'exploitations représentatives régionales. Ce choix est centré sur la comparaison des principales caractéristiques des exploitations régionales par rapport aux exploitations où on a enquêté.

Nous avons enquêté dans quatorze exploitations agricoles, toutes de la zone du périmètre irrigué d'Odivelas, huit de type familial marchand (type 1), cinq de type capitaliste (type 3) et une de cultivateurs "os seareiros" (type 2).

Pour chaque exploitation-type, le choix a été centré sur les critères suivants : la taille des exploitations, le mode de faire valoir, les cultures, l'élevage, le type de main-d'oeuvre, le degré de mécanisation et les principales caractéristiques de l'irrigation et le type de sols.

On présente dans le tableau 2.13. les caractéristiques les plus importantes pour les fermes choisies.

Les fermes du type 1 et 2 ont un statut de fermage qui leur permet d'utiliser une partie de la terre qui appartient à l'exploitation du type 3.

L'exploitation du type 2 est spécialisée dans la production de la tomate. C'est aussi une entreprise de location de matériel agricole.

Cette entreprise loue quelquefois les machines agricoles aux autres exploitations des types 1 et 3, notamment les tracteurs et les moissonneuses-batteuses.

Une fois la classification et l'identification des ressources et contraintes des exploitations représentatives achevée, on passera au chapitre 3 à la définition du cadre théorique.

Tableau 19. - Les exploitations représentatives

Facteurs de production disponibles	Exploitations		
	Type 1	Type 2	Type 3
Terre (ha)	28	25	600
Terre en fermage %	100	100	0
Surface irrigable %	100	100	40
Surface irriguée %	54	100	16
Céréales d'hiver %	32	0	0
Céréales d'été %	0	0	11
Oléagineux %	43	0	9
Pâturages + fourrages %	0	0	69
Fruits et légumes %	7	100	0
Irrigation aspersion enrouleur (ha)	0	0	100
Travail familial (UTA)	2	1	0
Travail salarié (UTA)	0	1	4
Travail saisonnier (h)	0	20000	0
Tracteurs (nombre)	1	2	3
Moissonneuse-batteuse (nbre)	0	2	2
Vaches allaitantes (nbre)	0	0	150

Source : élaboration personnelle

Chapitre 3 - Cadre théorique

I. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter le cadre théorique dans lequel s'insère notre recherche. La méthodologie utilisée apporte des innovations importantes en ce qui concerne l'évaluation des systèmes agricoles. Ces innovations se trouvent dans l'utilisation simultanée des modèles biophysiques de croissance de plantes et des modèles économiques de programmation linéaire.

Les modèles sont des idéalizations de la réalité qui nous permettent de comprendre et de prévoir le fonctionnement d'un système avec une certaine précision numérique (Zekri), ils constituent le moyen le plus efficace de toutes les sciences, malgré les simplifications et les hypothèses restrictives (Ballestro, 1983).

Les modèles de simulation ne reproduisent pas la réalité dans toute sa complexité. On peut arriver à des approximations des phénomènes réels, en connaissant les hypothèses sur lesquelles reposent les modèles.

Selon Sixto Rios Insua, (1990) l'utilisation des modèles a comme principaux avantages :

- 1) elle permet d'analyser un nombre très grand d'alternatives ;
- 2) le coût d'analyse basé sur les modèles est nettement inférieur à celui de l'expérimentation ;
- 3) il existe la possibilité de procéder à des changements dans le modèle ;
- 4) la possibilité de faire une analyse systémique et d'étudier les interrelations et ;
- 5) la possibilité d'expérimenter, ce qui ne peut être fait dans la pratique.

II. L'approche méthodologique retenue

Nous avons refusé d'utiliser des cadres rigides d'analyse théorique. Le type d'analyse choisie consiste à utiliser différents outils de la théorie économique mis en relation avec des outils bio-physiques (les modèles agronomiques de croissance des plantes). C'est un type d'approche qu'on peut qualifier de systémique et multidisciplinaire.

Selon Boussemart et al. (1994) cette approche méthodologique permet de tenir compte à la fois des aspects socio-économiques et écologiques de la production agricole ainsi que de fournir des éléments pour l'élaboration de politiques cohérentes.

Cette méthodologie qui combine des modèles de croissance de plantes avec des modèles de programmation mathématique est très récente. Le Center for Agricultural and Rural Development (CARD) aux Etats-Unis a été le premier à utiliser cette approche en 1985, l'utilisant pour certaines cultures dans un modèle sectoriel de l'agriculture américaine.

En Europe, il y a déjà quelques travaux qui font appel à cette approche, c'est le cas du projet européen POLEN, (1994) et la recherche de Fonseca, (1995). Comme le signale Flichman (1986), "ce type d'approche peut aider à mieux comprendre les implications de l'application de nouvelles politiques sur les différents types d'exploitations, elle peut aussi fournir des éléments pour proposer d'autres alternatives politiques".

Nous avons décidé d'utiliser l'approche suivie par Deybe (1992), en considérant un modèle de programmation mathématique agrégé au niveau de la micro-économie. Le modèle tient compte des principales caractéristiques des diverses exploitations représentatives des deux communes les plus représentatives du périmètre irrigué d'Odivelas en Alentejo. Les rapports entre eux sont définis de façon explicite afin de reproduire une agrégation stylisée d'un type idéal. On peut ainsi avoir une vision d'ensemble tenant compte des décisions individuelles de chaque producteur au niveau des principales ressources (foncier, l'eau d'irrigation, etc).

III. Les modèles de simulation de croissance de plantes

Du point de vue purement agronomique, le choix des cultures dans une exploitation agricole dépend des ressources naturelles existantes. Les rapports entre les aléas climatiques, la nature pédologique des sols et les techniques culturelles vont déterminer le rendement des cultures et leurs effets sur l'environnement.

Il existe depuis quelques années des méthodes purement agronomiques pour établir des rapports input-output en ce qui concerne la production végétale : ce sont les modèles de croissance de plantes. Ces modèles, dans la mesure où ils peuvent fournir à l'économiste les résultats, en terme de production, des différentes combinaisons de facteurs de production, constituent un moyen très intéressant pour la construction de fonctions de production d'ingénieur (Boussard, Jacquet et Flichman, 1987).

Les modèles agronomiques permettent d'élargir le choix des cultures, les rotations et les techniques de culture sans qu'il faille attendre les résultats de la recherche agronomique. On peut simuler de nouvelles techniques de production et obtenir les résultats, sans qu'il faille avoir des données réelles. Bien sûr, il faut comme point de départ les données réelles de la recherche, elles sont très importantes pour donner toute sa valeur au modèle agronomique.

Après la validation du modèle agronomique, nous pouvons établir plusieurs fonctions de production basées sur différentes techniques de culture. Cette facilité à obtenir des données aussi réelles que potentielles a été déterminante dans le choix de ce type de modèle pour notre approche. Il y a divers types de modèles agronomiques, EPIC 14 a été le modèle que nous avons pris comme référence pour faire notre étude. Selon Putman et Dyke, (1987), "EPIC est un modèle sophistiqué de fonction de production qui simule l'interaction entre le processus du sol, de la plante et de la conduite de cultures dans la production agricole".

Comme le souligne Vicien (1989), "ce type de modèle de simulation peut être employé pour l'évaluation de différents systèmes de production agricole, pour l'estimation des résultats des diverses techniques culturelles, pour la prédiction des rendements dans différentes régions, pour l'ajustement de certaines techniques comme l'irrigation ou la fertilisation et enfin pour l'évaluation de la dégradation du sol à cause de l'érosion et des systèmes de culture qui supposent une utilisation trop intensive du sol".

IV. La programmation linéaire

En économie agricole, la programmation linéaire est une des méthodes qui permet l'évaluation des effets des différents scénarii de politiques agricoles dans l'exploitation rurale (Boussard et Bourliaud, 1974).

La programmation linéaire est une technique centrée sur l'optimisation conditionnée qui étudie le comportement des systèmes. Cette technique suppose la décomposition du système en fonctions

élémentaires que sont les activités. On a un fonctionnement semblable à une unité de transformation dans laquelle on peut introduire des facteurs et obtenir des produits (Fragoso, 1993).

La programmation linéaire est une technique de calcul particulièrement efficace pour la préparation des décisions économiques, spécialement celles qui se rapportent à la mise en oeuvre d'activités complexes par la multitude et l'interdépendance de leurs effets où les actes de production agricole considérés dans toutes les phases de leur technologie au sein d'une entreprise constituent un ensemble relativement complexe (Cordonnier, 1975).

Le problème dans une exploitation agricole est l'affectation des ressources limitées (terre, travail et capital) selon divers systèmes de cultures de façon à maximiser les objectifs de l'exploitant (maximisation du revenu, minimisation des coûts, maximisation du temps de laser, etc). La connaissance des politiques agricoles et des caractéristiques agro-climatiques et socio-économiques de la région d'étude est fondamentale pour développer un modèle bien adapté à la réalité.

Les modèles de programmation mathématique peuvent être utilisés comme outils normatifs ou descriptifs. Nous suivrons une utilisation descriptive, dans la mesure où notre objectif est de simuler le comportement de certaines entreprises agricoles par rapport au changement de la structure d'irrigation.

La formulation mathématique des problèmes de programmation linéaire a la structure générale suivante (Hazell et Norton, 1986):

$$\begin{aligned} & \text{Max } Z = \sum c_j X_j \\ \text{tel que} & \\ & a_{ij} X_j \leq b_i \text{ pour } i = 1 \text{ à } m \\ \text{et} & \\ & X_j \geq 0 \text{ pour } j = 1 \text{ à } n \end{aligned}$$

dans laquelle

Z = fonction objective

X_j = le niveau d'activité j

c_j = la marge brute d'une unité de l'activité j

a_{ij} = la quantité de ressource i nécessaire pour produire une unité de l'activité j

b_i = la quantité disponible de ressource i

1. Evolution et adaptabilité des modèles de programmation mathématique dans les exploitations de l'Alentejo

Selon Marques (1992), les modèles de programmation mathématique les plus utilisés dans la modélisation des entreprises agricoles représentatives de l'Alentejo, sont les modèles de programmation linéaire. Depuis 1982, on a enregistré une évolution concernant la façon de modéliser certaines caractéristiques principales de ces modèles : la qualité des ressources, la saisonnalité dans la production et l'utilisation des ressources, les produits intermédiaires et secondaires.

Dans le premier modèle de programmation linéaire développé pour une exploitation de l'Alentejo, Silva G. et al (1982) ont découpé la terre en terre irriguée et non irriguée. Par la suite, la terre en sec a été partagée selon sa capacité d'utilisation pour la production de céréales. En 1985, Percheiro a développé un modèle de programmation linéaire où il a découpé la terre irriguée en deux classes de productivité. Rego, en 1989, dans un modèle multipériodique d'investissement, a introduit le concept d'unité d'utilisation. Ceci a été important parce que la terre a été découpée, non seulement selon l'aptitude des sols pour la production des céréales, mais aussi pour les autres cultures. Marques et Fragoso en 1993 et 1994 ont introduit le concept temporel d'utilisation de la ressource terre, par la

division des disponibilités de terre selon la qualité des sols et la surface des cultures de l'année précédente.

Pour la saisonnalité dans l'utilisation du travail manuel et de la mécanisation, Silva et al ont découpé l'année en six périodes bimensuelles. Ils ont prévu dans ces périodes la vente et l'achat de ces ressources à l'extérieur de l'entreprise agricole. Dans ce type de modélisation, Percheiro a introduit le concept de jours non disponibles. Ce sont les jours où la pluviométrie est supérieure à 10 mm, ceci raccourcit le temps utile pour certaines opérations. Canha, B. (1988), a modélisé la saisonnalité des opérations de culture selon le calendrier de culture de la région. Marques en 1988 dans un modèle de programmation stochastique, du type sectoriel pour l'agriculture de l'Alentejo, a défini des périodes et sous-périodes par groupes d'opérations culturelles. Les sous-périodes font la limitation de jours disponibles pour les opérations spécifiques de chaque culture ou groupe de cultures et les périodes la limite totale de jours disponibles.

Dans l'agriculture sèche de l'Alentejo, les activités végétales ont des liaisons importantes avec l'élevage. Ce sont les produits végétaux intermédiaires et/ou secondaires qui font cette liaison, grâce aux produits de base de l'alimentation animale (pâturages, foin, paille, les résidus de céréales, etc). Silva et al ont proposé l'introduction des périodes concernant les aliments disponibles pour l'élevage. L'alimentation animale est modélisée dans les lignes du modèle pour chaque période. Les coefficients des activités de production végétale représentent la quantité d'unités fourragères qui sont produites, par activité végétale et par période. Dans la même ligne, les coefficients des activités animales fournissent les besoins alimentaires minimaux, en unités fourragères aussi.

Percheiro a amélioré ce processus, avec l'introduction des coefficients du système d'alimentation américain. Dans ce système, les besoins minimaux nutritifs des animaux sont calculés en termes d'énergie métabolisable (EM) et protéine brute (PB). Pour faire la compensation entre le coût des aliments et leurs valeurs nutritives, il a été nécessaire d'introduire aussi une restriction de capacité maximale d'ingestion (CMI) et d'urée.

Canha a utilisé le même système d'alimentation animale, mais elle a traité chaque aliment de façon individuelle, par l'introduction d'activités de vente, consommation et transferts d'aliments. Marques, en 1988, a découpé les besoins alimentaires du cheptel par animaux jeunes et adultes. Ce qui est plus correct du point de vue zootechnique, dans la mesure où la capacité maximale d'ingestion des animaux jeunes est bien moindre que celle des animaux adultes.

2. L'agrégation

Les modèles agrégés ont une conception un peu différente des modèles individuels. Dans les modèles individuels en général, on cherche à trouver l'allocation optimale de ressources disponibles, qui permettent la satisfaction des objectifs dans leur sens individuel, c'est-à-dire qu'on simule le comportement individuel des agriculteurs. Dans les modèles agrégés, même quand il s'agit de simuler le comportement des agriculteurs, la réponse doit être agrégée et le fruit de décisions individuelles, ainsi que les interactions entre les différents types d'agriculteurs dans une région donnée.

Les liaisons parmi les différents types d'exploitations agricoles sont faites au moyen de transferts des ressources entre elles (terre, équipement, main-d'oeuvre, etc). La somme de ces transferts entre les entreprises agricoles ne peut pas excéder l'offre agrégée dans la région. Dans le modèle mathématique, les transferts de ressources sont représentés par des inéquations.

Il y a divers types de modèles agrégés, les premiers qui ont été construits, étaient des modèles sectoriels ou nationaux d'équilibre partiel (Hazell et Norton, 1986). Dans ces modèles, les activités et les contraintes étaient définies de manière agrégée. Ce qui rend les modèles un peu rigides. Il a été nécessaire d'introduire des variables pour accroître leur flexibilité.

Une deuxième approche pour l'élaboration des modèles agrégés a été présentée par MacCarl (1982). Il propose l'utilisation de l'algorithme de Dantzig-Wolfe (1960) pour l'introduction des activités dans le modèle. L'inconvénient de cette méthodologie, c'est que les fonctions de réponse sont déterminées au niveau individuel, sans tenir compte des relations entre les divers systèmes productifs et/ou les ressources communes (Deybe, 1992).

Une troisième approche concerne l'élaboration des modèles agrégés d'optimisation d'affectation de la terre, en fonction de l'utilisation de certaines ressources (comme l'eau d'irrigation) selon plusieurs objectifs. Dans cette méthode, on optimise chaque objectif séparément et après on les met en rapport au moyen d'une matrice *pay-off*. De l'analyse de ces résultats, on détermine l'importance relative de chaque objectif et on procède à l'optimisation individuelle par paires d'objectifs pondérés. Cette méthode ne permet pas d'évaluer les alternatives techniques d'utilisation d'une ressource donnée, on ne trouve pas l'optimum.

En 1992, Deybe a fait un modèle agrégé pour la région de la Pampa en Argentine et pour un village du Burkina Faso. Dans ce modèle, il a combiné plusieurs modèles individuels dans un seul cadre d'équilibre partiel. Les transferts entre les exploitations individuelles sont définis de façon explicite.

C'est ce type d'approche que nous avons choisi pour traiter le problème d'agrégation des modèles des exploitations individuelles. On peut présenter les avantages suivants, déjà cités Deybe (1992) :

- 1) les effets des interventions peuvent être estimés au niveau global ;
- 2) les externalités globales peuvent être formulées et intégrées dans l'optimisation ;
- 3) l'optimisation de la gestion de ressources communes devient endogène (l'eau d'irrigation) ;
- 4) on peut tenir compte des objectifs et des contraintes auxquels chaque producteur est soumis ;
- 5) le risque des variations du rendement et des prix peut être considéré au niveau individuel.

Partie II

Chapitre 4 - Le modèle de simulation EPIC

I. Introduction

Le développement des structures d'irrigation amène en général un changement des techniques de production. Les agriculteurs vont essayer de combiner leurs facteurs de production de différentes manières, de façon à trouver les meilleurs ajustements face aux nouvelles conditions de production.

Une étude centrée seulement sur les techniques traditionnelles les plus courantes dans la région, nous semble très rigide pour aborder le problème du développement de l'irrigation dans la zone du périmètre irrigué d'Odivelas. On ne peut pas évaluer le comportement des agriculteurs face à un changement important des structures de production dans l'avenir, si notre point de départ est basé sur les actions passées.

L'utilisation du modèle EPIC permet la simulation des techniques de production très diverses et l'obtention de plusieurs données agronomiques. Dans le cadre de cette recherche, nous allons utiliser EPIC pour obtenir les coefficients techniques à introduire dans le modèle économique, concernant la productivité des cultures et des percolations de nitrates. Les différents itinéraires techniques simulés sont basés sur l'intensification des niveaux de fertilisation et d'irrigation. EPIC nous permet de reproduire le comportement agronomique des exploitations représentatives de la région (Fonseca, M., 1995).

II. La construction d'un modèle de base

La qualité des résultats du modèle EPIC dépend essentiellement de l'information de base disponible sur la région d'étude, concernant le climat, les sols et les itinéraires techniques. La principale difficulté des utilisateurs d'EPIC, c'est justement de disposer de données complètes et précises. Quand l'information est incomplète ou peu détaillée, EPIC peut l'estimer. Cependant on considère qu'un bon investissement initial à ce niveau est toujours justifié.

La possibilité d'EPIC de générer stochastiquement les données journalières du climat à partir de l'information statistique a été essentielle dans son utilisation d'origine aux Etats-Unis (Richardson, C.W. et Wright, D.A., 1984). Même en générant le climat journalier, il faut avoir des données de base mensuelles concernant les températures maximale et minimale, la précipitation, la radiation solaire et l'humidité relative. Parfois, les données de radiation solaire et d'humidité relative sont difficiles à exploiter par l'utilisateur commun. On peut les générer seulement à partir des températures maximale et minimale mensuelles. Quand les données du climat sont générées, le nouveau fichier n'est pas directement lié au programme principal, ces données peuvent servir dans d'autres utilisations (Donaldson, A., Hutley-Bull, P., Webster, J. B. G., 1994).

Dans la structure du sol, il y a des paramètres qui, dans certains cas, ne sont pas très connus, mais sont contraignants dans le développement des cultures. Selon Arnold, R. W. et Jones (1987), toute cette information peut être générée et utilisée par EPIC.

1. Le climat

Le succès de la validation d'EPIC dépend en grande partie de la qualité et de l'origine des données du climat. La qualité de l'information est vraiment importante quand il s'agit d'une région comme l'Alentejo où le climat varie beaucoup d'une année sur l'autre et aussi dans la même année de façon complexe, faisant douter de la fiabilité des données climatiques journalières générées.

Dans notre recherche, nous avons commencé par utiliser les données climatiques journalières estimées par EPIC à partir des moyennes mensuelles sur trente ans de la station météorologique de Beja¹⁵. Pour les cultures en sec, les résultats ont été assez bons, mais dans le cas des cultures irriguées, il n'y avait pas de réponse cohérente à l'irrigation, ce qui est la conséquence de la distribution très homogène de la pluviométrie dans les données générées par EPIC, notamment pour les mois d'été.

Face aux mauvais résultats, nous avons choisi d'utiliser les données climatiques journalières de la station météorologique d'Alvalade do Sado¹⁶. La série journalière à laquelle nous avons eu accès fournit des données sur onze ans, de 1984 jusqu'à 1994. Les variables du climat considérées ont été :

- a) la température maximale de l'air.
- b) la température minimale de l'air.
- c) les précipitations.
- d) la radiation solaire.
- e) l'humidité relative.
- f) la vitesse du vent.

2. Les sols

Les données du sol ont une importance déterminante dans la qualité des simulations. L'utilisateur doit apporter le plus d'attention possible au moment de l'élaboration du fichier sol. Pour valider le modèle, nous avons utilisé le groupe de sols le plus représentatif de la zone du périmètre d'Odivelas : un sol de sable (Pag). Sa caractérisation physico-chimique a été faite à partir des données de la carte des sols du Portugal (Cardoso, 1965). Une caractérisation pédologique, centrée sur des analyses de sol, nous semble plus correcte et actuelle. Mais le temps et le budget disponibles pour la recherche n'ont pas rendu cette hypothèse réalisable.

Les sols du groupe Pag sont de moyenne profondeur (de 50 cm à 1 m), leur capacité d'échange est faible et le pourcentage de sable par rapport au limon est élevé (voir le tableau 4.1.).

Tableau 20. Caractérisation générale des sols utilisés

Sol	Horizon	Profondeur cm	Densité apparente	Capacité au champ. %	Point de flétrissém. %	Capacité d'échange m.e./100 g
Pag	Ap1	10	1.34	12.0	3.26	7.96
	Ap2	20	1.34	13.7	3.5	11.85
	B21	30	1.29	23.7	10.5	16.26
	B22	50	1.14	49.4	24.4	19.03
	C	50-100	1.03	42.7	22.1	0

Source : Cardoso, 1965

L'ensemble des paramètres, la densité apparente, la capacité d'échange et le point de flétrissement permanent définissent la réserve hydrique du sol dans chaque couche¹⁷ (Cabelguenne et al., 1995). D'autres paramètres ont été introduits comme le ph, la quantité de carbone organique etc. Les données manquantes ont été estimées par EPIC.

Pour introduire les données du sol, nous avons besoin de découper le profil des sols en couches fines. La première est restée à 1 cm de profondeur, pour simuler une sorte de much. Dans les autres couches

¹⁵ Les données du climat utilisées dans le projet POLEN

¹⁶ Cette station se trouve à 26 Km du barrage d'Odivelas

¹⁷ La capacité d'échange donne une idée de la fertilité du sol, Barros C., du staff de fito-technie de l'Université d'Évora

la profondeur maximale considérée, est de 10 cm. Ce processus est notamment important pour les cultures d'été jusqu'à une profondeur de 25 cm (Cabelguenne, 1995).

Les résultats des simulations ont été proches des valeurs observées, ce qui est un indicateur de la qualité des données utilisées. Nous avons commencé à faire des simulations à 1 m de profondeur, mais les résultats n'ont pas été valables. Serralheiro et al., (1994) ont déjà fait quelques simulations avec ce type de sol et ils ont montré qu'il y a des problèmes à les maîtriser, en ce qui concerne la surface de drainage. Pour essayer de résoudre le problème, nous avons réduit la profondeur du sol jusqu'à 70 cm, ce qui a donné les résultats des simulations plus proches des résultats observés.

3. Les fichiers data

Le développement des cultures est limité par le jeu du climat et des sols et par l'influence des techniques de culture à mettre en place. La technique détermine l'itinéraire technique, qui est le réflexe du type de travail du sol, des fertilisants et des pesticides utilisés. C'est dans les fichiers "data" qu'EPIC met en rapport tous ces facteurs. Les fichiers "data" sont constitués par des données du climat, des sols et des itinéraires techniques, représentant de façon chronologique les opérations de culture effectuées sur une parcelle au cours d'une ou plusieurs années, dans le cas d'une simulation pluriannuelle. Chaque opération est codée et enregistrée par date d'intervention (mois et jour). Il s'agit des travaux du sol (labour, façons superficielles, semis, etc), d'interventions de culture (fertilisations, irrigations, pesticides, etc) et de la récolte.

Selon la région considérée le type d'opérations de culture varie en conséquence du matériel utilisé et des effets de leur utilisation dans le sol. Dans la version original d'EPIC, les coefficients utilisés pour caractériser les outils sont adaptés aux équipements agricoles américains. Cabelguenne, M. et al., (1989) ont élaboré un fichier d'outils adaptés aux conditions françaises "matos", cependant Neto et al. (1994) ont adapté aussi un fichier à l'Alentejo. Le matériel agricole a été caractérisé dans les deux fichiers de la même façon. Ce qui nous a fait prendre le fichier "matos" comme référence pour notre recherche.

Le fichier des outils est composé d'une liste de matériels utilisés dans chaque pays ou région. Chaque outil est décrit quant à ses performances (profondeur de travail, espacement, etc), et pris en compte par le modèle : l'effet sur la modification de la densité apparente en surface, sur l'aération du sol, la dégradation des résidus organiques et donc sur la réhumectation et la minéralisation (Cabelguenne et al., 1995).

4. Le fichier de cultures

Il est au moins aussi sensible que le fichier sol et surtout plus délicat à étalonner et à valider. Il comporte le numéro de codes des cultures comprenant chacune une quarantaine de paramètres et décrivant le fonctionnement de la croissance de la plante au cours du temps (Cabelguenne et al., 1995). Dans la nouvelle version d'EPIC "EWQTPR", il a été nécessaire de modifier le fonctionnement du module plante, en intégrant des sensibilités à l'eau différentes selon les cultures et les stades végétatifs. Ces modifications concernent :

- a) Le découpage en plusieurs phases du cycle végétatif des cultures à partir de la somme des températures de croissance des cultures.
- b) L'adaptation du modèle aux possibilités d'extraction de l'eau du sol en considérant soit un enracinement plus dense dans les horizons de surface, type maïs (conique), donc plus sensible à la sécheresse soit un système racinaire de type cylindrique avec une répartition homogène des racines au long du profil (tournesol).
- c) L'introduction par phase de droites traduisant l'effet de sensibilité des contraintes hydriques sur la variation de l'indice de récolte. Ces droites comportent des coefficients de pente variables selon les espèces et les phases.

À partir du fichier de cultures étalonné et validé à la station d'Agronomie de Toulouse Auzeville, nous avons créé notre propre fichier de cultures. Les modifications sur ce fichier ont été faites en d'accord avec les données disponibles sur l'indice de récolte et la surface foliaire maximale. Pour améliorer les résultats, nous avons paramétrisé le rapport biomasse énergie aussi.

5. La validation du modèle EPIC

La validation d'EPIC consiste dans la comparaison des résultats simulés avec les observés. EPIC donne l'optimum agronomique selon les conditions climatiques et pédologiques d'une région donnée. Ce qui rend difficile la comparaison des résultats simulés avec les données statistiques. Il est préférable d'utiliser les résultats expérimentaux issus des exploitations efficaces de la région d'étude.

Nous avons pris comme référence les données du RICA18 et des enquêtes aux exploitants pour les itinéraires techniques et la productivité des cultures. Les données du RICA sont relatives aux exploitations représentatives de la région de Beja, dont les conditions de production sont semblables à celles du périmètre irrigué d'Odivelas. Dans le tableau qui suit, on présente les résultats simulés et mesurés dans les enquêtes auprès des exploitants.

La comparaison de ces valeurs et l'opinion de divers agronomes de la région nous a permis de vérifier le bon comportement du modèle face aux conditions climatiques et pédologiques de la zone d'Odivelas, ce qui nous permet d'utiliser le modèle dans la construction de fonctions de production d'ingénieur. Il nous semble important de remarquer que la première étape de la validation s'est faite en utilisant deux cultures en sec, le blé et le tournesol, pour mieux s'apercevoir de la sensibilité du modèle face aux variations du climat.

Tableau 21. Comparaison des résultats simulés avec les observés

Culture	Productions	Productivité simulée (Tonnes/ha)	Productivité observée (Tonnes/ha)
Blé en sec	bonne	3.0	3.0
	plus fréquente	1.7	2.0
	mauvaise	1.1	1.2
Orge en sec	bonne	2.2	3.0
	plus fréquent	1.3	2.0
	mauvaise	1.1	0.5
Avoine en sec	bonne	1.9	
	plus fréquent	1.6	1.8
	mauvaise	1.1	
Maïs irrigué	bonne	8.4	8.0
	plus fréquent	8.0	7.5
	mauvaise	7.2	6.5
Tournesol en sec	bonne	0.8	0.8
	plus fréquent	0.7	0.6
	mauvaise	0.4	0.2

Source : Les résultats des enquêtes aux exploitants et du modèle EPIC

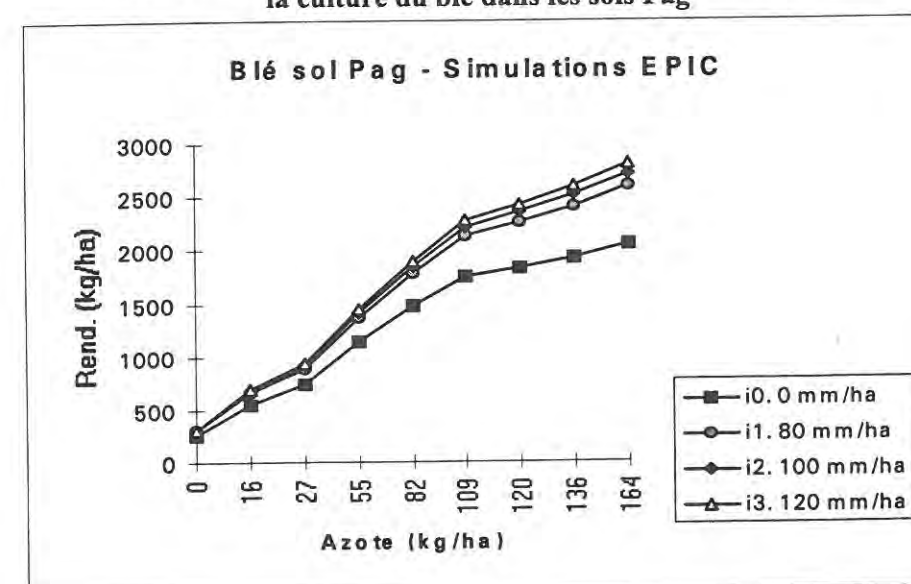
III. L'utilisation du modèle comme fonction de production

Après la validation, nous avons essayé plusieurs simulations basées sur différents niveaux de fertilisation et d'irrigation à partir de la technique de base (RICA). Celle-ci est la plus courante dans la région.

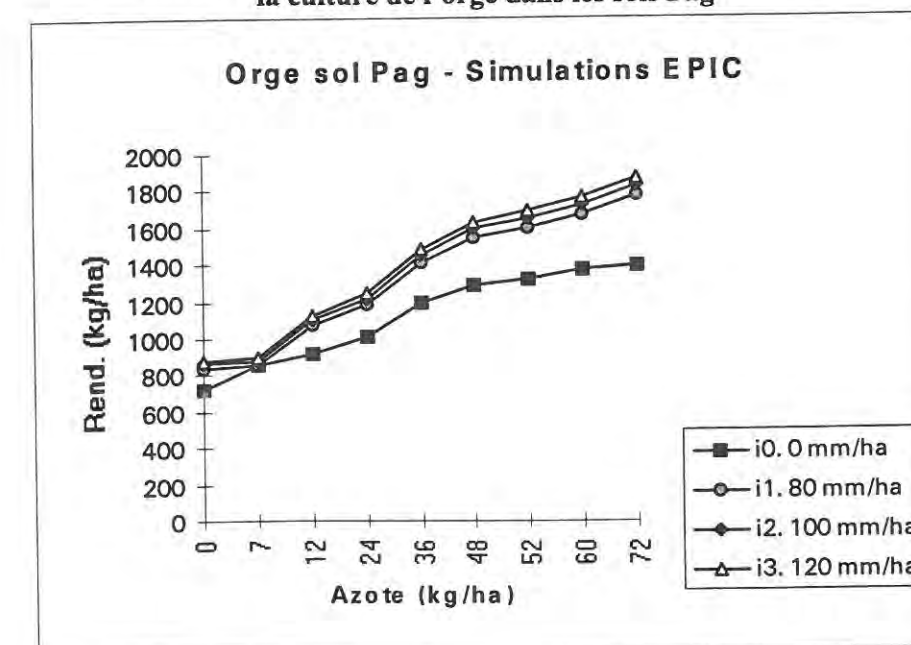
Le niveau minimum d'irrigation est en accord avec les minimums d'utilisation d'eau par type de culture fixé par le gouvernement portugais (Ministère de l'Agriculture, 1995). Le but de la fixation d'un niveau minimum d'utilisation d'eau par le gouvernement, est d'avoir une référence pour le paiement des aides compensatoires aux producteurs de cultures irriguées selon les directives de la PAC. Les autres niveaux d'irrigation considérés ont été calculés comme des pourcentages d'utilisation du niveau de base (125 et 150 %). Ces utilisations de l'eau dans l'irrigation sont consistantes avec la quantité d'eau utilisée par les agriculteurs de la région.

Dans les graphiques 2, 3 et 4., on montre les courbes de production du blé, orge et avoine, selon différentes combinaisons de fertilisation et irrigation. Pour chaque niveau d'irrigation, le modèle nous permet d'obtenir une courbe de réponse à la fertilisation.

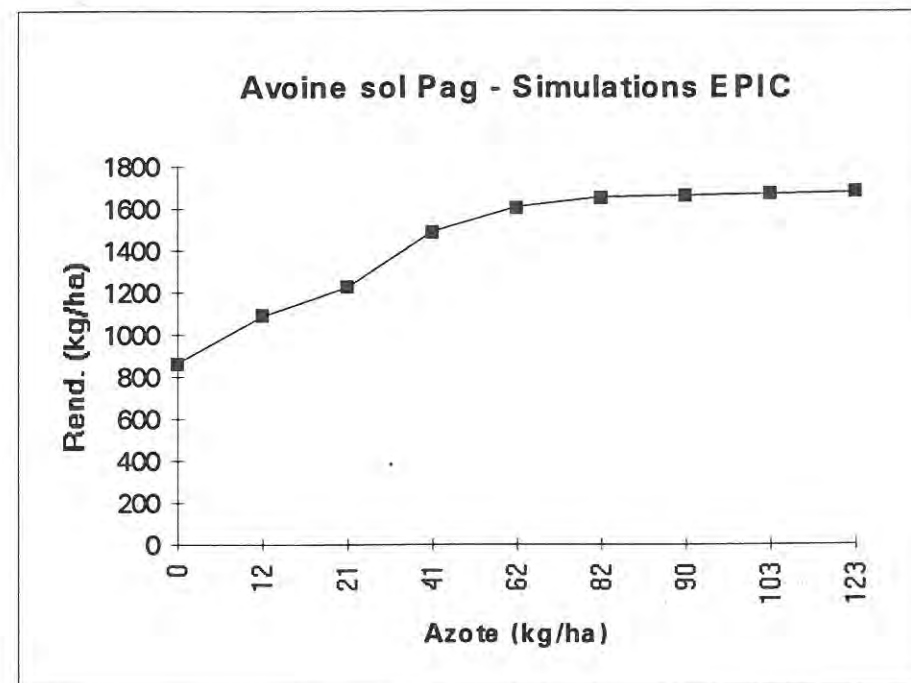
Graphique 1. Résultats de l'application du modèle EPIC pour la culture du blé dans les sols Pag



Graphique 2. Résultats de l'application du modèle EPIC pour la culture de l'orge dans les sols Pag



Graphique 3. Résultats de l'application du modèle EPIC pour la culture de l'avoine dans les sols Pag



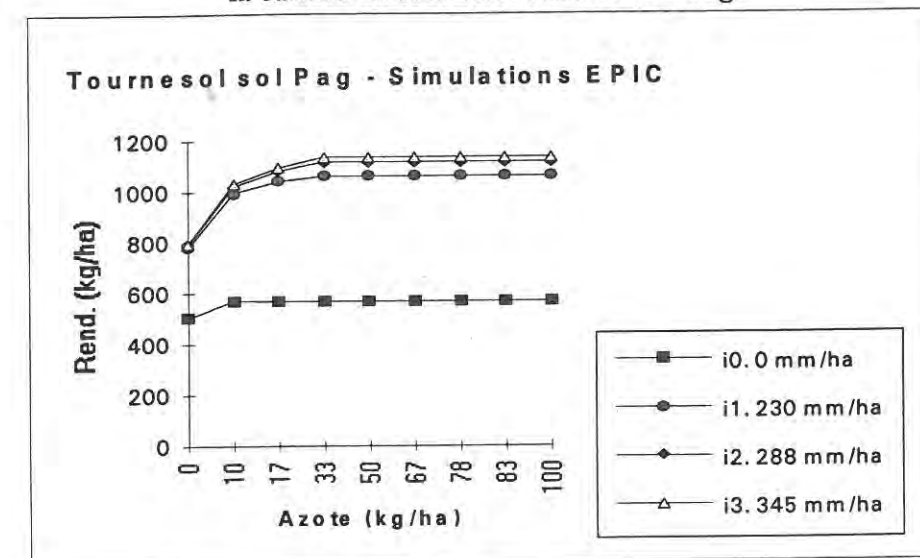
Les résultats montrent le rôle décisif de l'utilisation de grands niveaux de fertilisation azotée et de l'irrigation d'appui dans l'obtention de bonnes productions de céréales d'hiver. Selon Carvalho, M. et al., (1995). l'obtention de productivités élevées des céréales d'hiver dans la région méditerranéenne dépend beaucoup des quantités d'azote apportées et de la pluviométrie, notamment à partir de la fin de l'hiver jusqu'au début du printemps (mars et avril).

Le besoin d'utiliser de grandes quantités d'azote pour les cultures d'hiver en Méditerranée est dû à la grande concentration de pluie dans les mois d'hiver et à la grande mobilité de l'azote dans le sol. Ces deux facteurs sont à l'origine des pertes élevées d'azote, qui, selon le même auteur, dans l'Alentejo, peuvent atteindre 90 Kg/ha et année.

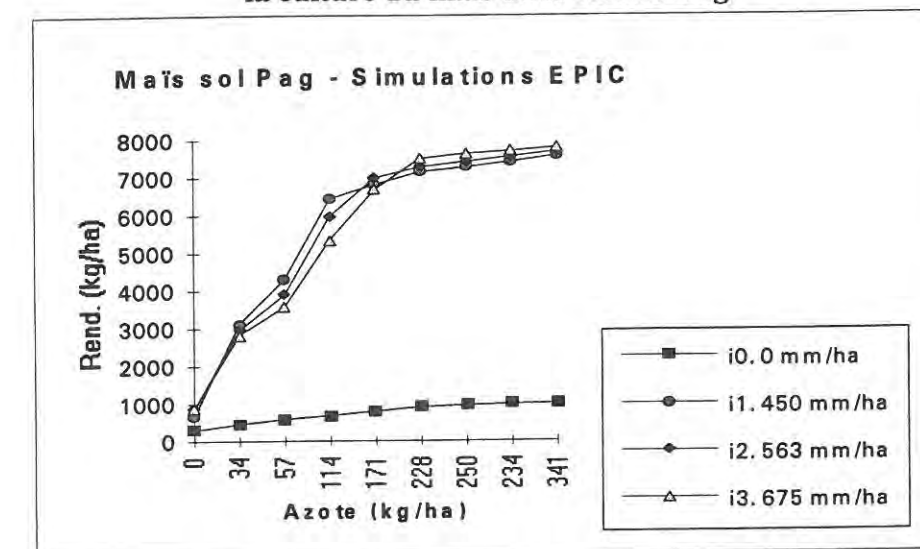
Pour des niveaux de fertilisation élevés, une irrigation d'appui est faite au niveau des cultures d'hiver, la réponse devient plus efficace à l'azote. S'il s'agit d'un bas niveau de fertilisation l'utilisation de l'irrigation se montre peu efficace.

Les graphiques 4 et 5 représentent les courbes de production du tournesol et du maïs pour les sols Pag. Dans le cas du tournesol, il n'y a pas de réponse à la fertilisation, l'eau est le facteur le plus limitatif du développement de la culture. Ce qui est en accord avec les résultats des recherches agronomiques faites à l'Université d'Évora. Pour le maïs, l'eau est aussi un facteur important, mais l'augmentation de la production est due aussi à la combinaison d'apports croissants de fertilisant avec l'irrigation.

Graphique 4. Résultats de l'application du modèle EPIC pour la culture du tournesol dans les sols Pag



Graphique 5. Résultats de l'application du modèle EPIC pour la culture du maïs dans les sols Pag



IV. Le choix des techniques de production

L'utilisation du modèle EPIC nous a permis de caractériser du point de vue agronomique un grand éventail des techniques de production. L'efficacité économique de ces techniques dépend de l'environnement économique.

Pour éviter l'introduction d'un nombre trop grand de techniques par culture, nous pouvons utiliser la fonction de production qui représente les rapports inputs-outputs. Cela n'est pas toujours facile à cause de la non continuité de certains facteurs. Par exemple, la quantité d'eau employée ne peut pas être représentée par une fonction continue, une fois qu'elle dépend du nombre d'opérations d'irrigation. Et, de plus, on ne peut pas toujours affirmer que les fonctions de production mathématisées représentent au mieux les conditions de décision en agriculture (Fonseca, M., 1995).

Pour essayer de simplifier notre recherche, on peut choisir certaines techniques définies à priori. Le problème est celui de décider quelles sont des techniques simulées celles qu'on doit introduire dans le modèle économique. Un choix aléatoire n'a aucun sens, il faut introduire un critère économique.

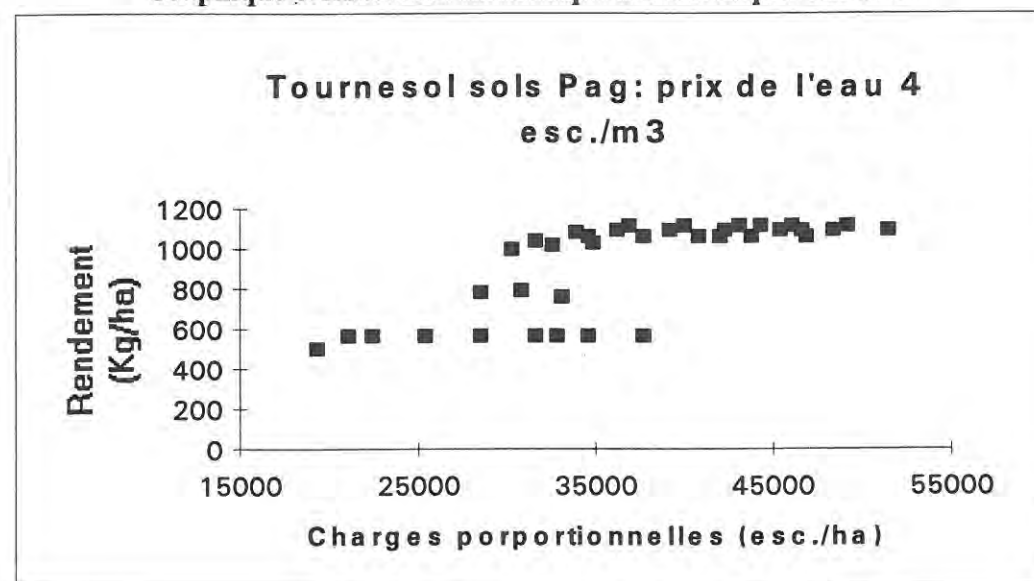
La notion d'efficacité dépend du contexte dans lequel une technique donnée est susceptible d'être employée, ce qui rend la sélection des techniques efficaces très difficile. L'expérience prouve que les spécialistes ont souvent tendance à fournir un éventail de techniques possibles trop restreint lorsqu'ils cherchent les solutions applicables à priori à un problème donné de choix technologique. Dans la plupart des cas, ils envisagent un petit nombre de possibilités qui sont très loin de recouvrir l'ensemble des techniques efficaces. Il en résulte que les solutions obtenues sont souvent loin d'être aussi bonnes qu'il se pourrait (Boussard et Daudin, 1988).

Dans notre cas, nous avons essayé la simulation d'un grand nombre de techniques de production ayant pour but de représenter au mieux les changements technologiques. Le problème se pose dans l'identification des techniques efficaces. Nous avons essayé d'aborder cette question comme Fonseca, (1995), en utilisant un critère d'efficacité économique en fonction de la structure des prix relatifs des facteurs de production, c'est-à-dire qu'en considérant des structures de coûts proportionnels différents, on peut identifier de façon cohérente les techniques de culture efficaces.

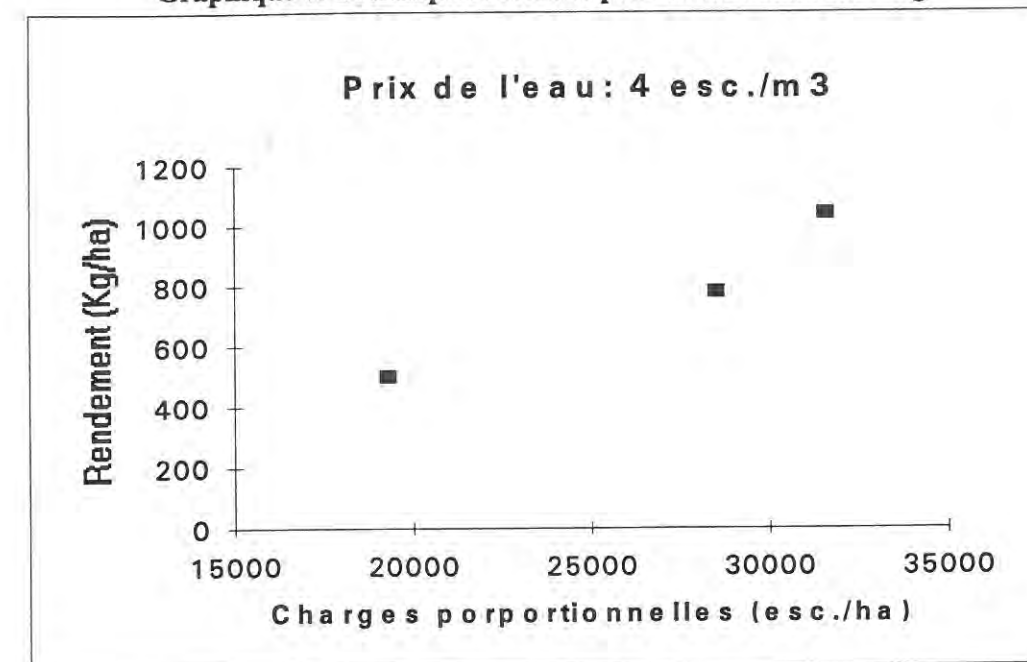
Soit T_i ($i = 1, 2, \dots, k, \dots, n$) un ensemble de techniques de production et C_i les coûts de production par hectare associés à ces techniques. On établit que la technique T_k est efficace si toutes les techniques T_i telles $C_i \leq C_k$ produisent des rendements $Y_i < Y_k$. En d'autres termes, on peut donner la définition suivante : les techniques efficaces sont celles qui, pour une structure de prix donnée, produisent un rendement plus élevé que toute autre technique ayant un coût de production inférieur (Flichman, 1990).

Selon Boussard et Daudin, (1988) une technique est efficace lorsqu'elle figure dans une matrice de programmation linéaire et si par une fonction économique donnée, il existe un second membre telle que cette technique apparaisse dans la solution optimale correspondante.

Graphique 6. Efficacité économique des techniques simulées

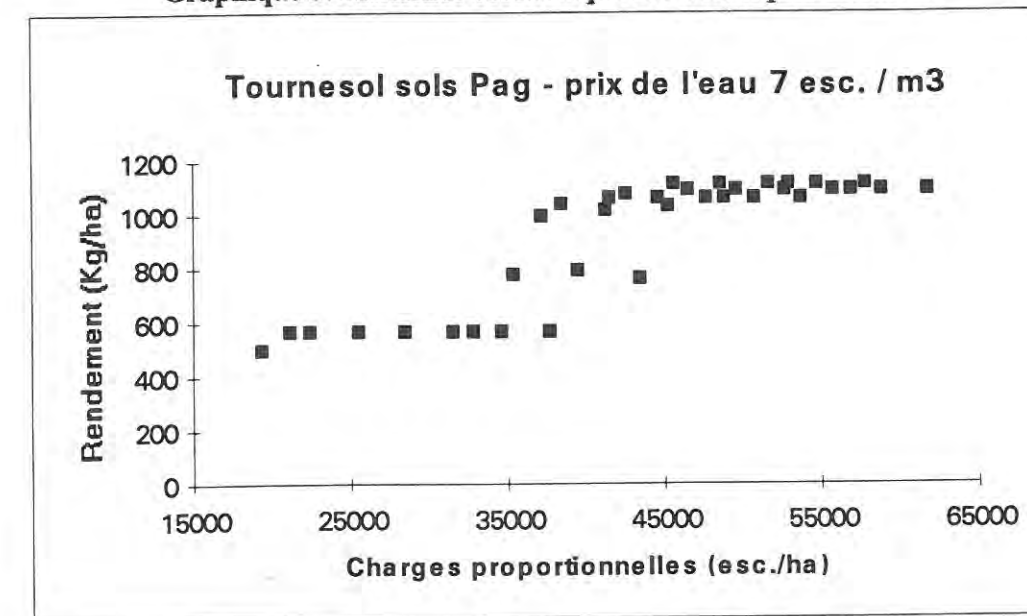


Graphique 7. Techniques retenues pour le tournesol sols Pag

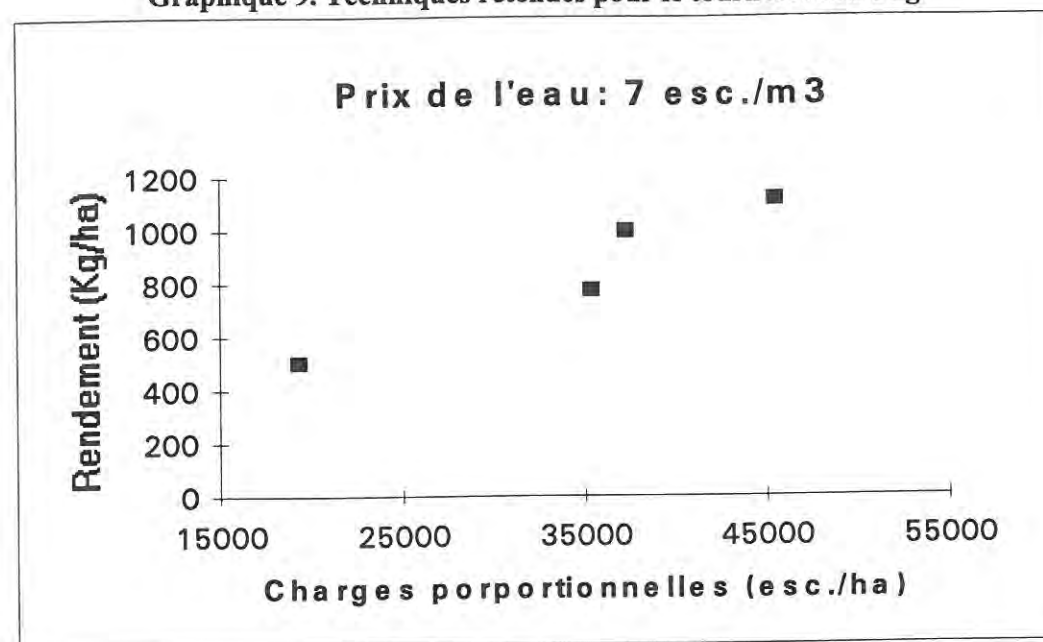


Dans le graphique 7., on présente les rendements unitaires du tournesol selon chaque technique de production et les charges respectives proportionnelles. La ligne imaginaire qui fait l'union des points les plus éloignés de l'origine nous donne la frontière des techniques efficaces (voir le graphique 8.).

Graphique 8. Efficacité économique des techniques simulées



Graphique 9. Techniques retenues pour le tournesol sols Pag



Cette analyse permet d'obtenir la frontière des techniques efficaces pour une structure de prix donnée. Si on fait varier les prix relatifs des facteurs de production, l'ensemble des techniques efficaces devra changer (voir les graphiques 4.8. et 4.9.). L'avantage de cette approche est qu'on peut écarter les techniques qui s'éloignent de la frontière d'efficacité. Comme la frontière d'efficacité peut varier selon l'environnement économique, on a considéré deux scénarios de prix relatifs pour les facteurs de production basés dans le changement du prix de l'eau.

V. La prise en compte des rotations de culture

Les rotations de culture nous permettent de décrire la succession des différentes cultures dans le temps sur le même champ. En général, la mise en place et le rendement d'une culture est liée au précédent cultural.

Nous avons associé à chaque activité le précédent cultural. Chaque activité est définie par une culture, un type de sol, une technique et un précédent cultural. Dans les travaux récents qui ont suivi l'utilisation de modèles bio-économiques récurrents, il est courant d'associer les cultures aux précédentes en rotations bisannuelles (Fonseca, 1995), c'est-à-dire qu'une culture peut être dans une rotation la culture à mettre en place et dans l'autre un précédent cultural.

Dans notre recherche, on continue à utiliser le système de rotations bisannuelles. Mais pour essayer de simplifier le problème de la succession des cultures dans le temps et dans l'espace, nous avons pris comme référence la méthodologie utilisée par Flichman en 1992. Cette approche utilise comme précédents non pas la culture elle-même, mais le type de culture. Donc on considère trois précédents culturels, un pour les cultures d'hiver, un pour les cultures d'été et un autre pour la jachère. Le précédent "jachère" peut être utilisé aussi comme pâturage.

VI. Les limites du modèle EPIC

L'utilisation d'EPIC permet l'obtention de divers types de données très importantes pour la recherche agronomique, de façon générale cohérentes et précises. Pendant le temps de notre recherche, nous avons eu la possibilité d'apercevoir certaines limitations du modèle EPIC.

L'énorme quantité de données qu'il faut posséder et maîtriser pour adapter le modèle aux conditions de la région à étudier est la première difficulté que trouve l'utilisateur d'EPIC. Le développement du modèle à l'Alentejo est encore dans une phase précoce. Il est difficile de calibrer et valider le modèle seulement sur des données bibliographiques.

Il faut faire une interprétation économique des résultats, selon une vision agronomique généraliste, une fois qu'EPIC ne simule ni les effets des maladies et des insectes sur la plante ni les nuisances provoquées par les herbicides.

EPIC peut simuler presque tous les types de cultures, mais c'est pour les céréales qu'on obtient les meilleurs résultats. La simulation de divers types de cultures très importantes dans la valorisation des ressources naturelles dans le bassin Méditerranéen n'a pas réussi. C'est le cas des pâturages et certains types d'arbres comme le chêne liège, les oliviers, les arbres fruitiers et le chêne vert. Des expérimentations d'EPIC, faites à Bari pour des cultures avec un important développement de racines, n'ont pas donné de résultats satisfaisants. En 1995, Fonseca M. l'a confirmé, avec l'utilisation du modèle pour la betterave.

A cause du manque de données dans le fichier des cultures, nous n'avons pas pu faire des simulations avec la tomate, le melon et le riz. Laisser ces cultures de côté ne nous a pas semblé la meilleure solution, parce qu'elles sont avec le tournesol et le maïs les cultures d'irrigation les plus importantes dans la zone du périmètre irrigué d'Odivelas, ce qui nous a amené à considérer les données issues de la recherche en considérant un nombre réduit de techniques de production pour ces cultures. Dans l'évaluation de la percolation des nitrates, nous avons considéré les valeurs calculées par interpolation avec la culture du maïs.

Une autre limite importante d'EPIC, c'est la non prise en compte des problèmes de salinité des sols. C'est aujourd'hui un problème important dans les grandes irrigations du bassin Méditerranéen, il est liée au problème de la qualité de l'eau utilisée dans l'irrigation. Actuellement, dans les irrigations du Sud de l'Espagne et du Nord du Maroc et de l'Algérie, on assiste à une diminution assez forte dans la production des systèmes agricoles à cause des niveaux élevés de salinité des sols.

Chapitre 5 - Le modèle économique de programmation mathématique

I. Introduction

Dans ce chapitre, on présente le développement des modèles de programmation mathématique relatifs aux exploitations types de la zone du périmètre irriguée d'Odivelas, décrites déjà dans le chapitre 2. L'élaboration d'un modèle économique de programmation mathématique au niveau de l'exploitation agricole fait appel à un grand nombre de données, qui définissent les environnements agronomique et économique.

Pour reproduire l'environnement agronomique, il faut avoir des coefficients biologiques et des techniques des cultures, des activités d'élevage et de l'évaluation des ressources des exploitations (quantité et qualité de terre disponible, eau d'irrigation, ressources financières, main-d'oeuvre, équipements etc). Les caractéristiques de l'environnement économique sont introduites dans le modèle par le biais des prix et subventions des produits agricoles et des coûts de production.

Pour chaque type d'entreprise agricole (familiale marchande, cultivateurs et capitaliste), le modèle optimise le choix des activités et les techniques de production adoptées, compte tenu la disponibilité des ressources, de façon à maximiser l'utilité.

Comme nous y avons fait déjà référence, les paramètres techniques introduits dans le modèle ont été obtenus moyennant l'utilisation d'un modèle de croissance de plantes et de la réalisation d'enquêtes aux paysans. Pour compléter l'information, nous avons utilisé aussi les publications du Ministère de l'Agriculture du service du R.I.C.A.

II. Les activités de production : le cas des cultures

Le choix des cultures à introduire dans le modèle a été centré sur les cultures les plus importantes de la zone d'étude. Ce sont des cultures annuelles qui peuvent être entretenues selon différentes techniques d'intensification (différentes quantités d'eau d'irrigation et de fertilisant) et méthodes d'irrigation (gravité, aspersion et goutte à goutte).

L'utilisation des différentes techniques de production et méthodes d'irrigation dans la même culture pose le problème de la substitution de facteurs et/ou du rapport de la réponse "input/output". Par exemple, si on cherche à introduire dans un modèle mathématique les courbes de réponse à différents apports de fertilisation et d'irrigation pour une culture donnée, nous sommes en présence d'un problème de rapport de la réponse "input/output". Si ce qu'on cherche est l'utilisation des différentes méthodes d'irrigation, c'est un problème de substitution de facteurs.

Selon Hazell et Norton (1986), on peut introduire cela dans un modèle sans violer les principes de la programmation linéaire, en considérant chaque technique de production et méthode d'irrigation comme des activités différentes, ce qui nous a amené dans un premier temps à définir chaque activité de production végétale en fonction de quatre éléments différents :

- culture (blé tendre, orge, avoine, tournesol, maïs, melon, riz, tomate, jachère, fourrage) ;
- précédent cultural (culture d'été, culture d'hiver et jachère) ;
- niveau d'intensification de la production (plusieurs techniques différentes selon les quantités de fertilisant et eau d'irrigation apportée) ;
- méthode d'irrigation (sans irrigation, irrigation par surface, irrigation d'aspersion par pivot, irrigation d'aspersion par enrouleur et irrigation goutte à goutte) ;

L'introduction des cultures dans le modèle consiste à spécifier des coefficients techniques destinés à être inscrits dans la matrice. D'une part, il est nécessaire de connaître les besoins en ressources et facteurs de production et d'autre part, il faut introduire les impacts de chaque activité au niveau de la production de grain, biomasse, résidus et pollution des nitrates.

III. La terre et la prise en compte des rotations

Le potentiel productif de la région du périmètre irrigué d'Odivelas se traduit par la représentativité des sols du groupe "pag" (rang C ou C+D). Dans les exploitations types, ce groupe de sols représente plus de 70 % de la superficie agricole utilisée. Il a donc été possible de prendre seulement en compte un type de sol dans le modèle.

Avec la possibilité d'irriguer, il faut découper la terre en irrigable et sèche. Quelquefois, l'introduction de l'irrigation dans les systèmes agricoles est conditionnée par les caractéristiques des sols et par leur disposition des cultures. Ce sont les cas des sols qui ont des graves problèmes d'érosion¹⁹ et/ou des surfaces de forêt méditerranéenne²⁰. Quand les populations de chêne-liège et chêne-vert sont denses, la surface agricole au-dessous ne peut pas être mécanisée. Le seul profit agricole de ces surfaces qui sont des pâturages naturels sont les activités d'élevage. Ces contraintes d'ordre agro-écologique sont traduites dans le modèle par les expressions suivantes :

$$\sum_c X_{c,s} \leq SAU_s \quad (1).$$

où, X est la surface des cultures, SAU représente la surface agricole totale, c les cultures selon les différentes techniques de production et méthode d'irrigation, s la terre irrigable et non irrigable.

La prise en compte des rotations introduit de façon endogène dans la structure statique du modèle le caractère dynamique des ressources du sol. Le problème de la disposition des cultures dans le temps et l'espace est lié à l'épuisement des ressources du sol et au contrôle des cycles des maladies du sol. On peut admettre en général que le rendement d'une culture dépend de la culture qui l'a précédée sur le même champ.

Selon Boussard (1988), on peut résoudre le problème en écrivant deux groupes d'équations : le premier où on exprime que la somme des surfaces des précédents de la culture c_j excède la surface de la culture c_j (2); et le deuxième où la surface totale des précédents de la culture c_j doit être égale à la surface de cette dernière (3). Ceci est exprimé par les relations suivantes :

$$\sum_p X_{c,p} \geq X_{c,p} \quad (2).$$

$$\sum_p X_{c,p} = \sum_{c,p} X_{c,p} \quad (3).$$

où, p , est le précédent cultural

IV. L'eau d'irrigation

La surface à irriguer chaque année dépend des quantités maximales en surface irrigable, des équipements d'irrigation et de l'eau disponible pour l'irrigation. Dans la zone d'étude, la quantité d'eau que chaque exploitant a le droit d'utiliser pour l'irrigation des cultures est en fonction des réserves d'eau emmagasinées dans le barrage d'Odivelas. Le niveau des réserves dépend de la pluviométrie accumulée et de la demande en eau dans les années précédentes.

¹⁹Ce sont des sols minces, où il y a en général de grandes pentes.

²⁰les espèces du chêne-liège et du chêne-vert.

La structure de la décision concernant les systèmes irrigués est clairement ajustée en fonction du niveau de la quote-part d'eau qui varie avec le type d'année. Ce qui amène le besoin d'utiliser dans notre modèle une structure stochastique centrée sur le problème de la quantité incertaine d'eau disponible pour irriguer. La stochasticité modélisée en fonction des années types d'eau disponible, permet d'introduire dans un modèle statique de long terme, le caractère des décisions individuelles de court terme, par rapport aux variations des réserves d'eau et des quotes-parts individuelles. L'agriculteur a une structure de long terme qui est fixe (le matériel, la main-d'oeuvre permanente, les troupeaux, etc), mais tout ce qui concerne les décisions de court terme sera réfléchi en fonction des réserves d'eau (le type de cultures annuelles à mettre en place, les surfaces à irriguer, les techniques, l'embauche de la main-d'oeuvre saisonnière, le crédit à court terme, etc).

Pour calculer les disponibilités d'eau pour chaque type d'exploitation, nous avons déterminé une typologie par année d'eau disponible dans le barrage, ayant pour base une série de données sur vingt ans de l'eau disponible dans le barrage. A partir du calcul de la disponibilité moyenne d'eau et de l'écart type nous avons fait l'identification de trois états de nature pour la disponibilité d'eau : une année bonne dans lequel le barrage s'est rempli, une moyenne et une année de pénurie d'eau. Après avoir pris connaissance des types d'année à utiliser dans les états de nature de l'eau d'irrigation et leur fréquence d'occurrence, il a fallu trouver les disponibilités individuelles des exploitations en eau pour chaque type d'année (voir tableau 5.1.).

A cause de l'incertitude concernant l'eau pour irriguer, la prise de décision sur les cultures et la quantité de surface à irriguer au niveau de l'exploitation agricole est seulement faite après la connaissance des disponibilités des réserves d'eau. C'est ce qui arrive au début du printemps quand l'association d'irrigation d'Odivelas transmet aux agriculteurs quelles sont leurs quotes-part d'eau.

Tableau 22. Les disponibilités d'eau (m3) par type d'exploitation et type d'année et la probabilité d'occurrence de chaque type d'année

Exploitations	année bonne (N1)	année moyenne (N2)	année mauvaise (N3)
Type 1	54400	32000	4640
Type 2	306000	180000	25200
Type 3	754800	444000	64380
Total	1115200	656000	94220
Probabilité d'occurrence	0.23	0.54	0.23

Source : Association d'irrigation d'Odivelas

Ce qui a été présenté ici au niveau des disponibilités de l'eau se traduit en termes mathématiques de la façon suivante :

$$\sum_{ci} B_{ci} * X_{ci} \leq EAU_n$$

et

$$EAU_n \leq DISP_n \quad (4).$$

où, BI , est la matrice des besoins en eau d'irrigation pour les différentes cultures en m3 par ha, EAU la quantité d'eau totale consommée en m3, $DISP$ la quantité d'eau totale disponible en m3, n les états de nature d'eau disponible et ci les cultures irriguées.

V. La main-d'oeuvre

La main-d'oeuvre est un facteur de production fondamental pour l'entretien d'une exploitation agricole. Dans la zone du périmètre irrigué d'Odivelas, il y a deux sources importantes de main-d'oeuvre : la main-d'oeuvre familiale et la main-d'oeuvre salariée.

La main-d'oeuvre familiale à laquelle on a déjà fait référence dans le Chapitre 2 est plus fréquente dans les exploitations de type familial. Ce type de main-d'oeuvre ne consomme pas de ressources financières, sa rétribution correspond à la consommation de la famille.

La main-d'oeuvre salariée peut être permanente ou saisonnière. La main-d'oeuvre permanente reste pendant toute l'année dans l'exploitation, elle a l'avantage d'être toujours disponible, même quand l'offre de main-d'oeuvre dans la zone n'est pas élastique. Si la main-d'oeuvre n'est contraignante que pendant une partie de l'année, cela veut dire que l'exploitant est obligé de faire face aux salaires des travailleurs, même dans les périodes où la productivité marginale du travail est nulle. Le travail salarié saisonnier est recruté seulement dans les périodes de pointe (pendant la récolte, les semis, les opérations d'irrigation, etc). Selon le critère d'efficacité de la théorie économique néo-classique, l'embauche de la main-d'oeuvre salariée saisonnière n'aura lieu que si la valeur de la productivité marginale du travail à la période de pointe est assez grande pour la rembourser.

Le caractère saisonnier des activités agricoles amène le découpage des disponibilités de main-d'oeuvre en périodes. Les périodes plus petites sont les plus limitatives, dans les plus grandes, la prise de décisions n'est pas assez affectée par les contraintes de main-d'oeuvre (Hazell et Norton, 1986). Nous avons choisi des périodes bimensuelles ($p_1, p_2, \dots, p_6$) pour le calcul des disponibilités de la main-d'oeuvre²¹. Pour chaque période, nous avons supprimé les fins de semaine, les jours fériés et les jours de travail non disponibles dus à une pluviométrie excessive. Les disponibilités de travail ont été calculées en heures et les besoins des cultures en heures par ha.

Ce processus modélisant le caractère saisonnier des opérations agricoles s'est montré efficace dans la mesure où il est cohérent avec les plans de production observés dans les exploitations. L'expression algébrique qui traduit les contraintes de la main-d'oeuvre est la suivante :

$$\sum_c BTV_{c,pr} * X_{c,n} \leq DTF_{pr} + DTP_{pr} + MO_{n,pr} \quad (5).$$

où **DTF** et **DTP** sont les disponibilités de main-d'oeuvre familiale et salariée permanente, **MO** la variable de l'embauche de la main-d'oeuvre saisonnière, **BTV** la matrice des coefficients des besoins de main-d'oeuvre des cultures et, **pr** les périodes bimensuelles.

VI. Les biens d'équipement

Les biens d'équipement concernent les outils utilisés dans la mise en oeuvre des activités agricoles d'une exploitation agricole. Nous les avons classés en deux groupes : les tracteurs, matériel de traction²², matériel de récolte²³, et les équipements d'irrigation²⁴.

L'introduction de la disponibilité des biens d'équipement dans un modèle est importante pour plusieurs raisons :

- 1) ils permettent la réalisation des travaux agricoles ;
- 2) ils constituent un investissement important qu'il faut rémunérer ;
- 3) ils constituent un actif qui peut être mis en valeur par la réalisation de travaux agricoles dans l'exploitation ou dans d'autres exploitations.

²¹ la période, p_1 , est l'époque du semis des cultures d'hiver, novembre-décembre.

²² matériel de préparation du sol, application de pesticides, fertilisants, etc.

²³ la moissonneuse-batteuse.

²⁴ les pivots, les enrouleurs et l'équipement goutte à goutte.

L'utilisation des tracteurs et l'équipement respectif, bien comme une moissonneuse-batteuse, a le même caractère saisonnier que la main-d'oeuvre. Ce qui nous amène à raisonner de la même manière pour le calcul des disponibilités et la définition des périodes d'utilisation de ces équipements. Ensuite, on présente la méthode que nous avons prise en compte dans le modèle, pour introduire les disponibilités du tracteur et de la moissonneuse-batteuse:

$$\sum_c BE_{c,pr} * X_{c,n} \leq DE_{pr} + ACE_{pr} \quad (6).$$

où **DE** sont les heures disponibles de tracteur et moissonneuse-batteuse, **ACE** la variable de location des heures de ces équipements à l'extérieur et **BE** les besoins en heures par ha et période des équipements pour les différentes cultures.

La capacité des équipements d'irrigation conditionne aussi le choix du plan de production, raison pour laquelle nous avons introduit dans le modèle des contraintes pour l'utilisation de ce type d'équipement. Le type d'équipement d'irrigation dépend de la méthode d'irrigation à utiliser. Nous avons considéré trois méthodes d'irrigation mécanisées, deux types d'irrigation par aspersion les plus fréquentes dans les grandes cultures (pivot et enrouleur) et un type de goutte à goutte utilisé pour la production du melon et de la tomate. Les méthodes d'irrigation par aspersion et de goutte à goutte permettent l'augmentation de l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la réduction des besoins de main-d'oeuvre. Par contre, ils ont une capitalisation plus grande que les méthodes par écoulement. Le calcul des disponibilités de ces équipements sont en rapport avec leur capacité maximale en termes d'hectares d'irrigation. Ceci se traduit en termes mathématiques de la manière suivante :

$$\sum X_{ir,n} \leq EQUIN \quad (7).$$

où l'indice **ir** indique les cultures irriguées selon chaque méthode d'irrigation et **EQUIN** la disponibilité initiale de chaque type d'équipement.

VII. La percolation des nitrates

Dans les dernières années, l'importance des problèmes de l'environnement s'est accru et un des problèmes les plus graves dans les différentes régions de la Méditerranée est la contamination de l'eau au niveau des nappes souterraines par les nitrates. Ce type de contamination devient de plus en plus important dans les endroits où l'agriculture est plus intensive, notamment dans les zones irriguées.

Par exemple, en Espagne, les cas où l'eau courante pour la consommation excède le niveau maximum considéré tolérable par les autorités sanitaires (50 mg/l) sont de plus en plus fréquents. En général, les principales sources de pollution des nitrates dans les nappes souterraines sont l'agriculture et l'élevage, notamment l'élevage sans terre.

Dans cette étude, on prétend évaluer la percolation potentielle des nitrates et voir quelle est son évolution dans un cadre de développement de l'irrigation. Les données de percolation des nitrates par type de culture et de technique de production ont été évaluées dans le modèle agronomique EPIC. Dans le modèle économique, on comptabilise la perte totale des nitrates selon chaque plan optimum de production. Ceci se traduit par l'équation suivante :

$$\sum_c PERC_c * X_{c,n} = NITRA_n \quad (8).$$

où **PERC** est la matrice des percolations par hectare des nitrates pour chaque activité végétale et **NITRA** la variable qui mesure les pertes totales de nitrates.

VIII. Le cas de l'élevage

L'étude des activités d'élevage complique la modélisation parce que ce sont des activités qui ont une période productive pluriannuelle, et les modèles statiques traduisent un plan de production relatif à une année. Pour avoir dans une structure statique, le caractère pluriannuel de la gestion d'un troupeau, il faut découper en plusieurs sous-activités concernant les différents stades de croissance des animaux. La productivité des activités d'élevage ne dépend pas que de la gestion du troupeau. Il faut tenir compte aussi des ressources fourragères.

La production fourragère peut avoir plusieurs sources : les pâturages, les pailles et résidus des céréales, les foin, les grains et les concentrés achetés sur le marché des facteurs de production.

Les pâturages, les foin et les grains sont des produits intermédiaires, c'est-à-dire, qu'ils ne sont pas valorisés directement par la vente, mais par la vente des produits de l'élevage. Ces produits résultent de la mise en place des activités de la jachère, activité productrice de pâturage, de la culture de l'avoine, que l'agriculteur peut décider d'en récolter le grain ou le faucher et faire du foin et du maïs de fourrage.

Les pailles et les résidus des céréales sont des produits secondaires des céréales (blé tendre, orge et avoine), dont le principal objectif est la vente du grain. Comme il a les contraintes d'avoir des fourrages suffisants pour faire face aux besoins du troupeau, le producteur profite les produits secondaires comme source d'alimentation des animaux. La valorisation de ces produits est faite comme pour les produits intermédiaires.

La production de matériel fourrager est saisonnier pendant l'année. Les pâturages et les résidus des céréales ne sont disponibles qu'à certaines époques de l'année. La paille, le foin et le grain peuvent être conservés, ce qui rend possible leur utilisation pendant toute l'année.

La modélisation saisonnière de la production fourragère concerne la définition de périodes dans l'année relatives aux périodes critiques de la croissance des pâturages en sec dans la région (Fragoso, 1993).

L'évaluation de la quantité produite de fourrages a été faite en tonnes de matière sèche de la qualité en énergie métabolisable (Mj par T de MS) et en protéine brute digestible (Kg par T de MS).

L'élevage dans le modèle est représenté par un troupeau de bovins (150 vaches), dont l'objectif est la production de viande selon le système de production traditionnel dans la région (Marques, 1994). La commercialisation peut se faire selon différentes âges : 1) vente des veaux de 6 mois avec 220 Kg de p.v.; 2), vente des taurillons de 18 mois avec 500 Kg de p.v. et 3), vente des taurillons de 24 mois avec 600 Kg de p.v.

Les besoins nutritifs du troupeau dans les divers stades de croissance ont été calculés à partir des minima d'énergie métabolisable (Mj), de protéine brute digestible (Kg) et capacité maximale d'ingestion (Tonnes). L'introduction de l'élevage dans le modèle est traduite en termes mathématiques de la façon suivante :

$$\sum_{c,pf} \text{DISAL}_{pf,pe,y} * X_{c,n} + \text{CONSpe,y,n} \geq \sum_{tp} \text{EL}_{tp} * \text{BNU}_{tp,pe} \quad (9).$$

où **DISAL** sont les disponibilités nutritives des aliments conservés et pâturés²⁵, **CONSE** est la variable de l'achat de concentré, **EL** la variable endogène des activités d'élevage, **BNU** la matrice des besoins nutritifs du troupeau, **pf** c'est l'indice qui indique le type d'aliment, **pe** la période

²⁵Les disponibilités nutritives des aliments pour l'élevage ont été calculées en termes d'énergie métabolisable (MJ) et de protéine brute digestible (Kg) par tonne de produit fourrager.

d'alimentation, y l'état de nature de la production végétale, et **tp** les différents stades de commercialisation des produits d'élevage.

Dans l'inéquation (9), on fait le bilan entre les éléments nutritifs mis à disposition et consommés par l'élevage. Le sens de cette inéquation est plus petit ou égal pour les cas de l'énergie métabolisable et la protéine brute et plus grande ou égale pour le cas de la capacité maximale d'ingestion des animaux.

IX. - La spécification de la fonction objectif

Le rôle de la fonction objectif est de traduire dans le modèle les objectifs qui ont le plus d'influence dans la prise de décisions de l'exploitant. Ces objectifs peuvent être assez différents, cela dépend du type d'agriculteur et de l'environnement socio-économique. Par exemple, pour un exploitant européen âgé, le principal objectif est la garantie de la retraite, pour son fils qui arrive maintenant dans le secteur agricole, l'objectif principal est la maximisation du revenu, et pour l'exploitant d'un village du Burkina Faso, c'est la garantie de produire suffisamment pour faire face aux besoins alimentaires de sa famille.

Dans un cadre théorique, il est fréquent d'utiliser la théorie néoclassique pour la définition de la fonction objectif. Il s'agit de la maximisation du revenu de l'exploitation. Selon Boussard (1970), "on ne peut pas réussir à définir de façon purement théorique le comportement rationnel des exploitants. En réalité, la seule justification de l'emploi d'un critère d'optimisation particulier, parmi tous ceux que l'on peut envisager, est qu'il conduise à des plans optimaux voisins de ceux effectivement mis en oeuvre par les bons agriculteurs se trouvant dans la situation qui a servi de référence pour la construction du modèle".

On commence par utiliser une fonction objectif du genre néoclassique, pour après introduire des ajustements dans le modèle de façon à trouver une fonction objectif la plus proche possible de l'utilité réelle du producteur. Les expressions algébriques suivantes montrent comment nous avons reproduit dans le modèle le revenu espéré du producteur :

$$U = \text{PROB}_n * \text{MN}_n \quad (10).$$

et

$$\text{MN}_n = \sum_c \text{MB}_c * X_{c,n} + \sum_{tp} \text{EL}_{tp} * \text{MB}_{tp} - \text{PEAU} * \text{EAU}_n - \sum_{pr} (\text{PTS} * \text{MO}_{n,pr} + \text{PTR} * \text{ACE}_{n,pr}) - \text{CONSE}_n * \text{PRICC} - \text{CFP}$$

où le revenu espéré **U** dépend de la probabilité d'occurrence de chaque état de nature d'eau disponible **PROB** et de la marge nette (revenu net) de l'exploitation par état de nature.

La marge nette dans chaque état de nature, **MN**, est donnée par la somme des marges brutes des activités moins les coûts fixes de l'exploitation. La marge brute des activités végétales, **MB_c**, est calculée par la différence entre le produit brut et les charges opérationnelles. Le produit brut de chaque culture est obtenu par la multiplication du prix et de la production moyenne plus les aides compensatoires à l'hectare. Les charges opérationnelles des cultures, concernent le coût des engrais, des semis, des combustibles, etc... Les charges de l'eau d'irrigation, de la main-d'oeuvre saisonnière et de la location de matériel agricole à l'extérieur sont inclus dans le modèle avec des variables endogènes (**EAU**, consommation en eau, **MO** main-d'oeuvre saisonnière, **ACE** location de tracteur et moissonneuse-batteuse à l'extérieur), et des prix unitaires respectifs (**PEAU** prix de l'eau, **PTS** prix de la main-d'oeuvre saisonnière par heure, **PTR** prix de la location de traction et moissonneuse-batteuse par heure).

La marge brute des activités d'élevage, **MB_{tp}**, représente le bénéfice de la vente des produits des animaux plus les primes moins les charges spécifiques. Ces charges concernent le coût des produits et des services vétérinaires, de la main-d'oeuvre et des équipements. Les charges avec l'alimentation sont évaluées indirectement par les activités végétales. L'achat des aliments concentrés est introduit

comme un coût où **CONS** est la variable endogène qui quantifie la quantité achetée en tonnes et, **PRICC**, le prix en milliers d'escudos par tonne.

Les coûts fixes, **CFP**, sont relatifs aux amortissements des équipements et des constructions déjà existantes dans la ferme et au paiement des travailleurs permanents. Ces travailleurs concernent uniquement les cultures car les charges avec le travail de l'élevage ont été introduites dans la marge brute de ces activités.

Dans cette première étape sur la modélisation, nous avons seulement introduit dans le modèle les activités de production concernant les activités végétales et l'élevage soumis aux contraintes des disponibilités de terre, d'eau pour l'irrigation par état de nature, de main-d'oeuvre, du tracteur, de la moissonneuse-batteuse et les contraintes de rotation. La structure des prix envisagée est celle de l'année de 1994/95.

Dans le tableau 5.2., on présente l'utilisation réelle et optimale de la terre pour l'exploitation du type 1 (familiale marchande) pour l'année moyenne d'eau disponible. La solution du modèle ne reproduit pas la réalité du plan de production observée dans cette ferme.

L'agriculteur fait 2 ha de melon, 9 ha de blé sec et 13 ha de tournesol irrigué. Le modèle fait 12.88 ha de blé irrigué et ne fait que 0.57 ha de melon. Les raisons de ce décalage résident dans le fait que nous n'avons pas tenu compte des besoins en capital, du crédit et du risque par rapport aux aléas climatiques et de la fluctuation des prix sur le marché pour les différentes activités.

Tableau 23. Utilisation réelle et simulée de la terre pour le modèle de l'exploitation du type 1 dans zone d'Odivelas (ha)

Utilisation de la terre	réelle	optimale simulé
Blé en sec	9	
Blé irrigué		12.88
Tournesol irrigué	13	10.97
Melon irrigué	2	0.57
Gel de terres	3.3	3.58

Source : élaboration personnelle basée sur les résultats des enquêtes et du modèle

Les résultats du modèle pour l'exploitation du type 3 (capitaliste) présentent aussi quelques différences par rapport au plan observé (voir le tableau 5.3.). Dans le modèle, il y a l'introduction du blé en sec et du melon irrigué, la surface du foin d'avoine est remplacé par l'augmentation des surfaces en maïs fourrage et pâturage. Les résultats ne sont pas loin du plan de production observé. Si on regarde de façon plus générale la zone, on peut vérifier que dans les grandes exploitations, il y a d'importantes surfaces de blé en sec et aussi quelques petites surfaces d'irrigation où on fait du melon. Dans ce cas aussi, l'introduction des contraintes de trésorerie et du risque peut rendre le modèle plus proche de la situation observée.

Tableau 24. - Utilisation réelle et simulée de l'utilisation de la terre dans l'exploitation du type 3 du périmètre irrigué d'Odivelas (ha)

Utilisation de la terre	réelle	optimale simulée
Maïs grain	70	40.09
Maïs fourrage	20	28.45
Avoine pour foin	60	
Melon irrigué		3.03
Tournesol irrigué	52	57.71
Blé en sec		37.43
Pâturages	326	360
Gel de terres	18.3	20.28

Source : élaboration personnelle basée sur les résultats des enquêtes et du modèle

Comme le souligne Boussard (1970), "les résultats sont réellement inapplicables, parce qu'ils ne traduisent pas du tout les aspirations des agriculteurs. Par exemple, le plan d'exploitation correspondant conduirait bien à une espérance de revenu bien plus élevée que le revenu actuel. Mais sa mise en oeuvre entraîne aussi des risques importants, que l'exploitant préfère ne pas courir. Ceci implique seulement que la fonction économique choisie n'était pas conforme à celle de l'agriculteur. Il est normal, en effet, que le plan de production qui maximise une fonction déterminée puisse être considéré comme très médiocre du point de vue d'une fonction objective différente de celle qui a servi à l'établir".

On va voir dans les points suivants comment la fonction objectif peut changer par l'introduction des contraintes de trésorerie et du risque.

X. Le flux de trésorerie

Pendant l'année agricole, le producteur doit faire face au besoin de financement des activités en facteurs de production dans chaque période de réalisation des opérations de culture. Les contraintes de trésorerie sont importantes dans la prise de décision du producteur, parce que le coût de l'argent influence le choix des activités, c'est-à-dire que la possibilité de mettre en oeuvre une activité très exigeante en ressources financières est conditionnée par la disponibilité en liquidité, la facilité d'accès au crédit et le niveau du taux d'intérêt. Le producteur juge des dépenses à effectuer au regard des revenus espérés tout en estimant la "faisabilité" financière pour effectuer ce choix productif.

Les contraintes de trésorerie dans le modèle ont été établies par la nature d'eau disponible et par semestre de réalisation des opérations de culture. C'est la réalisation de ces opérations qui introduit le caractère saisonnier des flux de trésorerie. Ensuite, on présente l'équation du bilan de trésorerie:

$$\begin{aligned} & \sum MBV_{c,sm} * X_{cp} + \sum EI_{tp} * MB_{tp,sm} - PEAU * EAU_{n,sm} \\ & - PTS * MO_{n,sm} - PTR * ACE_{n,sm} - CONSE_{n,sm} * PRICC \\ & - CFP_{sm} \geq 0 \end{aligned} \quad (11).$$

où l'indice **sm** est relatif au semestre dans lequel on réalise les opérations de culture et, **SOLD**, est la variable qui transfère le solde du semestre **sm-1** vers le semestre **sm**.

Dans le tableau 5.4., on présente les résultats du modèle avec et sans les flux de trésorerie et les investissements pour l'exploitation du type 1, selon une année moyenne d'eau disponible (**n2**). On vérifie que quand on impose les contraintes du capital, il y a une diminution du revenu espéré. Nous avons fait tourner ce modèle avec le flux de trésorerie sans crédit et avec crédit. Dans ce type d'entreprise agricole, les contraintes de trésorerie sont tellement fortes que le modèle sans crédit a donné une solution impossible, ce qui est en accord avec la situation réelle de ces exploitants.

Tableau 25. Les effets de l'introduction de la trésorerie et des investissements dans le modèle de l'exploitation de type 1

	Solution sans trésorerie	Solution avec trésorerie et crédit	Solution avec des invest en equip. d'irrigation
Blé irrigué (ha)	12.88	11.92	10.21
Blé en sec (ha)			0.91
Tournesol irrigué (ha)	10.97	10.96	9.22
Tournesol sec (ha)		0.96	1.9
Melon irrigué (ha)	0.57	0.59	2.42
Gel de terres (ha)	3.58	3.57	3.33
Revenu espéré (mill. de esc.)	708.15	637.57	734

Source : élaboration personnelle basée sur les résultats des enquêtes et du modèle

Pour desserrer les contraintes de trésorerie, nous tenu compte dans le modèle du crédit, qui est spécifié par les termes suivants, ajoutés au membre gauche de l'inéquation antérieure :

$$+ EMCT_{n,sm} - REMCT_{n,sm}$$

où **EMCT** représente les emprunts à court terme et **REMCT** le remboursement. Pour garantir le remboursement des emprunts et le niveau maximum d'accès au crédit, il faut ajouter les deux contraintes suivantes :

$$\sum_{sm} EMCT_{n,sm} \leq REMCT_{n,sm} \quad (12).$$

$$\sum_{sm} EMCT_{n,sm} \leq LCRECT \quad (13).$$

où **LCRECT** représente la disponibilité totale annuelle de crédits à court terme.

Dans l'équation de marge nette, il faut déduire le coût du crédit :

$$- \sum_{sm} INTCT_{n,sm}$$

qui est obtenu par expression algébrique :

$$\sum_{sm} EMCT_{n,sm} * PCT * PERIO = INTCT_{n,sm}$$

où **PCT** est le taux d'intérêt annuel des emprunts à court terme et **PERIO** la période de temps pendant laquelle l'argent a été appliqué.

XI. Le crédit à long terme et les investissements

Nous avons considéré comme fixes au fil du temps la disponibilité en terre, main-d'oeuvre et matériel. Cependant, on a permis des ajustements de court terme pour les disponibilités en eau d'irrigation, et entre l'offre et la demande de main-d'oeuvre, du tracteur et de la moissonneuse-batteuse dans les exploitations avec le recours à des services saisonniers de location.

Pour l'équipement d'arrosage, il n'y a pas de marché de location, ce qui rend l'élasticité de l'offre plus rigide dans ce type d'équipements contrairement au tracteur et à la moissonneuse-batteuse. Il faut considérer les ajustements dans les disponibilités des équipements d'irrigation comme une opération à long terme, un investissement.

Ces investissements sont fixes dans le temps, si l'agriculteur achète un équipement d'arrosage, il est obligé de supporter son coût, même dans les années où l'eau pour irriguer est seulement suffisante pour une surface beaucoup plus petite que la capacité de l'équipement. Pour introduire les investissements dans le modèle, on doit ajouter au membre gauche de l'inéquation (7) qui fait référence, les biens d'équipement concernant l'arrosage :

$$- EQIRR$$

qui représente la variable endogène de l'achat de chaque type d'équipement d'irrigation. Les investissements ont un coût annuel qu'on considère comme l'amortissement annuel. Ce qui oblige à les déduire au membre droit de l'équation du calcul de la marge nette (10):

$$- PEQ * EQIRR$$

où **PEQ** est le prix d'un hectare de chaque équipement (l'amortissement annuel). Les opérations d'investissement sont des activités consommatrices de capital ayant comme sources de financement les immobilisations sur les recettes de l'exploitation et les emprunts à long terme. Ceci est traduit mathématiquement de la façon suivante :

$$EMLT + IMO_n \geq PEQ * EQIRR \quad (14).$$

Où **EMLT** est la variable des emprunts à long terme et **IMO** les immobilisations sur les recettes. Le remboursement des emprunts à long terme et le coût annuel du taux d'intérêt doivent être déduits dans l'équation de la marge nette :

$$- REMCT - EMLT * PLT$$

où **PLT** est le taux d'intérêt annuel. Le remboursement des emprunts à long terme est aussi un coût de trésorerie, on doit le déduire du membre gauche de l'inéquation (11), ainsi que la variable **IMO**.

$$- REMLT$$

La limite du crédit à long terme et la garantie de remboursement ont été établies comme pour le crédit à court terme.

Dans les investissements des équipements d'arrosage pour les grandes cultures, on pose le problème de l'indivisibilité du coût d'investissement, c'est-à-dire que quand on achète un pivot ou un enrouleur, on ne peut pas l'acheter seulement pour un nombre réduit d'hectares (il faut au minimum acheter 20 ou 30 ha). Dans ce type d'investissement, il y a des économies d'échelle qu'il faut respecter. Nous avons donc utilisé la programmation entière.

En regardant le tableau 5.4, on constate que la valeur de fonction "utilité" pour l'exploitation de type 1 dans le modèle avec les investissements est supérieure à celle des autres simulations. L'investissement en équipement d'irrigation du type goutte à goutte dans la conduite du melon permet d'augmenter la productivité de la culture ainsi que l'efficacité de l'utilisation des ressources d'eau et de la main-d'oeuvre. Le profit dégagé par la réalisation de cet investissement dépasse les charges de l'investissement et les charges opérationnelles spécifiques. Le revenu espéré remonte jusqu'à 734 mille escudos, et la surface du melon atteint les 2.42 ha.

XII. Le risque

Le comportement des agriculteurs par rapport à une situation de risque et d'incertitude est une question controversée de la théorie économique classique. Le risque et l'incertitude modifient profondément le comportement du sujet économique. Il est impossible de négliger cet aspect des choses lorsqu'on se propose de construire un modèle micro-économique. De ce fait, une maximisation qui ne porterait que sur les moyennes conduirait tout naturellement à sélectionner systématiquement les activités les plus risquées (Boussard et Daudin, 1988).

Le risque prend une importance principale dans la prise de décisions du producteur. Selon Hazell et Norton, (1986) "ignorer le comportement d'aversion au risque dans les modèles d'exploitations amène souvent à des résultats qui sont inacceptables pour l'exploitant ou qui ont très peu de relation avec les décisions que le producteur prendra". Dans notre modèle, on a introduit trois sources de risque : l'incertitude d'avoir l'eau pour l'irrigation; les effets de la variabilité climatique sur les productions et le jeu des anticipations sur le marché (la fluctuation des prix des produits agricoles). L'incertitude dans la quantité d'eau d'irrigation disponible a été introduite dans le modèle par l'utilisation d'une structure stochastique en fonction du type d'année concernant les réserves d'eau dans le barrage d'Odivelas. Ceci a déjà été développé dans le point 5.4 sur les contraintes d'eau disponible dans le modèle.

La variabilité de la production des cultures par rapport aux aléas climatiques a été donnée par les résultats du modèle agronomique, EPIC. À partir des sorties d'EPIC, nous avons fait une typologie des années climatiques concernant le rendement de la culture la plus représentative dans la zone, le blé. On a considéré trois types d'année : une année bonne, une moyenne et une mauvaise. Comme mesure de dispersion de la variabilité des rendements pendant la série d'années simulée, nous avons utilisé la moitié de l'écart type par rapport au rendement moyen. Au niveau des productions fourragères, les variations dans la production d'alimentation pour l'élevage sont ajustées par l'achat de concentrés qu'on compte parmi les facteurs de production.

En ce qui concerne la variation des prix, nous avons considéré deux états de nature : un bon et un autre mauvais. C'est seulement la culture du melon qui présente les plus importantes variations dans les prix. Comme les autres produits sont subventionnés par l'Union Européenne, nous avons introduit comme variation une petite perturbation de 5 % dans les deux sens de façon à simuler quelques externalités découlants du système monétaire.

Les états de nature concernant la variabilité de la production des cultures sont indépendants des états de nature d'eau disponible. Le rendement des cultures dépend plus de l'opportunité des apports d'eau que de la quantité d'eau disponible dans le barrage. Le modèle par chaque état de nature d'eau disponible inclut les trois états de nature de production végétale dans une structure stochastique aussi et les deux concernant la variation des prix.

Pour introduire dans le modèle les effets de la variation du rendement et des prix des produits des cultures et de l'élevage, nous avons commencé par utiliser une structure de contraintes à risque limité, connue sous l'appellation "target MOTAD". Cette méthode est basée sur l'imposition d'un revenu minimal qui doit toujours être respecté. Ceci s'est révélé très contraignant quand on est en présence d'environnements économiques plus risqués²⁶.

La façon de modéliser le risque sur le rendement des cultures et la variation des prix que nous avons considérée la plus adaptée à notre travail, est la "Mean-Variance (E,V) Analysis" proposée par Hazell (1986) et adaptée par Marques et al. (1994) et Flichman et al. (1994 et 1995). Cette méthode est centrée sur la minimisation des déviations moyennes par rapport à un revenu minimum, qui est fixé de façon exogène.

La déviation moyenne multipliée par un coefficient constant d'aversion au risque est minimisée dans la fonction objectif. Notre fonction objectif n'est plus le revenu espéré mais la fonction "utilité" du producteur:

$$U = \text{PROB}_n * (\text{MN}_n - \text{phi} * \text{LAMBDA})$$

où **phi**, est le coefficient d'aversion au risque et **LAMBDA**, la déviation moyenne par rapport au revenu minimum.

Les déviations par rapport au revenu minimum dans chaque état de nature sont calculées dans le modèle de façon endogène:

$$\text{MN}_{n,y,i} + \text{DEV}_{n,y,i} \geq \text{REVMIN} \quad (15).$$

et

$$\text{DEV}_{n,y,i} \geq 0$$

²⁶Par exemple, si on augmente la probabilité des bonnes et moyennes années de disponibilité d'eau, pour le même niveau autorisé de risque, la solution devient impossible.

où **MN** est la marge nette, **REVMIN** le revenu minimum, **DEV** les déviations, **y** les états de nature des productions végétales et **i** les états de nature de fluctuation des prix.

Dans l'inéquation suivante, on calcule la déviation moyenne par rapport au revenu minimum des variabilités du rendement et des prix pour chaque état de nature d'eau disponible:

$$\sum_i (\text{PRO}_y * \text{DEV}_{n,y,i}) / 2 \leq \text{LAMBDA} \quad (16).$$

où **PRO** est la probabilité d'occurrence de chaque état de nature de production végétale. Pour chaque état de nature d'eau disponible, nous avons 3 états pour le rendement des cultures et deux pour les prix. Le poids des états de nature **y** est mesuré dans l'inéquation (16) avec leur probabilité d'occurrence, ce qui amène à diviser seulement par deux la somme des déviations dans le calcul de la déviation moyenne.

Nous avons réalisé plusieurs simulations avec les modèles individuels des fermes du type 1 et 3, pour paramétrer le coefficient d'aversion au risque (voir les tableaux 5.5 et 5.6). Dans tous les cas, l'augmentation du coefficient d'aversion au risque conduit à des utilités plus basses. Le coefficient d'aversion au risque a été fixé en 0.5 pour l'exploitation du type 1 et en 0.05 pour l'exploitation du type 3. Dans l'exploitation du type 2 (les cultivateurs), on n'a pas pris en compte le risque.

Tableau 26. Résultats des simulations du modèle individuel de l'exploitation du type 1 (familiale marchande) pour différentes valeurs du coefficient d'aversion au risque (phi)

	phi=0.005	phi=0.05	phi=0.5	phi=0.7
Tournesol en sec (ha)	1.9	1.9	1.81	1.81
Tournesol irrigué (ha)	9.22	9.22	9.38	9.38
Blé en sec (ha)	0.91	0.91		
Blé irrigué (ha)	10.21	10.21	11.19	11.19
Melon irrigué (ha)	2.42	2.42	2.26	2.26
Gel de terres (ha)	3.33	3.33	3.36	3.36
Utilité (milliers de esc.)	731	705	442	326

Source : Résultats du modèle

Tableau 27. - Résultats des simulations du modèle individuel de l'exploitation du type 3 (capitaliste) pour différentes valeurs du coefficient d'aversion au risque (phi)

	phi=0.005	phi=0.05	phi=0.5	phi=0.7
Mais grain (ha)	41.68	41.68	41.87	41.87
Mais fourrage (ha)	28.56	28.56	25.75	25.75
Tournesol irrigué (ha)	56.44	56.44	57.80	57.80
Blé en sec (ha)	36.28	36.28	37.26	37.26
Melon irrigué (ha)	3.88	3.88	3.77	3.77
Pâturage (ha)	360	360	360	360
Gel de terres (ha)	20.16	20.16	20.94	20.94
Utilité (milliers de esc.)	9630	9520	8477	8095

Source : Résultats du modèle

XIII. Le modèle agrégé

La méthode d'agrégation suivie combine plusieurs modèles d'exploitation dans un cadre d'équilibre partiel. Les liaisons entre les différents modèles individuels représentent les transferts de ressources entre les exploitations. De la même manière que le paradigme néoclassique possède une représentation idéale de l'exploitation, nous avons construit un idéal-type du niveau agrégé. Cet idéal-type comprend à la fois des exploitations représentatives et les caractérisations de leurs interactions (Deybe, 1992).

Nous avons considéré dans notre modèle des transferts entre les exploitations pour la terre, les biens d'équipement et pour l'eau d'irrigation. Il faut remarquer qu'en ce qui concerne le partage de l'eau entre les exploitations, ce n'est pas vraiment un transfert de ressources, mais une gestion communale d'une ressource.

Le coût des transferts de terre et des équipements entre les exploitations est le même que les prix de transaction sur le marché de facteurs de production. Pour l'eau, il n'y a pas un coût de transfert, on admet que dans les transferts d'eau entre les exploitations, il y a déjà un coût social inclus dans le choix individuel de chaque exploitant.

L'exploitation du type 3 (capitaliste) possède la terre et ses biens d'équipement. Les exploitations du type 1 et 2 (familiale et cultivateur) ne possèdent que les biens d'équipement. Ces entreprises utilisent une partie de la terre de l'exploitation 3, moyennant un statut de fermage. Cette interaction se définit par le fait que la surface totale cultivée par les trois exploitations ne peut pas dépasser la surface de l'exploitation 3.

$$\sum_{exl,c} X_{exl,c,n} \leq LOCT_{s,exl} \quad (17).$$

$$\sum_c X_{ex3,c,n} \leq SAU_{s,ex3} - LOCT_{s,exl} \quad (18).$$

où l'indice *exl* indique les exploitations avec terre en fermage, *ex3*, l'exploitation du type 3 et *LOCT* la variable endogène de location de terre.

En général, l'exploitation du type 2 loue ses biens d'équipement à l'extérieur, le tracteur et la moissonneuse-batteuse, c'est-à-dire que dans les périodes de pointe les exploitations 1 et 3 peuvent recourir à la location du tracteur et de la moissonneuse-batteuse auprès de l'exploitation 2. Ceci se traduit de la façon suivante :

$$ACE_{ex1,n,pr} + ACE_{ex3,n,pr} \leq VEE_{ex2,n,pr} \quad (19).$$

où *VEE* est la variable endogène de location d'équipement de l'exploitation 2 vers les autres.

Les interactions entre les entreprises concernant la main-d'oeuvre n'ont pas été prises en compte dans le modèle parce que l'élasticité de la courbe d'offre de la main-d'oeuvre dans la zone est déterminée par l'arrivée de personnes qui ne sont pas de la région et qui font la plupart des travaux saisonniers.

L'eau est une ressource commune entre les exploitations qui est partagée selon la demande de chaque entreprise par état de nature d'eau disponible. On l'a traduit dans le modèle de la façon suivante :

$$\sum_{ex,ci} BI_{ex,ci} * X_{ex,ci,n} \leq EAU_n$$

et

$$EAU_n \leq DISP_n \quad (20).$$

La fonction objectif dans le modèle agrégé est la somme des fonctions utilités individuelles de chaque ferme type, soumise aux contraintes individuelles de chaque ferme et aux transferts de ressources entre elles:

$$U = PROB_n * (MN_{n,ex} - \phi_{ex} * LAMBDA_{ex}) \quad (21).$$

Dans la figure 27., on présente un schéma simplifié de la structure du modèle développé.

Dans le tableau 28, on a représenté l'utilisation de la terre réelle et simulée dans les cas d'optimisation individuelle et agrégée pour les trois fermes types sur une année de disponibilité moyenne d'eau (état de nature *n2*).

Tableau 28. - Utilisation réelle et simulée de la terre dans le modèle agrégé (ha)

Exploitation	Utilisation de la terre	réelle	modèle individuel	modèle agrégé
type 1 familiale marchande	tournesol irrigué	13	9.38	6.72
	tournesol en sec		1.81	
	melon irrigué	2	2.26	4.82
	blé en sec	9		6.72
	blé irrigué		11.19	
	gel de terres	3.3	3.36	2.02
	surface totale	28	28	20.28
type 2 cultivateurs	tomate	25	25	25
	surface totale	25	25	25
type 3 capitaliste	tournesol irrigué	52	56.44	65.86
	maïs grain	70	41.68	40.59
	maïs fourrage	20	28.56	18.59
	avoine foin	60		
	pâturage	326	360	360
	blé en sec		36.28	43.39
	melon irrigué		3.88	3.88
	gel de terres	18.3	20.16	22.48
	surface totale	547	547	554.79

Source : Résultats du modèle

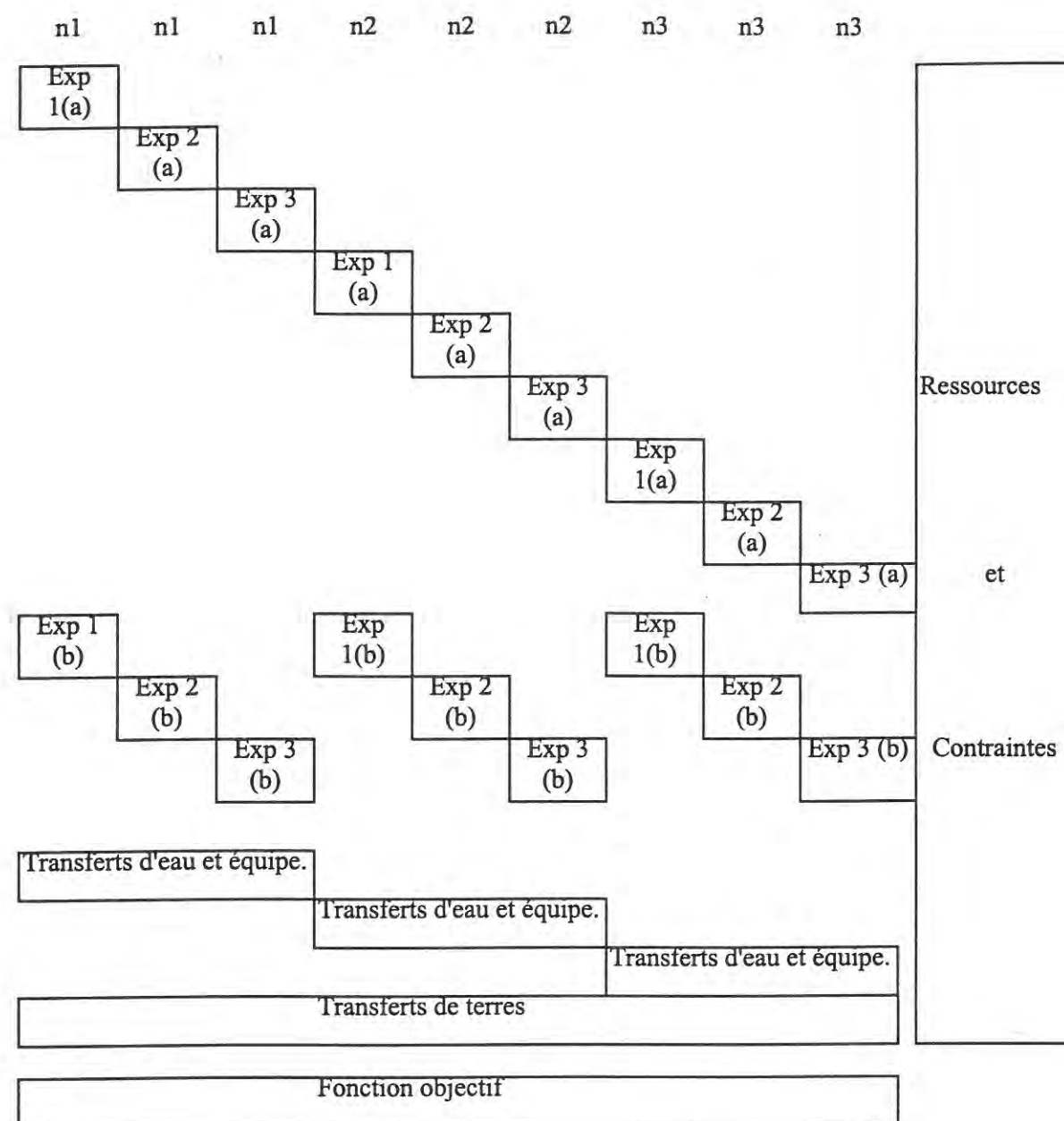
En général, les résultats du modèle agrégé reproduisent mieux la réalité que ceux des modèles individuels. Pour l'exploitation 1, l'assolement choisi dans le modèle agrégé concerne comme dans la réalité une rotation du type oléagineux d'irrigation-céréales d'hiver en sec et une petite surface de melon.

La surface en melon est plus grande que la réelle, ce qui est dû à l'introduction, dans le modèle, de la méthode d'irrigation goutte à goutte plus efficiente dans l'utilisation de la main-d'oeuvre et de l'eau d'irrigation. Dans les modèles de l'exploitation 2, les résultats sont conformes à la réalité.

Dans l'exploitation 3, les résultats du modèle individuel sont plus proches de l'assolement observé, mais dans le modèle agrégé les tendances régionales sont mieux reproduites. L'importante surface de tournesol irrigué enregistrée dans la solution du modèle agrégé, 65,86 ha par rapport aux 52 ha réels montre les tendances vérifiées par les agriculteurs de la zone d'étude dans le changement du maïs par le tournesol dans les surfaces irriguées. Le blé en sec est une pratique courante dans la zone du périmètre irrigué d'Odivelas. Le foin d'avoine n'apparaît pas dans les solutions des modèles, ce qui est dû à l'augmentation de la surface en pâturage et à l'introduction du blé en sec, dont les produits secondaires sont utilisés dans l'alimentation du cheptel.

La partage de la surface agricole et de l'irrigation entre les exploitations est proche de la réalité. Les résultats du modèle sont cohérents, ce qui montre la bonne qualité du modèle, c'est-à-dire qu'on le considère valable et prêt à être utilisé de façon descriptive dans la simulation des différents environnements agro-économiques.

Figure 2. - Schéma simplifié de la structure du modèle



Notes:

n1, n2, et n3 = états de nature de disponibilité d'eau

(a) décisions de court terme en fonction des états de nature de disponibilité d'eau

(b) décisions de long terme fixes pendant le temps

Source : élaboration personnelle

Chapitre 6 - Les résultats du modèle économique de programmation linéaire

I. Les simulations

Nous avons réalisé plusieurs simulations ayant pour but d'évaluer l'impact socio-économique dans le développement des structures d'irrigation dans l'agriculture de l'Alentejo. Nous avons donc considéré cinq scénarios, un de base concernant l'actuelle situation d'eau disponible dans le périmètre d'Odivelas et quatre scénarios alternatifs, où on considère la mise en place du projet de l'Alqueva sur l'actuelle structure d'Odivelas.

L'élaboration des scénarios alternatifs a été basée sur l'augmentation et la régularisation de l'eau disponible dans le barrage d'Odivelas avec des pompes réalisées depuis le barrage de l'Alqueva et les différentes possibilités d'affectation des charges concernant le pompage de l'eau et l'amortissement du réseau secondaire de transport de l'eau. La structure considérée pour les prix des produits agricoles est celle qui a été prévue pour l'année 2003/04 (Ministère de l'Agriculture, 1992). On présente ensuite les scénarios considérés :

Scénario 1 :

C'est le scénario de base. Dans ce scénario, nous avons considéré les disponibilités actuelles du barrage d'Odivelas sans le projet de l'Alqueva. Le prix de l'eau et le taux d'irrigation à l'hectare sont ceux en vigueur qui couvrent le coût de fonctionnement de l'actuelle structure d'irrigation.

Scénario 2 :

On considère que, par rapport au scénario de base, il n'y a pas de changement dans les charges d'entretien des structures d'irrigation. On admet que c'est l'état qui va payer toutes les charges du pompage de l'eau de l'Alqueva jusqu'à Odivelas et aussi l'amortissement des investissements dans la construction du réseau secondaire de transport de l'eau.

Scénario 3 :

Les charges avec les structures d'irrigation supportées par les agriculteurs concernent le coût de fonctionnement des structures actuelles plus 70 % du coût du pompage de l'eau.

Scénario 4 :

Les agriculteurs supportent le coût de fonctionnement des structures actuelles et la totalité des charges du pompage de l'eau.

Scénario 5 :

Dans ce scénario, ce sont les agriculteurs qui vont payer tous les coûts du projet et le fonctionnement de la structure actuelle. Les coûts du projet concernent le pompage de l'eau et 15 % de l'amortissement des réseaux secondaires du transport de l'eau.

Le prix de l'eau dans les scénarios 3, 4 et 5 a été calculé de la même façon que la moyenne pondérée du coût de l'eau emmagasinée dans le barrage d'Odivelas plus le coût du pompage de l'eau de l'Alqueva dans chaque état de nature d'eau disponible. Le pourcentage des amortissements du réseau secondaire du transport de l'eau à payer par les agriculteurs est en accord avec l'actuelle loi des investissements hydrauliques (Ministère de l'Agriculture, 1982).

Dans le tableau suivant, on présente les principales présuppositions qui sont à l'origine de l'élaboration de ces scénarios.

Tableau 29. Les principales caractéristiques des scénarios considérés

	scénario 1	scénario 2	scénario 3	scénario 4	scénario 5
Eau disponible année N1 (m3)	1115200	1115200	1115200	1115200	1115200
Eau disponible année N2 (m3)	656000	656000	656000	656000	656000
Eau disponible année N3 (m3)	94220	656000	656000	656000	656000
Prix de l'eau année N1 (esc./m3)	1	1	2.1	2.7	2.7
Prix de l'eau année N2 (esc./m3)	1.5	1.5	2.8	3.6	3.6
Prix de l'eau année N3 (esc./m3)	3.5	3.5	4.5	6.2	6.2
Taux d'irrigation (milliers esc./ha)	2	2	2	2	3.8

Note : N1 année bonne, N2 année moyenne et N3 année de pénurie d'eau disponible.

Source : Elaboration personnelle.

II. Le revenu des agriculteurs

Dans le tableau 6.2, on présente les indices de la valeur de la marge nette totale et de la valeur duale de la terre. Les valeurs duales des ressources représentent la valeur de la productivité marginale de ces ressources. Dans notre cas, comme nous avons considéré le risque dans les simulations, la valeur duale de la terre est la valeur marginale de la ressource, prenant en compte un certain comportement des agriculteurs par rapport aux situations de risque.

La mise en place du projet de l'Alqueva dans la zone actuelle du périmètre irrigué d'Odivelas entraîne pour tous les scénarios alternatifs une augmentation du revenu des exploitants par rapport au scénario de base (scénario 1). C'est dans le scénario 2, que le profit est le plus grand (40 %). Le scénario qui augmente le moins le rendement des agriculteurs est le 5. L'augmentation du revenu dans ce scénario est seulement de 26 % par rapport au scénario de base.

La régularisation entraînée par le projet sur les disponibilités d'eau dans les années de pénurie donne la possibilité d'augmenter la surface des cultures irriguées. Ce qui permet les effets positifs observés sur le revenu des exploitants dans les différents scénarios alternatifs.

30. Les indices de la valeur de la marge nette totale et de la valeur duale de la terre

	scénario 1	scénario 2	scénario 3	scénario 4	scénario 5
Marge nette totale	100	140	133	128	126
Valeur duale de la terre	100	380	314	263	267

Source : Elaboration personnelle.

Dans tous les scénarios alternatifs, la valeur duale de la terre est supérieure à celle du scénario de base (scénario 1). Dans ce scénario 1, la valeur duale de la terre est environ 1.000 mille escudos par hectare. Pour le scénario 2, la hausse de la valeur de la terre monte presque quatre fois par rapport au scénario 1, et dans le scénario 3 plus que trois fois. Dans les scénarios 4 et 5, elle atteint plus que le double.

Dans les situations du projet, les grandes changements dans la valorisation de la ressource terre ont lieu entre les scénarios 3 et 4. Ceci reflète les effets négatifs affectant toutes les charges concernant le pompage d'eau aux agriculteurs et montre aussi le conflit d'intérêts existant entre la EDP²⁷, le gouvernement portugais et les associations d'irrigation, pour savoir qui va payer le pompage de l'eau et quels sont les pourcentages à payer par les différents intervenants.

²⁷ *Entreprisa d'Electricidade Portuguesa*

Tableau 31. Marge nette à hectare par chaque type d'exploitation (milliers de esc./ha)

Exploitations	scénario 1	scénario 2	scénario 3	scénario 4	scénario 5
Type 1	140	158	155	152	150
Type 2	404	456	449	443	441
Type 3	0.2	5.6	4.6	3.9	3.6

Source : Elaboration personnelle.

Dans le tableau 31., on présente la marge nette des différentes exploitations par hectare. La marge nette à l'hectare pour les différentes exploitations types dans les scénarios considérés suit la même évolution observée pour la marge nette totale et pour la valeur duale de la terre. Les bas niveaux de rendement obtenus dans le scénario de base pour l'exploitation type 3, montrent les conséquences négatives de l'actuelle politique agricole sur les systèmes agricoles qui se base sur la production de céréales et de produits de l'élevage (viande de bovin). Ces conséquences diminuent avec le développement des irrigations dans les scénarios alternatifs.

La concentration du revenu dans l'exploitation du type 2 (la marge nette varie entre 404 et 456 mille escudos par hectare), par rapport aux autres (0.2 jusqu'à 5.6 mille escudos par hectare dans l'exploitation 3 et 140 jusqu'à 158 dans l'exploitation 1), montre bien le rôle que les produits méditerranéens peuvent avoir dans l'utilisation des nouvelles surfaces irriguées. L'importance de ces produits dans les futures irrigations régionales crée la nécessité de renégocier avec l'Union Européenne l'actuelle politique de quotas à la production du concentré de tomate (voir tableau 6.3.).

III. Le comportement des agriculteurs

La mise en place du projet de l'Alqueva à Odivelas ne produit pas de changements dans le partage des surfaces entre les exploitations. La terre continue à être concentrée dans les grandes fermes. L'augmentation de la surface irriguée dans les scénarios alternatifs par rapport au scénario de base est de 5.5 %. Ce sont les grandes exploitations et les producteurs de tomates qui vont en bénéficier le plus (voir le tableau 32.). L'assolement par rapport au scénario de base (scénario 1) présente des changements importants dans la surface de certaines cultures. Les oléagineux en sec sont remplacés par l'augmentation des surfaces de fruits et légumes et des oléagineux irriguées. Les surfaces fourragères deviennent plus importantes. Il y a une augmentation de 10 % dans les surfaces en pâturage et les fourrages en sec sont remplacés en totalité par les irrigués. Entre les différents scénarios alternatifs, il n'y a pas de variations importantes dans l'assolement.

Tableau 32. L'utilisation du sol en % de la surface totale

Surface	scénario 1	scénario 2	scénario 3	scénario 4	scénario 5
Exploitation 1	1	1	1	1	1
Exploitation 2	4	4	4	4	4
Exploitation 3	96	96	96	96	96
Totale irriguée	18.5	24	24	24	24
Surface irriguée exploitation 1	0.89	0.96	0.96	0.96	0.96
Surface irriguée exploitation 2	3.69	4.17	4.17	4.17	4.17
Surface irriguée exploitation 3	13.92	19.17	18.38	18.38	18.38
Céréales d'hiver en sec	13.10	12.08	12.68	12.68	12.68
Oléagineux en sec	3.8				
Oléagineux irrigués	10.02	12.08	12.68	12.68	12.68
Fruits et légumes	6.68	7.73	7.73	7.73	7.73
Fourrages en sec	6.36	0.00	0.00	0.00	0.00
Fourrages irrigués	1.80	4.49	3.10	3.10	3.10
Pâturages	55.03	60.00	60.00	60.00	60.00
Gel de terres	3.93	3.62	3.80	3.80	3.80

Source : Elaboration personnelle.

IV. Les méthodes d'irrigation, l'intensification technique et l'environnement

Les méthodes d'irrigation utilisées concernent l'irrigation par gravité dans les grandes cultures et goutte à goutte dans le cas des fruits et légumes. Dans les scénarios alternatifs par rapport au scénario de base, il y a une augmentation dans les surfaces irriguées par écoulement et goutte à goutte d'environ 4% et 1 %. Les systèmes d'irrigation par aspersion dans les grandes cultures d'irrigation dans la zone d'étude ne sont plus une alternative à cause du bas profit qui s'en dégage et de leur coût élevé²⁸ (voir le tableau 6.5).

En ce qui concerne l'intensification technique et la pollution par nitrates, on vérifie que, par rapport au scénario de base, le projet de l'Alqueva dans la zone d'Odivelas pourra dégager une certaine intensification technique avec quelques conséquences sur l'environnement. Les pertes de nitrates augmentent de 23.54 Kg/ha dans le scénario de base vers 27.93 Kg/ha dans le scénario 2 et 25 Kg/ha dans les autres scénarios alternatifs.

Tableau 33. La méthode d'irrigation, les techniques et les pertes de nitrates

Méthode d'irrigation (%)	scénario 1	scénario 2	scénario 3	scénario 4	scénario 5
Gravité	11.82	16.57	15.78	15.78	15.78
Goutte à goutte	6.68	7.73	7.73	7.73	7.73
Techniques (%)	scénario 1	scénario 2	scénario 3	scénario 4	scénario 5
T1	80.04	78.56	72.93	72.93	72.93
T2	9.90	9.36	14.39	14.39	14.39
T3	0.00	5.37	12.68	12.68	12.68
T4	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
T5	10.02	6.71	0.00	0.00	0.00
Pertes d'azote (Kg/ha)	scénario 1	scénario 2	scénario 3	scénario 4	scénario 5
Nitrates	23.54	27.93	25.00	25.00	25.00

Source : Elaboration personnelle.

V. Les indicateurs socio-économiques

L'indice de l'emploi est relatif aux besoins de travail saisonnier dans la zone d'étude. Cet indicateur par rapport au scénario de base s'accroît dans tous les scénarios alternatifs. Mais c'est dans le scénario 2 qu'il y a la plus grande croissance de l'emploi dans la zone d'Odivelas, (31 %). Dans les différents scénarios du projet, l'indice de la valeur des investissements monte de 17 % par rapport à la situation actuelle (voir le tableau 6.6.).

Tableau 34. Les indices de l'emploi, des investissements de la disponibilité et consommation d'eau et le rapport eau consommée et disponible

	scénario 1	scénario 2	scénario 3	scénario 4	scénario 5
Emploi	100	131	126	126	126
Investissements	100	117	117	117	117
Eau disponible	100	117	117	117	117
Consommation d'eau	100	137	119	119	119
eau consommée / eau disponible	0.75	0.88	0.77	0.77	0.77

Source : Elaboration personnelle.

L'eau disponible présente les mêmes variations que l'investissement. La consommation d'eau monte plus que la disponibilité dans les situations de projet. Le rapport eau consommée/eau disponible suit

²⁸Il faut remarquer aussi qu'au contraire des autres périmètres du projet de l'Alqueva qui vont recevoir l'eau sous pression, l'actuelle surface irrigable du périmètre d'Odivelas peut continuer à la recevoir par gravité.

aussi une variation positive dans les situations de projet par rapport au scénario de base. Ainsi, dans le scénario 2, la consommation d'eau est supérieure de 37 % à celle du scénario de base et le rapport eau consommée / eau disponible est de 0.88, pour les autres scénarios considérés dans la situation de projet, ces chiffres sont de 19 % et de 0.77.

VI. Les limites du modèle

La collecte des données pour l'élaboration du modèle biophysique rend leur validation longue et complexe, ainsi que le manque d'expérimentation agronomique dans ce champ. Le développement des cultures irriguées en général entraîne une forte augmentation de produits phytosanitaires à cause de la prolifération des maladies cryptogamiques et des problèmes de salinités des sols. Ce modèle ne prend pas en compte ces phénomènes.

Dans notre approche, le cadre de l'analyse est statique. Les modèles récurrents de croissance de ferme sont un bon outil pour apprendre la dynamique et ses résultats sont aussi plus précis.

Une autre limitation du modèle, c'est le fait de ne pas tenir compte de la demande des produits agricoles et des contraintes du marché.

Conclusion et développements futurs

Selon les résultats du modèle, le projet de l'Alqueva amène en général un impact socio-économique positif dans le secteur agricole de l'Alentejo. Les principales contraintes aux potentialités du projet sont la faible capacité productive des sols de la zone d'étude et l'actuelle politique agricole issue des accords de la réforme de la PAC et du GATT.

Le projet entraîne une augmentation du revenu des agriculteurs et des investissements en équipement d'irrigation goutte à goutte et de l'emploi dans l'agriculture. La consommation d'eau monte par rapport à la situation actuelle et l'eau ne cesse d'être un facteur contraignant dans l'agriculture régionale.

L'intensification technique qui entraîne l'augmentation des disponibilités d'eau dans la situation du projet a des conséquences négatives sur l'environnement, notamment la contamination des nappes souterraines par les pertes de nitrates.

Les fruits et légumes, notamment la tomate, peuvent avoir un rôle décisif dans l'utilisation des nouvelles surfaces irriguées. Les fourrages et les oléagineux d'irrigation seront aussi des cultures irriguées à prendre en considération. Les céréales d'hiver en sec et les pâturages naturels continuent à avoir une place importante dans les systèmes agricoles de l'Alentejo. Au niveau de la structure du foncier, on ne prévoit pas de changements sans l'intervention de l'état.

Ce projet préconise un modèle de développement agricole qui intègre le secteur agricole en l'amont et en aval. L'importance des systèmes agricoles irrigués basés sur la production de fruits et légumes, fourrages et oléagineux pourra induire le développement du marché des facteurs de production et d'un modèle d'industrialisation régionale basée dans l'agro-industrie.

On peut conclure que le développement de l'irrigation dans l'Alentejo prévu dans le domaine du projet de l'Alqueva pourra inverser les actuelles tendances de perte de revenu pour les agriculteurs à long terme. L'actuelle politique agricole limite le développement technologique, les systèmes d'irrigation par aspersion dans les grandes cultures ne sont plus rentables. La compétitivité dégagée dans les systèmes agricoles, moyennant l'augmentation des disponibilités d'eau dans le cadre du projet, contrarie les contraintes productivistes de la réforme de la PAC et des accords du GATT.

Comme développements futurs, nous allons proposer une analyse de sensibilité à certaines variables, notamment le coût des investissements d'irrigation et le niveau de capitalisation des entreprises agricoles.

Il nous semble aussi intéressant d'étendre cette analyse aux autres périmètres irrigués du projet de l'Alqueva ainsi que l'élaboration d'un modèle agrégé au niveau de l'Alentejo en utilisant une analyse multicritère qui prend en compte les objectifs les plus déterminants dans le choix des décideurs.

Annexe

I. Modèle en GAMS

(disponible dans la première version du master, soutenu en mai 96)

II. Table des figures

Tableaux

1. Les groupes de sols dominants dans l'Alentejo	8
2. La répartition générale du territoire agricole de l'Alentejo en 1989	9
3. Les principales cultures pour le Portugal et l'Alentejo en 1993	10
4. Exploitations de l'Alentejo selon la surface agricole utilisée, la surface irriguable et la surface irriguée	11
5. Évolution des pourcentages du rapport surface irriguée/surface irrigable (périmètres irrigués de l'Alentejo)	12
6. Évolution des surfaces des principales cultures irriguées dans les périmètres de l'Alentejo (ha)	13
7. Répartition générale de superficie	18
8. Superficie des cultures principales	19
9. Nombre d'exploitations et surface par la S.A.U. dans les communes de Fig. de Cavaleiros et Odivelas	20
10. Le mode de faire valoir par nombre d'exploitations	20
11. Le mode de faire valoir selon la SAU	20
12. Le type de producteurs selon le nombre d'exploitations	21
13. Le type de producteurs selon la SAU	21
14. Nombre de tracteurs par exploitation et rang de SAU	22
15. Le poids de l'élevage	23
16. Le poids des surfaces irrigables et irriguées dans la SAU	23
17. L'origine de l'eau pour l'irrigation	24
18. Les types de systèmes d'irrigation	24
19. Les exploitation représentatives	27
20. Caractérisation générale des sols utilisés	38
21. Comparaison des résultats simulés avec ceux qui ont été observés	40
22. Disponibilités d'eau (m3) par type d'année et probabilité d'occurrence de chaque type d'année	51
23. Utilisation réelle et simulée de la terre (exploitation du type 1 du périmètre irrigué d'Odivelas)	56
24. Utilisation réelle et simulée de la terre (exploitation du type 3 du périmètre irrigué d'Odivelas)	56
25. Les effets de l'introduction de la trésorerie et des investissements dans le modèle de l'exploitation de type 1	57
26. Résultats des simulations du modèle individuel de l'exploitation du type 1 (familiale marchande) pour différentes valeurs du coefficient d'aversion au risque (ϕ)	61
27. Résultats des simulations du modèle individuel de l'exploitation du type 3 (capitaliste) pour différentes valeurs du coefficient d'aversion au risque (ϕ)	61
28. Utilisation réelle et simulée de la terre dans le modèle agrégé (ha)	63
29. Les principales caractéristiques des scénarios considérés	66
30. Les indices de la valeur de la marge nette totale et de la valeur duale de la terre	66
31. Marge nette à l'hectare par chaque type d'exploitation (milliers de esc/ha)	67
32. L'utilisation du sol en % de la surface totale et l'environnement	67
33. La méthode d'irrigation, les techniques et les pertes de nitrates	68
34. Les indices de l'emploi, des investissements, de la disponibilité et consommation d'eau et le rapport eau consommée et disponible	68

Figures

1. Schéma des circuits hydrauliques du barrage d' Alqueva	14
2. Schéma simplifié de la structure du modèle	64

Graphiques

1. Résultats de l'application du modèle EPIC pour la culture du blé dans les sols Pag	41
2. Résultats de l'application du modèle EPIC pour la culture de l'orge dans les sols Pag	41
3. Résultats de l'application du modèle EPIC pour la culture de l'avoine dans les sols Pag	42
4. Résultats de l'application du modèle EPIC pour la culture du tournesol dans les sols Pag	43
5. Résultats de l'application du modèle EPIC pour la culture du maïs dans les sols Pag	43
6. Efficience économique des techniques simulées tournesol sols pag : prix de l'eau 4 esc/m3	44
7. Techniques retenues pour le tournesol sols Pag : prix de l'eau 4esc/m3	45
8. Efficience économique des techniques simulées	45
9. Techniques retenues pour le tournesol sols Pag : prix de l'eau 7esc/m3	46

Bibliographie

1. ASSOCIAÇÃO de BENEFICIÁRIOS DA OBRA DE REGA DE ODIVELAS. (ABORO) - *Relatório e Contas do exercício de 1994* - Ferreira do Alentejo : ABORO, 1994.
2. AVILLEZ(F.), ESTÁCIO(F.), NEVES(M.C.) - *Análise de Projectos Agrícolas no Contexto da Política Agrícola Comum*. - Banco Pinto e Sotto Mayor, Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 1988 - 171 p.
3. AVILLEZ(F.), GUERRA(M), FERNANDES(M.) - *O Regadio Alentejano : situação actual e perspectivas de evolução no contexto da PAC*. - Elvas : 1988.
4. AVILLEZ(F.), GOMES(J.C.), ANDRADE(A.) - *Avaliação de Projectos Hidroagrícolas no Contexto da Política Agrícola Comum*. - Recursos Hídricos vol. II no. 1, 2 e 3, 1990. pp: 17-12.
5. BARROS(H.), ESTÁCIO(F.) - *Economia da Empresa Agrícola* - Nova Lisboa : Universidade de Luanda, 1972 - 617 p.
6. BENSON(V.W.), EVERSON, (C.A.), SHARP(R.L.) - *Irrigation System Selection in an Energy : Short Economy* - United States : United States Department of Agriculture, Economic Research Service. ERS - 670.
7. BLASKOVIC(H.) - *Une analyse des systèmes de production agricole socialisée dans la région continentale de Croatie et des possibilités de réorganisation : Tentative d'utilisation des modèles* - Montpellier : Institut Agronomique Méditerranéen, 1992 - Thèses et Masters no.17 - 129 p.
8. BOUSSARD(J.M.) - *Programmation mathématique et théorie de la production agricole*. - Paris : Editions Cujas, 1970 - 251 p.
9. BOUSSARD(J.M.), BOURLIAUD(J.) - *Possible consequence of agricultural policies for the district of Sedhiau (Central Casamance, Republic of Senegal). An application of a linear programming model*. - Paris : INRA, 1974 - 121 p.
10. BOUSSARD(J.M.) - *The risk aversion parameter in modeling farm decision*. Communication présentée au "European Symposium on the consideration and modeling risk in agribusiness, sector" - Kiel, september, 1980.
11. BOUSSARD(J.M.), JACQUET(F.), FLICHMAN(G.) - *Projet : Les comparaisons internationales d'efficacité en agriculture*. Convention d'étude CIHEAM Ministère de l'Agriculture - CNRS - Commissariat Général au Plan - INRA.
12. BOUSSARD(J.M.), DAUDIN(J.J.) - *La programmation linéaire dans les modèles de production* - Paris : Mason, 1988.
13. BOUSSARD(J.M.) - *Les modèles de comportement des unités paysannes* - texte préparé pour le Séminaire Européen des Economistes Agricoles, 29 mai-2 juin 1989.
14. BOUSSARD(J.M.) - *Splendeur et Misère de l'Économétrie* - *Économie Rurale* no 222, Juillet-Août, 1994.
15. BOUSSARD(J.M.) - *Revenus, marchés et anticipations : la dynamique de l'offre agricole* - *Économie Rural* n. 220/221, mars-juin, 1994.
16. BOUSSEMART(J.Ph.), FLICHMAN(G.), JACQUET(F.), LEFER(H.B.) - *L'apport des modèles bio-économiques à l'analyse des politiques agricoles*. Journées I.F.R.E.S.I., Janvier, 1995.
17. CABELGUENE(M.), JONES(C. A.), MARTY(J. R.), QUINS(H.) - Contribution à l'étude des rotations culturales : tentative d'utilisation d'un modèle - *Agronomie* vol 6 n° 8, 1988 - pp: 549-556.
18. CABELGUENE(M.), JONES(C.A.) - *Use of Simulation Models to Study Cropping Systems* - Austin Texas USA : Summer Computer Simulation Conference, 1989.
19. CABELGUENE(M.), JONES(C. A.), MARTY(J. R.) - *Calibration and Validation of EPIC for Crop Rotations in Southern France* - *Agricultural Systems*, n. 33, 1990, pp 153-171.
20. CABELGUENE(M.), JONES(M.C.A.), MARTY(J.R.), QUINS(H.) - Contribution à l'étude des rotations culturales - tentative d'utilisation d'un modèle, *Agronomie* - Vol. 75 no. 4, 1993, pp :1021-1029.

21. CABELGUENE(M.), DEBAEKE - *Analyse d'impacts socio-économiques des différents politiques de certaines régions européennes : compétitivité et protection de l'environnement* - Commission des Communautés Européennes, 1993. DG VI - Agriculture.
22. CABELGUENNE(M.) - *La modélisation agronomique, le modèle EPIC* - Montpellier : C.I.H.E.A.M - I.A.M., Mars, 1995. Documents d'appui.
23. CABRAL(A.) - *Monografia sobre medidas de política económica adaptadas sobre cerealicultura no período de 1950 - 1973* - Lisboa, Portugal : 1976.
24. CALDAS(E.C.), LOUREIRO(M.S.) - *Níveis de Desenvolvimento Agrícola no Continente Português* - Lisboa, Portugal : Fundação Calouste Gulbenkian, 1963.
25. CALDAS(J.G.P.) - *Aspectos do Problema Agrário* - Lisboa, Portugal : Junta de Colonização Interna, 1945.
26. CANHA(B.D.) - *Estudo das Melhores Combinações Pecuárias e Cerealíferas em Explorações Típicas do Concelho de Santiago do Cacém* - Évora : Universidade de Évora, 1988 - Trabalho de Fim de Curso de Engenharia Zootécnica.
27. CAKMAK(E.H.) - *La modélisation des politiques agricoles*. Montpellier : C.I.H.E.A.M - I.A.M., Mars, 1995. Documents d'appui.
28. CARDOSO(J.V.J.C.) - *Os solos de Portugal, sua classificação caracterização e génese. 1 - A Sul do Rio Tejo*. Lisboa : Secretaria de Estado da Agricultura Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas, 1965.
29. CARVALHO(M.), BASCH(G.) - *Optimisation of nitrogen fertilisation : Relationship between precipitation and expected yields* - Netherlands : Fertilizer Research Kluwer Academic Publishers, 1995.
30. CARVALHO(M.), BASCH(G.), AZEVEDO(A.L.), MACHADO(L.C.R.T.) - *Efeitos de datas e densidades de sementeiras na cultura do girassol, em solos de barro preto (Bp)* - Évora : Universidade de Évora Departamento de Fitotécnica.
31. CARVALHO (M.L.P.M.V.S.) - *Efeitos da Variabilidade das Produções Vegetais na Produção Pecuária Aplicação em Explorações Agro-Pecuárias do Alentejo : Situações Actual e Decorrente da Nova PAC* - Évora : Universidade de Évora, 1994 - 227 p - Dissertação de Doutoramento.
32. CARY(F.) - *Enquadramento e Perfis do Investimento Agrícola no Continente Português* - Lisboa: Banco de Fomento Nacional, 1985 - Estudos 22, Vol. 2.
33. CORDONNIER(P.) - *Programmation linéaire. Applications à la modélisation de la décision dans l'entreprise agricole* - Paris; 1975 - 59 p - Techniques Agricoles 760.
34. COMISSÃO DE COORDENAÇÃO DA REGIÃO DO ALENTEJO (CCRA) - *Análise e Diagnóstico da Situação Actual* - Évora : CCRA, 1983.
35. COSTA(J.B.) - *Caracterização e Constituição do Solo* - 3ª edição - Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 1985 - 527 p.
36. COSTA(N.) - *Algumas notas sobre a economia da produção das seguintes culturas : trigo, milho, girassol, e sorgo* - Empresa para Agroalimentação e Cereais S.A. (EPAC).
37. CRESPO(D.) - *Problems and Potentialities of Pasture and Forage Production in Portugal* - Elvas : Estação de Melhoramento de Plantas, 1975. Separata de Melhoramento Vol. 26.
38. DEYBE(D.) - *Politiques agricoles et érosion des sols en Argentine : une méthodologie pour leur analyse* - Montpellier : Institut Agronomique Méditerranéen, 1989 - Thèses et Masters no. 5.- 95 p.
39. DEYBE(D.) - *Politiques pour une agriculture durable : essai sur la gestion de ressources naturelles renouvelables* - Paris : Université de Paris -I- Panthéon-Sorbone, 1992 - Pour le Doctorat en Science Économique.
40. DIRECÇÃO GERAL DOS MERCADOS AGRÍCOLAS E DA INDÚSTRIA AGRO-ALIMENTAR (DGMAIAA) - *Plano de Regionalização para as Culturas Arvenses* - Ministério da Agricultura.
41. DIRECÇÃO REGIONAL DE AGRICULTURA DO ALENTEJO - *Aplicação do Sistema de Apoio aos Productores de Determinadas Culturas Arvenses* - Évora : Direcção de Serviços de Mercados e Garantia Agrícola, 1994.
42. DIRECÇÃO GERAL DOS SERVIÇOS HIDRAULICOS - *Plano de Valorização do Alentejo - Rega de 170000 ha*. Lisboa, Portugal : Direcção Geral dos Serviços Hidraulicos, 1965.

43. DIRECÇÃO GERAL DA HIDRAULICA E ENGENHARIA AGRÍCOLA (DGHEA). - *Análise dos Encargos com a Utilização das Máquinas Agrícolas* - Lisboa : Ministério da Agricultura, 1992.
44. DIRECÇÃO GERAL DA HIDRAULICA E ENGENHARIA AGRÍCOLA (DGHEA) - *Programa de Drenagem e Conservação do solo no Alentejo. Modelos de Exploração das Terras do Alentejo (META)* - Ministério da Agricultura, 1987.
45. DRIDI(N.), ZEKRI(S.), LARA(P.) - *Intégration de l'élevage dans les petites exploitations irriguées : une approche multicritère en deux étapes* - Médit Vol 2, 1994 - pp. 36 - 41.
46. ELLIS(F.) - *Peasant economics Farm Households and Agrarian development* - Cambridge : Cambridge University Press.
47. COMUNIDADE EUROPEIA. *Estatísticas de Base da Comunidade* - Bruxelas : Eurostat, 1993 - edition no. 30.
48. ESTAÇÃO AGRONÓMICA NACIONAL - *Investigação Técnico-Económica na Agricultura (1941-1992) Contributo para a melhoria da competitividade do sector* - Instituto Nacional de Investigação Agrária, 1993.
49. FEIO(M.) - *Reflexões Acerca do Plano de Rega do Alentejo* - Beja : Publicações da Fedração dos Grémios da Lavoura do Baixo Alentejo no. 3, 1959.
50. FEIO(M.) - *Crítica ao Estudo Económico do Plano de Rega do Alentejo* - Beja : Publicações da Federação dos Grémios da Lavoura do Baixo Alentejo no. 9, 1963.
51. FEIO(M.) - *Alqueva - Um regadio com más condições* - Vida Rural, Novembro, 1988 - pp : 054-64.
52. FEIO(M.) - *Clima e Agricultura* - Lisboa: Ministério da Agricultura Pescas e Alimentação, 1991.
53. FEIO(M.) - *O Regadio Mediterrâneo em Concorrência com Outros Climas* - Vida Rural no. 13, 1991, pp : 12-18.
54. FLICHMAN(G.) - *La rente del suelo y de desarrollo agrario argentino* - Buenos Aires : Siegle XXI editores, 1986 - 242 p.
55. FLICHMAN(G.) - *Type d'exploitation agricole. Alternatives productives et compétitivité* - Paris : Ministère de la Recherche et de la Technologie, avril, 1986. Communication préparée pour le colloque, "Diversification des modèles de développement rural : questions et méthodes".
56. FLICHMAN(G.) - *International Comparisons of efficiency in agricultural production* - OECD, 1990. Development Centre, Technical papers no. 21.
57. FLICHMAN(G.) - *Analyse des possibilités d'expansion de l'offre de céréales en Argentine* - Convention d'étude CIHEAM-IAMM - Ministère de l'Agriculture, janvier 1992
58. FLICHMAN(G.), GARRIDO(A.), VARELA(O.) - *Agricultural Policy and Environmental Effects under Uncertainty and Markets Imperfections* - Zaragoza, Espagne : février, 1994. Communication présentée au Séminaire "Environmental and Land Use Issues in the Mediterranean Basin".
59. FLICHMAN(G.), GUTMAN(G.) - *Analysis of the Socio-Economic Impacts of Agricultural Policy Reform in Certain European Regions : Competitiveness and Environmental Protection* - Synthesis of Final Report for EU contract No. 4706A, 1995.
60. FONSECA(M.B.) - *Impact de l'irrigation dans le cadre de la PAC : le cas de la région espagnole de Castilla-Leon* - Montpellier : Institut Agronomique Méditerranéen, 1993. Projet de Thèse de Master.
61. FONSECA(M.B.) - *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 Castilla-Leon* - Montpellier : Institut Agronomique Méditerranéen, janvier 1995. Master of Science.
62. FRAGOSO(R.) - *Avaliação Económica da Reforma da PAC numa exploração agrícola da Zona Agrária de Ponte de Sôr* - Évora : Universidade de Évora, 1993. Trabalho de Fim de Curso de Engenharia Zootécnica.
63. FRAGOSO(R.) - *A nova PAC : Implicações numa exploração agrícola do Alentejo* - Vila Real : 1994 - Communication présentée dans IV Congresso de Zootecnia "Os Novos Desafios da Alimentação Animal".
64. GRAÇA(L.Q.) - *O Estado Novo e a Agricultura* - Lisboa, Portugal : Edições SPN, 1938.

65. GUERRIEN(B.), NEZEYS(B.) - *La programmation linéaire*. Montpellier : C.I.H.E.A.M.-I.A.M., Février, 1995. Documents d'appui.
66. HAZELL(P.B.R.), NORTON(R.) - *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture* - New York : Mac Millan Publishing Company, 1986.
67. HIDROTÉCNICA PORTUGUESA - *Empreendimentos de Fins Múltiplos de Alqueva : Estudo de Avaliação Global Síntese* - Hidrotécnica Portuguesa, 1992.
68. IEADER - *Estudo Sectorial / Regional de Base Micro-Económica para o Planeamento da Agricultura Portuguesa* - Ministério da Agricultura, 1993.
69. INSTITUTO DOS MERCADOS AGRÍCOLAS E INDÚSTRIA AGRO-ALIMENTAR (I.M.A.I.A.A.) - *Preços e Ajudas decorrentes da Reforma da PAC e do Mercado Único* - Ministério da Agricultura Divisão de Informação e Relações Públicas.
70. INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (I.N.E.) - *Recenseamento Geral e Agrícola R.G.A., 1989* - INE, 1989.
71. INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (I.N.E.) - *Estatísticas Agrícolas 1990* - INE, 1990.
72. INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (I.N.E.) - *Contas Regionais 1991* - INE, 1991.
73. INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (I.N.E.) - *Preços e Rendimentos na Agricultura* - INE, 1991 et 1992 - folha de informação rápida no. 4.
74. INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (I.N.E.) - *Recenseamento da População e Habitação 1991* - INE, 1991.
75. INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (I.N.E.) - *Anuário Estatístico da Região do Alentejo 1993* - INE, 1993.
76. INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (I.N.E.) - *Portugal Agrícola 1993* - INE, 1993.
77. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E GEOFÍSICA (INMG) - *Estatísticas Meteorológicas* - INMG.
78. JACQUET(F.), FLICHMAN(G.) - *Intensification et efficacité en agriculture* - Economie Rurale no. 183, janvier / février, 1988, pp. 49-54.
79. JACQUET(F.) - *La réforme de 1992, un tournant dans l'histoire de la Politique Agricole Commune* - Paris : Economie et stratégies agricoles, 1993.
80. JACQUET(F.), PLUVINAGE(J.) - *Les effets de l'incertitude climatique sur la prise de décision des agriculteurs en zone semi-aride méditerranéenne. Un modèle de programmation stochastique discrète, appliqué aux exploitations céréales-élevage de la région de Sidi Bel Abbès en Algérie* - article à paraître février, 1995.
81. JONES(C.A.), CABELGUENE(M.), DYKE(P.T.) - *Simulation of French Cropping Systems with EPIC* - Las Vegas, USA : American Society of Agronomy, 1989.
82. JUNTA DE COLONIZAÇÃO INTERNA - *Política Agrária e Colonização Interna* - Lisboa, Portugal : Junta de Colonização Interna, 1951. Relatório Técnico.
83. MACCARL(B.A.) - *Cropping activities in agricultural sector models : methodological proposal* - American Journal of Agricultural Economics vol 64, 1982 - pp : 768 - 772.
84. MARQUES(C.A.F.) - *Portuguese Entrance into the European Community : Implications for Dry Land Agriculture in the Alentejo Region* - West Lafayette, Indiana : Purdue University, 1988 - Ph.D. Dissertation.
85. MARQUES(C.A.F.) - *Implementações Empíricas Base de Modelos de Programação Linear de Empresas Representativas do Alentejo* - Évora : Universidade de Évora, 1992 - Anais da Universidade de Évora.
86. MARQUES(C.A.F.), et al. - *Analysis of Socio-Economic Impacts of Agricultural Policy Reform in Certain European Regions : Competitiveness and Environmental Protection* - Portuguese Team Final Report of European Community Commission contract No. 8001-CT91-306 - Évora : Universidade de Évora, 1994.
87. MARTINS(M.B.F.S.C.F.) - *Avaliação Económica de Tecnologias Alternativas de Mobilização do Solo numa Exploração Agrícola da Zona dos Barros de Beja* - Évora : Universidade de Évora, 1994 - Dissertação de Mestrado.
88. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - *Reforma da PAC - Síntese dos Principais Aspectos* - Gabinete do Ministro, Maio, 1992.
89. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - *Projecto Nacional de Desenvolvimento Agrícola Parte I : O Alentejo* - Ministério da Agricultura.

90. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - *Campanha do Trigo* - Lisboa : Ministério da Agricultura, 1930.
91. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PESCAS - *Plano 77-80*. Lisboa, Portugal, 1977.
92. MONKE(E.) et al. - *Portugal on the Brink of Europe : the CAP and the Portuguese Agriculture* - Journal of Agricultural Economics, 1986. 37, 317-331.
93. MOMPO(C.R.), ARMENTIA(J.A.O.) - *La Agricultura y la Contamination de las Aguas por Nitrato* - Espagne : Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentation, hojas divulgadoras no. 7/92 HD.
94. NETO(M.) et al. - *Validation of Eurotion Productivity Impact Calculator (EPIC) for Crop Rotations in the Alentejo Region of Portugal* - Report for EEC Contract No. 8001-CT-91-0306 - Évora : Universidade de Évora, 1994.
95. NETO(M.) - *Viabilidade Económica do Investimento em Equipamento de Rega : Aplicação a uma Exploração Agrícola do Perímetro de Rega da Vigia* - Évora : Universidade de Évora, 1995. 130 p - Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia Agrícola.
96. NORTON(G.), WILLIAM(K.), ROE(T.L.) - *American Indian Farm Planning : An Analytical Approach to Tribal Decision Making* - American Journal of Agricultural Economics, 1980. pp : 689-699.
97. ORTEGA(C.V.), LOSADA(A.), GARRIDO(A.) - *Polen model for Andalusia* - Spain : may 1993 - Évora Meeting.
98. PERCHEIRO(A.) - *Afectação óptima dos Recursos Agro-Pecúários em Algumas Empresas da Cooperativa Agrícola do Mira* - Évora : Universidade de Évora, 1985 - Trabalho de Fim de Curso de Engenharia Zootécnica.
99. PRESIDÊNCIA DO CONSELHO - *III Plano de Fomento para 1968-1973 vol. I* - Lisboa Portugal : Imprensa Nacional 1968.
100. PUTMAN(J.), DYKE - *The Erosion Productivity Impact Calculator as Formulates for the Resource Conservation Act Appraisal* - Texas, USA : U.S. Department of Agriculture Natural Resource Economic Division, 1987.
101. QUINONES(H.), CABELGUENE(M.) - *Use of EPIC to Study Cropping Systems II - Improved Simulation of Water Use, Growth and Harvest Index in Corn*. Agriculture Mediterranea vol. 120, 1990. pp : 241-248.
102. REBOCHO(M.G.) - *Avaliação Económica de Tecnologias Agro-Pecúárias na Região Alentejana* - Évora : Universidade de Évora, 1995 - Dissertação apresentada à Universidade de Évora como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Economia Agrícola.
103. REGO(P.C.) - *Estudo da Combinação óptima de actividade agro-pecuária numa empresa do distrito de Évora* - Évora, 1989. Trabalho de fim de curso de Engenharia agrícola.
104. ROLO(J.A.C.) - *Produção Final, Consumo Intermédio e Valor Acrescentado Bruto por Actividades da Agricultura e da Silvicultura em 1990. Ensaio de Regionalização para o Continente Português (Resultados por Regiões e Zonas Agrárias)* - Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Agrária, 1995.
105. SALGUEIRO(T.A.) - *Princípios Orientadores de Pastoreio da Densidade de Sementeira e das Produções Pascícola e Forrageira* - Direcção Geral da Agricultura, 1983.
106. SANTOS(J.F.), ZEKRI(S.), HERRUZO(A.C.) - *On-farm costs of reducing nitrogen pollution through BMP* - Amsterdam : Agriculture Ecosystems and Environment no. 45, Elsevier Science Publishers B. V., 1993.
107. SERVIÇO DE INFORMAÇÃO DE MERCADOS AGRÍCOLAS (S.I.M.A.) - *Boletins Semanais* - S.I.M.A.
108. SILVA(G.), PERCHEIRO(A.), SANDERS(J.) - *Afectação dos Recursos na Empresa Agrícola do Baixo Alentejo-Absorção de Mão-de-Obra e Desenvolvimento Tecnológico* - M.A.F.A. Instituto de Gestão e Estruturação Fundiária, 1992.
109. SOCIEDADE DE ENGENHARIA E INOVAÇÃO AMBIENTAL (S.E.I.A.) - *Estudo de Impacto Ambiental do Empreendimento do Alqueva* - S.E.I.A., 1995.
110. TROPA(J.A.) - *A Agricultura e o II Plano de Fomento vol. II* - Lisboa : Portugal, 1960.

111. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - *EPIC - Erosion/Productivity Impact Calculator User Manual* - United States : Agricultural Research Service, 1990 - Technical Bulletin no. 1768.
112. WORLD BANK - *Portugal Agricultural Sector Survey : A Near-Term Action Program for Agriculture* - Washington : World Bank Regional Projects Department, 1984 - Report no. 5007-PO (Vol. 4, D.C.)
113. WILLIAMS(J.R.), JONES(C.A.), DYKE(P.T.) - *EPIC Erosion Productivity Impact Calculator* - Texas, USA : Temple : USDA Agricultural Research Service, in Cooperation with Texas Agricultural Experiment Station, Texas A & M University, 1988.
114. WILLIAMS(J.R.), DYKE(P.I.), FUCHS(W.W.), BENSON(V.W.), RICE(O.W.), TAYLOR(E.D.) - *EPIC - Erosion / Productivity Impact Calculator - User Manual*. - USA : United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Technical Bulletin Number 1768.
115. VICIEN(C.) - *Les modèles de simulation comme outil pour la construction des fonctions de production : une application à la mesure de l'efficacité de la production agricole*. - Montpellier : Institut Agronomique Méditerranéen, 1989 - Thèses et Masters no. 6 - 133 p.
116. ZEKRI(S.) - *Programmation multicritère* - Montpellier : C.I.H.E.A.M - I.A.M., Mars, 1995 - Documents d'appui.

Table des matières

Introduction.....	1
Chapitre 1 - L'agriculture et l'irrigation dans l'Alentejo	7
I. Introduction.....	7
II. Évolution historique.....	7
III. Les principales caractéristiques de l'agriculture de la région.....	8
1. Le milieu naturel	8
2. L'utilisation du sol	9
3. Les structures agricoles	10
IV. L'irrigation.....	11
1. Les périmètres irrigués dans l'Alentejo	11
2. Le Plan d'Irrigation pour l'Alentejo : le projet de l'Alqueva	14
Chapitre 2 - La délimitation de la zone d'étude	17
I. Introduction	17
II. Caractérisation agricole de la région du périmètre irrigué d'Odivelas	17
1. Potentialités agro-environnementales de la région d'étude	17
2. L'utilisation du sol	18
3. Les principales cultures	18
4. La structure du foncier et des exploitations agricoles	19
5. Types d'entrepreneurs agricoles	21
6. La population agricole familiale et la main-d'oeuvre.....	22
7. Les machines	22
8. L'élevage.....	22
9. L'irrigation	23
10. Les rapports des entrepreneurs agricoles avec le milieu socio-économique	24
III. Exploitations représentatives dans le périmètre irrigué d'Odivelas	25
1. Les exploitations régionales : leurs principales caractéristiques	25
2. Le choix des exploitations-types	26
Chapitre 3 - Cadre théorique	29
I. Introduction	29
II. L'approche méthodologique retenue.....	29
III. Les modèles de simulation de croissance de plantes	30
IV. La programmation linéaire	30
1. Evolution et adaptabilité des modèles de programmation mathématique dans les exploitations de l'Alentejo	31
2. L'agrégation	32
Chapitre 4 - Le modèle de simulation EPIC	37
I. Introduction	37
II. La construction d'un modèle de base	37
1. Le climat	37
2. Les sols	38
3. Les fichiers data.....	39
4. Le fichier de cultures	39
5. La validation du modèle EPIC	40

III. L'utilisation du modèle comme fonction de production.....	40
IV. Le choix des techniques de production.....	43
V. La prise en compte des rotations de culture.....	46
VI. Les limites du modèle EPIC.....	47

Chapitre 5 - Le modèle économique de programmation mathématique..... 49

I. Introduction.....	49
II. Les activités de production : le cas des cultures.....	49
III. La terre et la prise en compte des rotations.....	50
IV. L'eau d'irrigation.....	51
V. La main-d'oeuvre.....	51
VI. Les biens d'équipement.....	52
VII. La percolation des nitrates.....	53
VIII. Le cas de l'élevage.....	54
IX. La spécification de la fonction objectif.....	55
X. Le flux de trésorerie.....	57
XI. Le crédit à long terme et les investissements.....	58
XII. Le risque.....	59
XIII. Le modèle agrégé.....	61

Chapitre 6 - Les résultats du modèle économique de programmation linéaire..... 65

I. Les simulations.....	65
II. Le revenu des agriculteurs.....	66
III. Le comportement des agriculteurs.....	67
IV. Les méthodes d'irrigation, l'intensification technique et l'environnement.....	68
V. Les indicateurs socio-économiques.....	68
VI. Les limites du modèle.....	69

Conclusion et développements futurs..... 71

Annexe..... 73

Bibliographie..... 75

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.- Les 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 les plans de conservation et les 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.

Evaluation des impacts socio-économiques du développement de l'irrigation : le cas de l'agriculture dans la région de l'Alentejo (Portugal).

SOUSA FRAGOSO (Rui Manuel de)

Résumé : L'irrigation dans l'Alentejo est un problème ancien. Le projet actuel de l'Alqueva prévoit la construction de barrages dans la région, et l'augmentation de la surface d'irrigation de 110 000 ha. Le développement de l'irrigation devra inverser les tendances prévues concernant la perte de revenu des agriculteurs à long terme et permettre d'exploiter avec efficacité les ressources naturelles de la région. Une méthodologie est proposée pour évaluer l'impact socio-économique du développement de l'irrigation dans les exploitations de l'Alentejo avec comme référence le périmètre irrigué d'Odivelas. Elle se base sur l'utilisation d'un modèle de croissance de plantes combiné avec un modèle économique de programmation linéaire. L'incertitude sur la tarification de l'eau permet des scénarios basés sur différents prix de l'eau et de charges de la structure d'irrigation. Le modèle montre que le projet de l'Alqueva amènerait des retombées socio-économiques positives dans le secteur agricole de la région, notamment sur le revenu des agriculteurs, l'emploi dans l'agriculture et la consommation d'eau. Les principales contraintes sont la faible capacité productive des sols et la politique agricole issue de la réforme de PAC et des accords du GATT.

Mots clés : Alentejo - Alqueva - Irrigation - Modèle de croissance des plantes - Programmation linéaire

Appraisal of the socio-economical impacts on the irrigation's development : the case of agriculture in the Alentejo region (Portugal)

Abstract : Irrigation is an old problem in the Alentejo (Portugal). According to the Alqueva project, the construction of several dams as well as an increase of the irrigated area, up to 110 000 ha, are expected. The development of irrigation will have to reverse the forecasted trends, i.e. a decrease in long-term farmers' incomes, and to allow an efficient exploitation of the region's natural resources. A methodology is proposed for the analysis of the socio-economic impact of the development of irrigation on various farms in the Alqueva region, namely in the irrigated perimeter of Odivelas. The methodology used is based on a plant growth model combined with a linear programming model. Empirical results show a positive impact of the Alqueva project on farm incomes, agricultural labor and water use. The major limitations are a low production capacity, CAP's reforms and GATT's negotiations.

Key words : Alentejo - Alqueva - Irrigation - Simulation models - Linear programming

ISBN : 2 -85352-168-0

Prix : 75 F

Numéros à commander au :

CIHEAM-IAMM
Bureau des Publications -
3191, route de Mende - BP 5056
34033 Montpellier Cedex 1 (France)

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

prix : 75FF (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.

