

# 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

**Etude des impacts socio-économiques  
des politiques de gestion de l'eau  
et des politiques agricoles.  
Modélisation de la production agricole  
d'un périmètre irrigué  
(Bassin du Guadalquivir – Espagne)**

Patricia Mejias Moreno

Série "Master of Science" n°57  
2003

**Institut Agronomique Méditerranéen de  
Montpellier**



# Remerciements

J'exprime ma profonde gratitude et mes remerciements :

A Guillermo Flichman, qui a accepté de diriger ce travail et qui m'a énormément aidée dans la compréhension des modèles économiques.

A Consuelo Varela qui a aussi dirigé ce travail, pour la grande disponibilité qu'elle a manifestée à l'heure de résoudre toutes mes questions. J'ai beaucoup apprécié ses conseils, ses encouragements et son amitié. C'est aussi grâce à elle que j'ai pu continuer mes études en France.

A Maria Blanco qui m'a beaucoup aidée tout au long de ce travail ; ses recommandations bibliographiques ainsi que son expérience dans le domaine de la modélisation stochastique m'ont permis d'avancer plus vite.

A l'équipe du département d'économie agricole de l'Ecole d'Ingénieurs Agronomes de Madrid pour m'avoir facilité l'acquisition des données de base utilisées dans le modèle.

A Alvaro, pour les précieuses informations qu'il m'a fournies en ce qui concerne les normes techniques d'agronomie.

A tous les amis qui de près ou de loin ont rendu plus facile la réalisation de ce travail.

**Etude des impacts socio-économiques  
des politiques de gestion de l'eau  
et des politiques agricoles.  
Modélisation de la production agricole  
d'un périmètre irrigué  
(Bassin du Guadalquivir – Espagne)**

Patricia Mejias Moreno

Série "Master of Science" n°57  
2003



**Etude des impacts socio-économiques des politiques de gestion de l'eau et  
des politiques agricoles. Modélisation de la production agricole d'un périmètre irrigué  
(Bassin du Guadalquivir – Espagne).**

Patricia Mejias Moreno

## Série Thèses et Masters

Ce *Master* est le numéro 57 de la série Thèses et *Masters* de l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier.

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 :

**Etude des impacts socio-économiques des politiques de gestion de l'eau et des politiques agricoles.**

**Modélisation de la production agricole d'un périmètre irrigué.**

**- Bassin du Guadalquivir - Espagne**

a été soutenue par Patricia Mejias Moreno en mars 2002 devant le jury suivant :

Mme F. Jacquet, enseignant-chercheur, Ciheam-Iam Montpellier, .....Président

Mme C. Varela Ortega, professeur Universidad Politecnica de Madrid .....Membre

M. G. Flichman, enseignant-chercheur, Ciheam-Iam Montpellier.....Membre

Le travail de recherche a été encadré par Mme C. Varela Ortega et M. G. Flichman.

Le texte a été mis en forme pour cette publication par l'Atelier d'édition de l'Institut de Montpellier.

**CIHEAM-IAMM**  
**Institut Agronomique Méditerranéen de**  
**Montpellier**

**Directeur : Gérard GHERSI**

3191, route de Mende – BP 5056  
34093 Montpellier cedex 05  
Tél. 04 67 04 60 00  
Fax : 04 67 54 25 27  
<http://www.iamm.fr>

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

**ISBN : 2-85352-264-4 . ISSN : 0989-473X**

Numéros à commander au :  
CIHEAM-IAMM  
Bureau des Publications  
e-mail : [balmefrezol@iamm.fr](mailto:balmefrezol@iamm.fr)

Prix : 50 €

© CIHEAM, 2003

**Etude des impacts socio-économiques  
des politiques de gestion de l'eau et des politiques agricoles  
Modélisation de la production d'un périmètre irrigué  
(Bassin du Guadalquivir- Espagne)**

Patricia Mejias Moreno

Série "Master of Science" n°57  
2003

# Sommaire

<b>Sommaire</b> .....	1
Liste des tableaux .....	3
Liste des figures .....	4
Abréviations .....	5
<b>Introduction</b> .....	7
<b>Chapitre 1 : Politiques de gestion de l'eau et politiques agricoles dans l'agriculture irriguée</b> .....	8
<b>I. Introduction</b> .....	8
<b>II. L'agriculture irriguée dans le monde</b> .....	8
<b>III. L'agriculture irriguée en Espagne</b> .....	9
<b>IV. Le cadre normatif</b> .....	10
1. Le Traité sur l'Union Européenne et la ressource hydrique .....	10
2. La convergence européenne .....	10
3. Les Directives communautaires et la Directive cadre sur l'eau .....	11
4. La législation nationale .....	12
5. Comparaison entre la législation nationale et la Directive cadre sur l'eau .....	12
<b>V. Les politiques de gestion de l'eau d'irrigation</b> .....	13
1. Présentation de la problématique de la gestion de l'eau .....	13
2. L'allocation des ressources rares .....	14
A. L'eau, ressource rare .....	14
B. Principes économiques de l'allocation de ressources rares .....	14
C. Les critères pour l'allocation .....	14
3. La gestion de l'eau d'irrigation en Espagne: .....	15
A. La planification hydrologique .....	15
B. Le système d'allocation de l'eau .....	15
C. Le régime économique et financier .....	16
4. Les problèmes de la gestion de l'eau d'irrigation en Espagne .....	16
A. Les problèmes d'inefficacité économique dans l'utilisation de l'eau .....	16
B. Incertitude sur la disponibilité d'eau .....	17
C. Les problèmes institutionnels .....	17
D. Connaissance insuffisante sur l'usage de l'eau dans l'agriculture : .....	18
5. Possibles solutions politiques aux problèmes de gestion de l'eau .....	18
A. Politiques de modernisation des infrastructures hydrauliques .....	18
B. Les Réformes Institutionnelles .....	19
C. Les politiques tarifaires .....	19
<b>VI. Les politiques agricoles et l'agriculture irriguée</b> : .....	21
1. Introduction .....	21
2. La PAC : situation et perspectives .....	21
3. La PAC et l'agriculture irriguée .....	22
<b>VII. La relation entre les politiques de gestion de l'eau et la politique agricole commune</b> .....	23
1. Introduction .....	23
2. Les impacts des Politiques de Gestion de l'eau sur la PAC .....	23
3. L'influence de la PAC sur les Politiques de Gestion de l'eau d'irrigation .....	24
<b>Chapitre 2 : Méthodologie</b> .....	25
<b>I. Introduction</b> .....	25
<b>II. Sélection des communautés d'irriguants</b> .....	25
1. Description de la zone d'étude .....	25
A. Introduction .....	26

B. Caractéristiques Agronomiques .....	26
C. Caractéristiques techniques et institutionnelles .....	27
D. Les possibilités d'économie d'eau .....	30
<b>III. Typologie des exploitations</b> .....	30
<b>IV. La modélisation des exploitations</b> .....	31
1. La sélection du modèle. ....	31
A. La prise en compte du risque .....	31
B. L'incertitude sur la disponibilité de l'eau .....	32
2. Le modèle de programmation stochastique discrète .....	32
A. Structure d'information du problème et spécification du problème de décision séquentielle stochastique .....	32
B. Définitions des états de nature .....	33
C. Formulation du modèle de programmation stochastique .....	34
<b>V. Calibration du modèle</b> .....	36
<b>VI. Définition des scénarios de simulation</b> .....	37
<b>Chapitre 3 : Discussion des résultats</b> .....	38
<b>I. Introduction</b> .....	38
<b>II. Politique tarifaire et PAC 92</b> .....	38
1. Impact sur la demande de l'eau d'irrigation .....	38
2. Impact sur le revenu des agriculteurs.....	40
3. Impact sur les stratégies des agriculteurs.....	41
4. Impact sur le budget du gestionnaire .....	44
<b>III. L'Agenda 2000 et l'agriculture irriguée</b> .....	45
<b>IV. Politique tarifaire et Agenda 2000.</b> .....	46
1. Impact sur la demande d'eau .....	47
2. Impact sur le revenu des agriculteurs.....	48
3. Impact sur les stratégies des agriculteurs.....	49
4. Impact sur le budget du gestionnaire .....	52
<b>V. L'application de la directive cadre sur l'eau</b> .....	53
<b>VI. L'égalisation des aides</b> .....	54
1. La politique d'égalisation des aides.....	55
2. L'application de l'égalisation des aides et de la politique tarifaire.....	55
A. Impact sur la demande d'eau .....	55
B. Impact sur le revenu des agriculteurs.....	56
C. Impact sur les stratégies des agriculteurs.....	57
D. Impact sur les recettes du gestionnaire .....	60
<b>Conclusion</b> .....	61
<b>Bibliographie</b> .....	65

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Distribution des terres dans l'agriculture .....	9
Tableau 2 : Surface irriguée par région .....	9
Tableau 3 : Caractéristiques principales des exploitations agricoles d'El Viar .....	27
Tableau 4 : Caractéristiques du système d'irrigation .....	28
Tableau 5 : Garantie de la disponibilité de l'eau d'irrigation (1988-1997).....	29
Tableau 6 : Coût de l'eau .....	29
Tableau 7 : Typologie des exploitations.....	31
Tableau 8 : Scénarios simulés .....	37
Tableau 9 : Paiements compensatoires.....	37
Tableau 10 : Impact de la politique tarifaire sur le pourcentage d'épargne d'eau .....	40
Tableau 11 : Impact de la politique tarifaire sur le revenu des agriculteurs dans les différents états de nature .....	41
Tableau 12 : Impact de la politique tarifaire sur le budget de l'Etat dans les différents états de nature.....	45
Tableau 13 : Impact de la politique tarifaire sur le taux d'épargne d'eau (scénario Agenda 2000)....	48
Tableau 14 : Impact de la politique tarifaire sur la perte du revenu (scénario Agenda 2000).....	49
Tableau 15 : Impacts sur l'épargne d'eau, le revenu des agriculteurs et les recettes du gestionnaire (Prix=0.09 €/m <sup>3</sup> ) .....	53
Tableau 16 : Effets de l'application de la Directive cadre sur l'eau .....	54
Tableau 17 : Impact des politiques agricoles sur la demande d'eau et le revenu des agriculteurs .....	55
Tableau 18: Impact des politiques agricoles sur les stratégies des agriculteurs .....	55
Tableau 19 : Impact de la politique tarifaire sur le taux d'épargne d'eau .....	56
Tableau 20 : Impact de la politique tarifaire sur le taux de perte du revenu .....	57
Tableau 21 : Effets de la politique tarifaire sur deux scénarios de politique agricole.....	64

# Liste des figures

Figure 1: Evolution de la surface irriguée dans le monde .....	8
Figure 2 : Méthodologie .....	25
Figure 3 : Carte de l'Espagne.....	26
Figure 4 : Arbre de décision .....	34
Figure 5 : Demande nette d'eau.....	39
Figure 6 : Changement de la demande d'eau en fonction du type d'année climatique .....	39
Figure 7 : Revenu espéré des agriculteurs .....	41
Figure 8 : Changement de la surface en coton .....	42
Figure 9 : Changement de la surface en maïs .....	42
Figure 10 : Changement de la surface en blé dur .....	43
Figure 11 : Changement de la surface en tournesol.....	43
Figure 12 : Changement de la surface en blé.....	43
Figure 13 : Changement de la surface en sec .....	44
Figure 14 : Recettes du gestionnaire.....	44
Figure 15 : Distributions des cultures dans les deux scénarios politiques.....	46
Figure 16 : Changement de la surface en sec .....	46
Figure 17 : Comparaison des courbes de demande .....	47
Figure 18 : Comparaison des courbes de revenu .....	48
Figure 19 : Changement de la surface en coton.....	49
Figure 20 : Changement de la surface en maïs .....	50
Figure 21 : Changement de la surface en blé dur .....	50
Figure 22 : Changement de la surface en tournesol.....	50
Figure 23 : Changement de la surface en blé.....	51
Figure 24: Changement de la surface en sec .....	51
Figure 25: Comparaison des courbes de recettes .....	52
Figure 26: Comparaison des courbes de demande .....	56
Figure 27 : Comparaison des courbes de revenu .....	57
Figure 28 : Changement de la surface en coton.....	58
Figure 29 : Changement de la surface en maïs .....	58
Figure 30 : Changement de la surface en blé dur .....	59
Figure 31 : Changement de la surface en blé.....	59
Figure 32: Changement de la surface en sec .....	59
Figure 33 : Comparaison des courbes de recettes.....	60

# Abréviations et unités de conversion

<b>C.I.</b>	Communauté d'Irriguants
<b>C.O.P.</b>	Céréales, oléagineux, protéagineux
<b>F.A.O.</b>	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
<b>M.A.P.A.</b>	<i>Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion</i>
<b>O.C.D.E.</b>	<i>Organisation for Economic Cooperation and Development</i>
<b>O.N.U.</b>	<i>United Nations</i>
<b>P.A.C.</b>	Politique Agricole Commune
<b>P.H.N.</b>	Plan Hydrologique National
<b>P.N.I.</b>	Plan National d'Irrigation
<b>Ptas</b>	Pesetas
<b>ha</b>	hectares
<b>m<sup>3</sup></b>	mètre cube
<b>T</b>	Tonne

## Unités de conversion

1 Euro= 166.386 ptas

1 FF=25 ptas



# Introduction générale

L'intérêt accru concernant les phénomènes socio-économiques associés à la rareté de l'eau montre qu'un processus de changement concernant la valorisation sociale de la ressource est en train de se développer. L'échec de la politique hydrologique traditionnelle (basée sur l'augmentation continue de l'offre de l'eau pour répondre aux demandes croissantes) a développé une réflexion dans toutes les disciplines scientifiques dont l'objectif commun est de résoudre la problématique de l'eau. Les sciences économiques s'intègrent dans ce débat et l'économie de l'eau apparaît comme une nouvelle discipline qui essaie d'étudier la problématique complexe de l'eau. Dans ce contexte de transformation, la stratégie dominante est orientée vers la définition de l'eau comme un bien social et économique (ONU, 1997) ainsi que la nécessité de nouveaux modèles d'allocation d'eau, basés sur la gestion de la demande d'eau.

En Espagne, les tendances ne sont pas différentes et la polémique suscitée autour d'une utilisation plus rationnelle de l'eau est intense. La récente loi sur l'eau et l'approbation de la Directive communautaire, instituant un cadre pour l'action communautaire dans le domaine de l'eau, mettent en évidence la nouvelle orientation de la politique de l'eau. Ainsi, cette proposition de Directive prévoit que les Etats membres fixent des tarifs qui permettent la récupération des coûts en termes d'environnement et de ressources liées à l'exploitation de la ressource.

Cette étude va s'intéresser au principal secteur utilisateur de l'eau : l'agriculture. Le secteur agricole a aussi la particularité d'être fortement régulé par le secteur public afin de stabiliser les prix et les marchés agricoles. Ainsi, le secteur agricole est influencé par deux types de politiques : les politiques de gestion de l'eau et les politiques agricoles. Ces politiques influencent les mêmes variables du secteur agricole mais d'une façon différente ce qui détermine une relation entre les deux types de politiques considérées. Un des objectifs de ce travail est d'analyser cette convergence.

Les politiques agricoles ainsi que les différents instruments de gestion de l'eau sont présentés dans le premier chapitre. La situation actuelle et la problématique spécifique de l'agriculture irriguée espagnole sont aussi analysées dans ce chapitre.

Au cours d'un deuxième chapitre, les caractéristiques agronomiques, techniques et institutionnelles du périmètre irrigué objet d'étude sont détaillées. Cette description va nous permettre de présenter les principaux facteurs qui déterminent l'application des différentes politiques.

Le but de ce travail est de prévoir le comportement des agriculteurs face aux changements de la politique agricole et de la politique de gestion de l'eau. Pour cela, la méthodologie utilisée est présentée dans le chapitre 2 et est basée sur l'utilisation des techniques de programmation stochastique. De cette façon, nous pourrions déterminer les effets des politiques sur l'utilisation de l'eau, le revenu des agriculteurs et les recettes du gestionnaire. Cette étude s'appuie sur d'autres travaux de recherche (Sumpsi et al. 1998, Blanco 1999). La contribution de ce travail d'un point de vue méthodologique est principalement la considération conjointe de la variabilité de l'offre (incertitude sur la quantité d'eau délivrée par la Communauté d'Irriguants) et la variabilité de la demande (risque climatique) ainsi que la simulation des nouveaux scénarios qui permettent de montrer la relation qui existe entre l'application des politiques agricoles et des politiques de gestion de l'eau.

Enfin, la discussion des résultats et les conclusions finales sont présentées dans les derniers chapitres.

# Chapitre 1: Politiques de gestion de l'eau et politiques agricoles dans l'agriculture irriguée

## I - Introduction

La croissance continue de la demande d'eau génère des concurrences et des conflits entre les différents secteurs utilisateurs de la ressource. Etant donné que les possibilités d'augmentation de l'offre d'eau sont chaque fois plus coûteuses, sur les plans économique et environnemental, les situations de rareté se développent. L'eau acquiert alors une valeur sociale plus importante. Les conséquences de ce fait sont les suivantes : assez souvent l'allocation de l'eau vers le secteur agricole est plus difficile, et la pression pour transférer l'eau de ce secteur aux autres secteurs comme les ménages, l'industrie et l'environnement augmente.

Ce chapitre a pour objectifs de montrer l'importance de l'agriculture irriguée dans le monde et en Espagne, et d'analyser les implications des politiques de gestion de l'eau et des politiques agricoles sur l'agriculture irriguée.

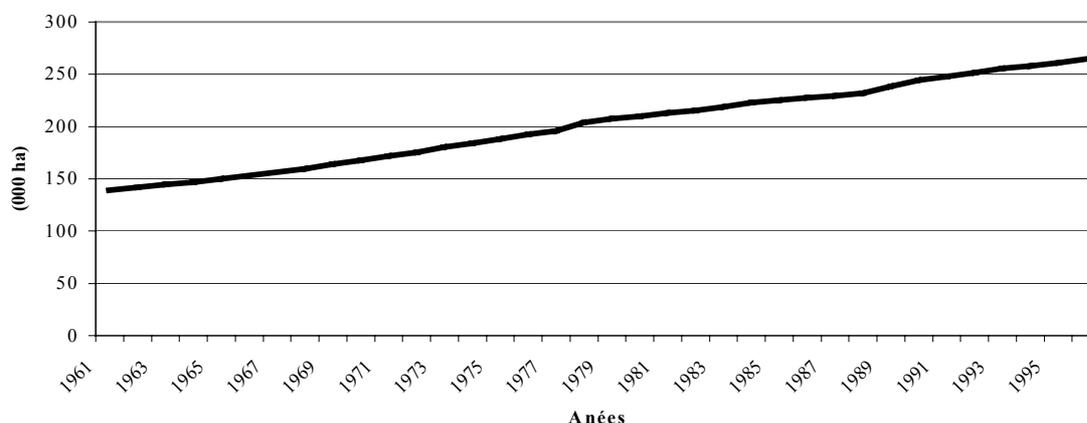
## II - L'agriculture irriguée dans le monde

L'agriculture irriguée est le secteur où la demande d'eau est la plus forte dans le monde, représentant 70% de la consommation d'eau totale (ONU, 1997). Or, cette agriculture produit à peu près 40% de la production mondiale d'aliments, et elle utilise 17 % (environ  $250.10^6$  ha) de la surface mondiale cultivée. La hausse de la population mondiale (de 1600 millions de personnes, au début du XIX siècle, à plus de 5000 millions de personnes actuellement) a augmenté progressivement l'utilisation de l'eau pour satisfaire la demande croissante d'aliments. Ainsi, on constate une augmentation de la superficie irriguée de plus de 70% dans la période 1965-1995. Néanmoins, le rythme de cette croissance a diminué pendant ces dernières années. Si, dans la période 1970-75, le taux de croissance était de 2.4% annuel, dans la période 1990-95, ce taux s'est réduit à un 1.3% (FAO, 2000).

A partir de 1979, la surface irriguée a augmenté à un rythme inférieur à la croissance de la population et la surface irriguée par habitant se réduit depuis les années 80. Cette forte pression sur la ressource a provoqué une exploitation des ressources hydriques non soutenable, qui s'est traduit par une diminution de la qualité de l'eau, un déclin des nappes phréatiques et une salinisation des aquifères côtiers. Ces faits montrent le besoin de la mise en œuvre des nouveaux instruments de gestion dans les systèmes irrigués qui incitent à une utilisation rationnelle de l'eau. Pourtant, il n'est pas possible d'analyser la gestion des eaux continentales sans faire allusion à l'agriculture irriguée et l'importance de la production d'aliments.

**Figure 1 : Evolution de la surface irriguée dans le monde**

Source : FAO (2000)



En Europe, 90% de la surface irriguée est située dans les pays méditerranéens. Le tableau suivant montre la surface agricole totale et le pourcentage irrigué dans quelques pays européens. La Grèce est le pays méditerranéen qui a le pourcentage de surface irriguée le plus élevé (40%) suivi par l'Italie, le Portugal et l'Espagne.

**Tableau 1 : Distribution des terres dans l'agriculture**

Pays	Surface Totale (km <sup>2</sup> )	Surface agricole (1000 ha)	Pourcentage de surface agricole (%)	Surface irriguée (1000 ha)	Surface en sèche (1000 ha)	Pourcentage de surface irriguée (%)	Pourcentage de surface en sèche (%)
Portugal	92.398	3.160	34	630	2.530	20	80
Espagne	506.470	19.656	39	3.453	16.203	18	82
France	543.965	19.439	36	1.485	17.954	8	92
Italie	301.277	11.860	39	2.710	9.150	23	77
Grèce	131.957	3.494	26	1.314	2.180	38	62
Totale	1.576.067	58.609	37	10.592	48.017	18	82
UE	3.240.000	87.903	27	11.354	76.549	13	87

Source: EEA, 1999

### III - L'agriculture irriguée en Espagne

Actuellement, 60% de la production finale agricole provient de l'agriculture irriguée et l'irrigation occupe 19% de la surface totale cultivée (3.6 millions d'hectares). L'importance de l'irrigation s'est accrue par le fait qu'elle a 2.5% du revenu national et consomme 80% de toutes les ressources hydriques disponibles dans le pays. Pourtant, la productivité moyenne des périmètres irrigués est de 339.000 ptas<sup>1</sup>/ha, face à une productivité de 48.000 ptas/ha dans les terres non irriguées (MAPA, 1999).

La surface irriguée espagnole est localisée principalement dans les régions sèches les plus méridionales, dans les vallées des principales rivières et sur la côte.

**Tableau 2 : Surface irriguée par région**

Bassin	Surface (Km <sup>2</sup> )
Galicia	13.916
Norte	40.813
Duero	78.056
Tajo	55.769
Guadiana	59.873
Guadalquivir	63.085
Sur	18.391
Segura	18.631
Jucar	42.904
Ebro	86.098
Catalunia	16.493
Baleares	47.00
Canarias	25.994

Source : *Plan Nacional de Regadíos* (1998)

Traditionnellement, l'irrigation a constitué la technique utilisée pour accroître la productivité et pour favoriser l'implantation de la population dans les zones rurales. Ainsi, l'agriculture irriguée emploie actuellement 550.000 travailleurs, et elle possède un ratio d'input de travail qui est 7 ou 8 fois supérieur au ratio de l'agriculture non irriguée.

<sup>1</sup> 1 EURO= 166.836 ptas, 1 FF=25 ptas

## **IV - Le cadre normatif**

### **1. Le Traité sur l'Union Européenne et la ressource hydrique**

Les aspects liés aux ressources hydriques ont été traités, tant du point de vue qualitatif que quantitatif, dans le cadre normatif de l'Union européenne depuis l'année 1987 lorsque l'Acte Unique de la Haye est signé, et que des nouvelles politiques sur l'environnement ont été créées. Un des objectifs de ce Traité est de promouvoir le progrès économique et social et de parvenir à un développement équilibré et durable. Pourtant, le Traité instituant la communauté européenne prévoit une politique commune dans les domaines de l'agriculture et la pêche et une politique dans le domaine de l'environnement. Le traité établit aussi que les exigences de la protection de l'environnement doivent être intégrées dans la définition et la mise en œuvre des politiques et actions de la Communauté afin de promouvoir le développement durable. Le Titre XIX est dédié spécifiquement à la politique de la Communauté dans le domaine de l'environnement qui poursuit les objectifs suivants :

- La préservation, la protection et l'amélioration de la qualité de l'environnement
- La protection de la santé des personnes
- L'utilisation prudente et rationnelle des ressources naturelles
- La promotion, sur le plan international, de mesures destinées à faire face aux problèmes régionaux et planétaires de l'environnement.

La politique de la Communauté dans le domaine de l'environnement est fondée sur les principes de précaution et d'action préventive, sur le principe de la correction des atteintes à l'environnement et sur le principe du pollueur-payeur.

Le Traité de Nice du 3 mars 2001 qui modifie le Traité sur l'Union Européenne établit que l'Union Européenne joue un rôle moteur pour promouvoir la protection de l'environnement dans l'Union ainsi que, sur le plan international, pour poursuivre le même objectif au niveau mondial. Il doit être fait pleinement usage de toutes les possibilités offertes par le traité dans la poursuite de cet objectif, y compris le recours à des encouragements et à des instruments axés sur le marché et destinés à promouvoir le développement durable.

### **2. La convergence européenne**

Le processus politique et économique de la convergence européenne a aussi des effets, d'une façon directe et indirecte, sur les politiques sur l'eau. C'est pourquoi il paraît nécessaire signaler les aspects les plus importants de ce nouveau cadre et les implications que ce nouveau contexte aura sur les politiques de l'eau dans les différents pays de l'Union.

L'accomplissement des critères de convergence fixés par le Traité de l'Union de Maastricht est l'instrument choisi par l'UE pour affronter l'union économique et monétaire. Les États membres considèrent leurs politiques économiques comme une question d'intérêt commun et les coordonnent au sein du Conseil. Le Conseil, statuant à la majorité qualifiée sur recommandation de la Commission, élabore un projet pour les grandes orientations des politiques économiques des États membres. Ainsi, l'instauration d'une politique économique est fondée sur l'étroite coordination des politiques économiques des États membres, sur le marché intérieur et sur la définition d'objectifs communs, et de conduite conformément au respect du principe d'une économie de marché ouverte où la concurrence est libre. Cette action comporte la fixation irrévocable des taux de change conduisant à l'instauration d'une monnaie unique, ainsi que la définition d'une politique monétaire et d'une politique de change uniques dont l'objectif principal est de maintenir la stabilité des prix et, sans préjudice de cet objectif, de soutenir les politiques économiques générales dans la Communauté.

Etant donné qu'il n'est plus possible d'agir sur la politique monétaire ou sur les taux de change, il paraît évident que les états membres seront obligés à réorienter leurs actions vers une augmentation de l'efficacité dans les activités productives et dans l'utilisation des ressources. Or, dans cette nouvelle

période, l'investissement public va être conditionné par l'accomplissement des objectifs macro-économiques imposés. Le rôle des infrastructures dans les investissements publics est très important à cause des effets multiplicateurs sur les investissements privés. La question va être alors de déterminer le type d'infrastructure qui s'adapte le mieux à cette fonction. Il faut tenir compte du fait que dans le domaine hydraulique, il existe d'autres investissements qui ont aussi des effets importants, par exemple la restauration hydrologique forestière. Ainsi, il est clair que les nouvelles politiques hydrauliques devront s'adapter à un contexte conditionné par les critères de convergence européenne et par le besoin de la limitation de la dépense publique.

### 3. Les Directives communautaires et la Directive cadre sur l'eau

Au milieu des années soixante-dix, cinq directives sur l'eau ont été promulguées. Ces directives considèrent les objectifs de qualité en fonction des usages finaux de l'eau :

- Directive 75/440/CEE du Conseil, du 16 juin 1975, concernant la qualité requise des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire dans les Etats membres ;
- Directive 76/160/CEE du Conseil, du 8 décembre 1975, concernant la qualité des eaux de baignade ;
- Directive 76/464/CEE du Conseil, du 4 mai 1976, concernant la pollution causée par certaines substances dangereuses déversées dans le milieu aquatique de la Communauté ;
- Directive 79/869/CEE du Conseil, du 9 octobre 1979, relative aux méthodes de mesure et à la fréquence des échantillonnages et de l'analyse des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire dans les Etats membres ;
- Directive 79/923/CEE du Conseil, du 30 octobre 1979, relative à la qualité requise des eaux conchylicoles ;

Plus tard, la directive 80/68/CEE du Conseil, du 17 décembre 1979, concernant la protection des eaux souterraines contre la pollution causée par certaines substances dangereuses et la directive 80/778/CEE du Conseil, du 15 juillet 1980, relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, considèrent pour la première fois le contrôle des émissions polluantes.

Au début des années 90, la directive 91/676/CEE du Conseil du 12 décembre 1991 concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles, et la directive 91/271/CEE du Conseil, du 21 mai 1991, relative au traitement des eaux urbaines résiduaires, sont approuvées.

Finalement, est approuvée également la **Directive 2000/60/CE** du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un **cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau**.

Cette directive cherche à établir un cadre législatif transparent, efficace et cohérent et à assurer la coordination, l'intégration et, à plus long terme, le développement des principes généraux et des structures permettant la protection et une utilisation écologiquement viable de l'eau dans la Communauté, dans le respect du principe de subsidiarité.

La directive a pour objet d'établir un cadre pour la protection des eaux intérieures de surface, des eaux de transition, des eaux côtières et des eaux souterraines, qui :

- a] prévienne toute dégradation supplémentaire, préserve et améliore l'état des écosystèmes aquatiques ainsi que, en ce qui concerne leurs besoins en eau, des écosystèmes terrestres et des zones humides qui en dépendent directement ;
- a] promeuve une utilisation durable de l'eau, fondée sur la protection à long terme des ressources en eau disponibles ;
- c] vise à renforcer la protection de l'environnement aquatique ainsi qu'à l'améliorer, notamment par des mesures spécifiques conçues pour réduire progressivement les rejets, émissions et pertes de substances prioritaires, et l'arrêt ou la suppression progressive des rejets, émissions et pertes de substances dangereuses prioritaires ;

d] assure la réduction progressive de la pollution des eaux souterraines et prévienne l'aggravation de leur pollution, et

e] contribue à atténuer les effets des inondations et des sécheresses, et contribue ainsi :

- à assurer un approvisionnement suffisant en eau de surface et en eau souterraine de bonne qualité pour les besoins d'une utilisation durable, équilibrée et équitable de l'eau,
- à réduire sensiblement la pollution des eaux souterraines,
- à protéger les eaux territoriales et marines
- à réaliser les objectifs des accords internationaux pertinents

La directive-cadre introduit le concept de district hydrographique qui est composé d'un ou plusieurs bassins hydrographiques ainsi que des eaux souterraines et eaux côtières associées, comme principale unité aux fins de la gestion des bassins hydrographiques. Or, les États membres veillent à ce qu'un plan de gestion de district hydrographique soit élaboré.

Finalement, cette directive considère la récupération des coûts des services liés à l'utilisation de l'eau, y compris les coûts pour l'environnement et les ressources, eu égard au principe du pollueur-payeur.

#### **4. La législation nationale**

Même si la directive-cadre sur l'eau définit les principales lignes d'action dans le domaine de l'eau dans les pays de l'UE, il est important de réviser la norme espagnole afin de pouvoir faire ultérieurement une bonne analyse comparative.

La **loi 29/1985**, du 2 août, des Eaux, est le principal texte régulateur dans le domaine de l'eau. Dans le Titre Préliminaire, on présente l'objet de la loi : la régulation du domaine public hydraulique, de l'usage de l'eau et la définition des compétences attribuées à l'état. Le Titre 1 définit les éléments qui conformement le domaine public où les eaux souterraines sont incluses. Le Titre 2 établit les fonctions de l'état. Or, la loi établit que dans les bassins hydrographiques qui dépassent les frontières de la Communauté Autonome, il faudra constituer un organisme du Bassin (Confédérations Hydrographiques).

Actuellement, les compétences sur l'eau dans les bassins de Catalogne, Pays Basque, Galicie, Îles Baléares et Canaries dépendent des Administrations Hydrauliques des gouvernements provinciaux. Le bassin du Sud de l'Espagne qui appartient à la Communauté Autonome de l'Andalousie, n'a pas été encore transféré.

Le Titre III parle de la planification hydrologique et le Titre IV détermine l'utilisation du domaine public hydraulique. Le Titre V est dédié à la protection du domaine hydraulique et la qualité des eaux. Le Titre VI règle le régime économique et financier qui maintient la gratuité basique de l'eau. Finalement, le Titre VII décrit le régime des infractions et des sanctions.

La nouvelle loi des Eaux, **loi 46/1999** du 13 décembre, qui modifie la loi 29/1985 des Eaux, de 1999 n'a pas introduit des changements significatifs par rapport à la loi antérieure de 1985, les aspects les plus importants sont :

- L'introduction des processus de désalinisation et réutilisation.
- Le caractère environnemental de la ressource hydrique est ressorti à partir des nouveaux concepts comme l'état écologique.
- L'encouragement des politiques d'épargne d'eau.
- La facilitation de l'application du régime économique et financier.

#### **5. Comparaison entre la législation nationale et la Directive-cadre sur l'eau**

La comparaison des différentes normes relève l'existence de quelques similitudes : d'abord les deux considèrent que les ressources en eau superficielles et souterraines appartiennent au patrimoine public et doivent être régulées par un régime de concessions. Ce caractère public de l'eau ne doit pas être opposé à la présence, chaque fois plus importante, du secteur privé.

Par contre, Sumpsi et al. (1998) et Arrojo (2000) montrent l'incompatibilité qui existe entre cette Directive européenne et le cadre institutionnel de l'eau en Espagne. D'abord, pour cette directive, les usagers de l'eau sont responsables de la dégradation de la qualité de l'eau et ils doivent, en conséquence, supporter les coûts dérivés de ce fait. Le cadre institutionnel espagnol ne pénalise pas les usagers de l'eau. Par contre, le budget public finance des services et aménagements qui favorisent les activités qui emploient les ressources hydriques.

*En outre, la Directive ne donne pas d'importance à l'incidence des sécheresses et aux risques des inondations. Le fait que ces risques soient très importants en Espagne, pose des questions sur l'application d'une norme unique pour aborder tous les problèmes concernant l'eau.*

## V - Les politiques de gestion de l'eau d'irrigation

### 1. Présentation de la problématique de la gestion de l'eau.

On peut définir une politique de gestion de l'eau comme l'ensemble des interventions et des mesures qui ont pour objet la correction des déséquilibres entre l'offre et la demande des ressources hydriques, soit dans les aspects quantitatifs ou qualitatifs.

En principe, l'élaboration d'une politique de gestion devient très complexe à cause des caractéristiques physiques, économiques et culturelles de la ressource :

- D'un point de vue physique, la mobilité de la ressource à travers le cycle hydrologique, complique son identification et sa mesure. Ce fait rend difficile la définition des droits de propriété exclusive, base de l'économie de marché.
- D'ailleurs les problèmes de gestion s'aggravent parce que l'offre et la demande varient dans le temps avec les saisons climatiques. Dans la plupart de cas, la saison humide s'identifie avec la période de moindre demande et la valeur marginale de l'eau peut avoir une valeur zéro ou négative. Par contre, dans la saison sèche, on peut trouver des difficultés à l'heure de satisfaire les demandes agricoles. La conclusion est que l'estimation de la demande et l'offre devrait être faite par rapport à chaque saison et pas en termes des moyennes annuelles.
- Finalement, les conditionnements socio-culturels sont le facteur le plus important à prendre en compte. L'eau est un besoin fondamental pour toute la société et elle est en général traitée comme une chose plus importante qu'un bien économique. Ce facteur peut jouer un rôle plus important que les critères d'efficacité économique à l'heure d'établir un système de gestion de la ressource.

Traditionnellement, les politiques de gestion de l'eau ont agi sur l'aménagement des bassins hydrographiques en envisageant des travaux hydrauliques destinés à satisfaire une demande croissante. Dans quelques cas, l'aménagement de ces projets a été justifié par la provision des biens publics comme la prévention des crues ou la préservation des écosystèmes fluviaux qui ne peuvent pas être facilement évalués en termes monétaires.

Avec le temps, les projets hydrauliques sont devenus plus complexes, plus coûteux économiquement et plus nuisibles pour l'environnement. La difficulté pour satisfaire la croissance de la demande a donné lieu à une concurrence majeure pour la ressource. Ce nouveau scénario a provoqué un changement d'orientation des politiques de gestion de l'eau. Ainsi, dans ces dernières années, on commence à donner une place importante aux facteurs non structurels de la gestion des ressources.

Les appels internationaux qui influent sur l'idée de considérer l'eau comme un bien économique (FAO, 1993; ONU, 1997) sont très nombreux. En Europe, on a la récente **Directive** du Parlement européen et du Conseil instituant un cadre pour l'action communautaire dans le domaine de l'eau (Directive 2000/60/CE). Deux des aspects principaux de cette directive sont la protection de la qualité des eaux de surface et

souterraines en définissant les districts hydrographiques comme unité de gestion, et l'établissement d'un principe selon lequel les Etats membres doivent fixer des tarifs qui permettent la récupération des coûts en termes d'environnement et de ressources liées à l'utilisation de l'eau.

## **2. L'allocation des ressources rares**

### ***A. L'eau, ressource rare***

On se trouve dans une situation où la ressource en eau est insuffisante pour répondre aux besoins. La croissance de la population, l'amélioration du niveau de vie et la limitation naturelle de l'offre de l'eau augmentent la concurrence pour l'usage de cette ressource. On ne peut plus considérer cette ressource comme un bien libre et l'eau devient alors un bien économique qu'il faut valoriser. Il faut instaurer un outil de répartition de la rareté. La rareté de l'eau peut être résolue de deux manières : par l'augmentation de l'offre et par une intervention sur la demande. Les politiques d'offre visent à l'investissement dans des projets hydrauliques permettant une augmentation de la ressource. Pendant la majeure partie de ce siècle, les responsables politiques ont porté leur attention sur l'aspect de l'offre et c'est seulement pendant ces dernières décennies que l'on a commencé à s'intéresser aux aspects non structureaux de la gestion de l'eau. C'est alors le problème de l'allocation d'un stock limité qui se pose.

### ***B. Principes économiques de l'allocation des ressources rares***

L'eau est devenue un input important pour plusieurs secteurs économiques comme le secteur urbain, industriel, agricole, énergétique, environnemental et de récréation. La croissance de la population, l'amélioration du niveau de vie et la diminution de l'offre (en quantité et qualité) ont augmenté la concurrence pour les ressources en eau. Pour ces raisons, l'eau doit commencer à être allouée d'une façon plus efficace. L'eau a été généralement allouée selon des critères sociaux. Il va être alors nécessaire de rendre compatible les décisions économiques avec les objectifs sociaux. C'est à dire que l'on devra tenir compte simultanément des critères d'efficacité et d'équité (Le Moigne et al., 1997). Montginoul (1997) auxquels on ajoute un autre critère dans l'allocation de l'eau : celui de l'équilibre budgétaire. Plusieurs mécanismes d'allocation de l'eau essaient d'atteindre ces principes d'efficacité, d'équité et d'équilibre budgétaire.

*Efficacité économique : On dit que l'allocation d'une ressource est économiquement efficace lorsque le profit marginal de l'usage de la ressource est égal dans tous les secteurs utilisateurs de la ressource dans le but de maximiser le bien être collectif. On peut aussi dire, dans ce cas là, qu'on a atteint un optimum au sens de Pareto. Selon cette dernière définition, l'allocation d'une ressource est efficace si aucun usager ne peut améliorer sa situation sans désavantager la situation de l'autre.*

*Equité : L'allocation des ressources doit être aussi équitable. Tandis que l'efficacité économique cherche à maximiser le bien être collectif, l'équité est concernée par la distribution du bien être total entre les différents secteurs et individus de la société.*

*Equilibre budgétaire du gestionnaire : L'organisme gestionnaire supporte les coûts de mise à disposition aux usagers de la ressource en eau. Ces coûts dépendent de la localisation, de la quantité d'eau demandée et de la variabilité à la fois de la ressource en eau et de la demande.*

### ***C. Les critères pour l'allocation***

*Howe et al. (1986) cités par Le Moigne et al. (1997) proposent une série de critères pour évaluer les différents mécanismes d'allocation de ressources :*

- *Flexibilité* de l'allocation, c'est-à-dire la capacité d'une politique pour modifier l'usage de l'eau au fur et à mesure que les conditions d'offre et de demande changent.
- *Sécurité* de la possession des droits d'usage parmi les propriétaires. Ce critère ne doit pas rentrer en contradiction avec le critère de flexibilité.

- Le *coût réel d'opportunité* de l'eau doit être payé par les usagers pour tenir compte d'autres demandes et des effets externes de l'usage de la ressource. Ainsi on pourra allouer la ressource vers les usages environnementaux qui n'ont pas une valeur de marché.
- *Prévisibilité* des résultats de la politique de gestion. Il sera souhaitable d'avoir une politique qui ait des résultats prévisibles de façon que l'incertitude soit minimum.
- *Equité* de la politique.
- *Acceptabilité publique et politique* de façon que l'allocation de la ressource réponde aux objectifs de la société.

### 3. La gestion de l'eau d'irrigation en Espagne

#### *A. La planification hydrologique*

L'Espagne est un pays qui a une grande expérience de planification hydrologique. Cette planification, surtout à partir des années 50, a reposé sur une politique de gestion de l'offre qui facilitait la disponibilité de la ressource dans une géographie de forts déséquilibres pluviométriques dans l'espace et dans le temps. Cette politique a aussi permis le développement de la surface irriguée.

Le changement social vécu en Espagne pendant les années 70 a aussi affecté la politique de l'eau. Ainsi, la Loi des Eaux de 1985 incorpore des concepts comme bassin hydrographique, unité de gestion, pollution et qualité de la ressource, participation des usagers dans la gestion. Néanmoins, cette loi ne se détache pas de l'ancienne tradition et continue sur la base des politiques d'offre d'eau.

Un des points fondamentaux de la Loi des Eaux est la formulation d'un Plan Hydrologique National (PHN). En 1993, il a été élaboré une première proposition du Plan qui consistait à augmenter l'offre de ressources grâce à l'investissement public en infrastructure hydraulique. En 1999, la présentation du Livre Blanc de l'Eau a montré une adaptation de la politique aux changements de critères qui se centre sur les aspects de la demande et a fait un diagnostic sur les problèmes et besoins du territoire espagnol. Finalement, le PHN a été approuvé par la loi 10/2001, du 5 juillet. Ce Plan continue sur l'idée d'une gestion de l'offre basée sur la création de nouvelles infrastructures hydrauliques.

Une des raisons du retard de l'approbation du PNH est le blocage qui existe aussi sur la planification des périmètres irrigués. Ainsi, le Plan National d'Irrigation (PNI) est actuellement en phase de redéfinition. Les contraintes imposées par la Directive Communautaire dans le domaine de l'eau dans le secteur agricole et les orientations de la réforme de la PAC reprises dans l'Agenda 2000, dessinent un nouveau scénario pour l'élaboration des politiques nationales d'irrigation. Ainsi, le débat se centre surtout sur la décision d'augmenter la surface irriguée. Des auteurs comme Sumpsi (1994) et Tió (1994) montrent leurs doutes sur la rentabilité future des périmètres irrigués qui sont actuellement en marche dans le cas d'une hausse des tarifs de l'eau. Ils pronostiquent alors pour les nouveaux périmètres irrigués, sûrement situés dans des sols de mauvaise qualité et qui feront face aux coûts de stockage et de transports supérieurs, très peu de possibilités de rentabilité. Ainsi, l'actuelle proposition du PNI montre une tendance décroissante en ce qui concerne l'expansion de la surface irriguée. Par contre, la modernisation et l'amélioration des périmètres irrigués existants prennent une importance majeure.

#### *B. Le système d'allocation de l'eau*

La législation sur l'eau (Loi 46/1999) établit que l'allocation de l'eau d'irrigation doit se faire par concession administrative qui peut être temporelle ou définitive. Les concessions<sup>2</sup> sont établies par rapport à la surface irriguée et elles dépendent des cultures de chaque périmètre et des conditions des infrastructures d'irrigation. Ainsi, le droit de l'utilisateur est lié à la terre. En général, ce droit ne peut pas se transférer s'il n'est pas lié au droit de propriété ou à d'autre mode de faire valoir la terre.

<sup>2</sup>Concession : autorisation administrative concédée à un périmètre irrigué pour disposer d'un volume déterminé d'eau dans une période de temps préfixée. Dotation : Volume d'eau réellement délivré et qui dépend des ressources hydriques disponibles.

*La Loi sur l'eau détermine aussi la fonction et la forme d'organisation des 'Communautés d'Irriguants'. Les Communautés d'Irriguants sont des institutions qui gèrent en Espagne l'utilisation collective des eaux publiques pour l'irrigation. Ces institutions acquièrent une personnalité juridique dans la loi des eaux de 1879. Ultérieurement, elles ont été renforcées dans la loi des eaux de 1985 et 1999. Ces institutions sont mandatées pour la perception du paiement de l'eau, l'organisation de l'irrigation, le contrôle de la consommation d'eau et le suivi et contrôle de l'accomplissement de critères de répartition de l'eau, les investissements dans l'amélioration et la modernisation des systèmes de distribution d'eau et en général pour la prise de décisions sur le thème qui affecte la disponibilité et l'usage de l'eau d'irrigation. En résumé, on peut dire qu'elles agissent comme médiateurs entre l'Administration et les agriculteurs.*

*Il existe aussi des formes organisationnelles qui régulent les ressources disponibles dans un bassin hydrographique. Dans la plupart des cas, l'Organisme du Bassin est chargé de l'exploitation et la conservation du canal d'irrigation. La 'Commission de Déversement' d'eau de chaque Organisme de Bassin distribue l'eau d'irrigation pendant la campagne agricole. Finalement, les canaux secondaires de distribution sont entretenus par les Communautés d'Irriguants.*

### **C. Le régime économique et financier**

La Loi sur l'eau définit aussi les tarifs et canons qui doivent être payés par les bénéficiaires de la ressource. Les usagers agricoles doivent faire face à deux types de taxes :

- Canon de régulation qui couvre les coûts d'exploitation et conservation des aménagements hydrauliques de régulation.
- Tarif sur l'utilisation de l'eau qui couvre les coûts d'exploitation, conservation et administrations d'autres infrastructures hydrauliques.

En résumé, ces redevances représentent les coûts de fonctionnement et conservation des aménagements réalisés, les coûts d'administration de l'Organisme du Bassin et une partie de l'amortissement des investissements réalisés par l'Etat.

Ainsi, le montant résultant est payé par les usagers selon le critère spécifique de chaque système d'exploitation. Le plus souvent, on utilise la surface irriguée comme base de l'estimation. La tarification en fonction du volume d'eau est peu utilisée étant donné les problèmes techniques de la comptabilisation des volumes d'eau consommés.

La nouvelle Loi des Eaux de 1999 n'a pas introduit des changements significatifs par rapport à la loi antérieure de 1985. La seule innovation est que le montant à payer pour l'utilisation de l'eau peut être corrigé par un facteur selon que le bénéficiaire consomme des quantités supérieures ou inférieures aux dotations de référence fixées.

## **4. Les problèmes de la gestion de l'eau d'irrigation en Espagne**

On peut dire que l'économie de l'eau de l'Espagne est arrivée à sa phase de 'maturité'. Randall (1981) définit une 'économie mature d'eau' comme celle qui réunit une série de conditions :

- Offre inélastique de l'eau à long terme.
- Demande d'eau élevée et croissante ; élastique aux prix bas et inélastique aux prix hauts.
- L'état des infrastructures hydrauliques est déficient.
- Concurrence sur l'eau intense entre les différents usagers.
- Les externalités dérivées de l'usage de l'eau sont chaque fois plus importantes.
- Le coût social permettant de subventionner l'usage d'eau élevé et croissant.

Nous allons maintenant analyser les difficultés principales de l'agriculture irriguée.

### **A. Les problèmes d'inefficacité économique dans l'utilisation de l'eau**

Le concept d'allocation efficace a été déjà défini. Les conditions pour une allocation efficace sont très difficiles à atteindre, surtout parce qu'elles exigent une définition très claire des droits de propriété sur l'eau. Parmi les causes de cette inefficacité, on trouve le **régime économique et financier** de l'eau.

Les objectifs du régime économique et financier sont de transférer les coûts de captage, transports et dérivation de l'eau aux usagers. De cette façon, les 'Organismes du Bassin' pourraient posséder une autonomie financière qui leur permettrait d'affronter des investissements futurs. Néanmoins, le régime économique et financier en Espagne génère des ressources insuffisantes par rapport aux coûts produits par l'exploitation des systèmes irrigués. Selon Naredo et Gascó (1994), les utilisateurs de l'eau ont payé à peu près 0.04 €/m<sup>3</sup> tandis que le coût moyen été estimé à 0.11 €/m<sup>3</sup>. Cet écart a généré un déficit budgétaire total d'environ 1983 millions d'euros.

Ce régime financier a entre autres pour conséquences :

- a] *L'inefficacité technique* occasionnée par la détérioration des œuvres et des installations hydrauliques provoquant des pertes importantes d'eau. La petite capacité de remboursement des coûts rend plus difficile la conservation des infrastructures, et les pertes dans la conduction et la distribution de l'eau sont abondantes.
- b] *La valeur de l'eau* assignée à l'agriculture ne reflète pas sa valeur de rareté.
- c] *La valeur marginale* de l'eau dans l'agriculture irriguée n'est pas équivalente pour tous les utilisateurs agriculteurs (Naredo et al., 1994)
- d] *Le régime économique et financier* ne permet pas que le **coût d'opportunité** soit inclus dans les tarifs de l'eau.
- e] *Le prix de l'eau*, qui résulte de la somme des tarifs et canons, provoque un usage de l'eau qui produit des **externalités** qui se répercutent sur le reste de la société. Ainsi, l'intensification de l'activité agricole a donné lieu à de nombreux problèmes de pollution par nitrates et salinité. De la même manière, la sous-tarifification des prélèvements agricoles et les subventions aux usages agricoles conduisent à une surexploitation de la ressource.

### ***B. Incertitude sur la disponibilité d'eau***

Ce point est un aspect fondamental dans la gestion de l'eau. Etant donné l'irrégularité temporaire des précipitations, il faut compter sur un système de gestion qui permet de diminuer l'impact des cycles de sécheresse et de garantir la disponibilité d'eau. La difficile situation atteinte dans des régions du Sud et de l'Est de l'Espagne pendant le dernier période de sécheresse (1991-1995) a constaté l'incertitude qui existe sur la disponibilité d'eau.

### ***C. Les problèmes institutionnels***

L'allocation, la nature juridique et les possibilités d'échange des droits sur l'eau ont une incidence notable sur l'utilisation qu'on fait de l'eau. Les problèmes institutionnels les plus importants sont :

#### *a] Rigidité de l'allocation des ressources disponibles :*

Le régime de concessions de l'eau constitue un obstacle pour permettre la mobilité de l'eau entre usages et territoires. Cette rigidité fait des concessions des droits presque viagers et intransmissibles qui ne permettent pas d'accommoder le système aux différents changements.

#### *b] Le cadre juridique et administratif :*

Les essais pour résoudre les différents conflits sur la gestion de l'eau ont amené la prolifération des normes spécifiques et fragmentées pour résoudre des problématiques ponctuelles. Cette situation se complique par le fait que les compétences sur la gestion de l'eau se partagent entre l'administration hydrique et agricole, et à un niveau qui peut être national, régional ou local.

#### *c] Déconnexion dans la gestion des eaux superficielles et souterraines*

Même si la Loi sur l'eau conseille la gestion intégrale de la ressource, les divergences dans l'usage des ressources hydriques superficielles et souterraines ont provoqué de graves conflits pour l'usage de l'eau et d'importants dégâts environnementaux (surexploitation des aquifères, détérioration de la qualité de l'eau...)

#### ***D. Connaissance insuffisante sur l'usage de l'eau dans l'agriculture :***

Il n'existe pas de statistiques sur les volumes d'eau utilisés par l'agriculture. Par ailleurs, une partie importante de la surface irriguée privée n'apparaît pas enregistrée. Ce manque d'information constitue un obstacle pour une gestion efficace de l'eau d'irrigation.

La connaissance des fonctions de production relatives au facteur de production eau a acquis un grand intérêt au fur et à mesure que l'usager a pu exercer un contrôle majeur sur les systèmes d'irrigation (Losada,1994). La production dépend du régime hydrique résultant des programmes d'irrigation spécifiques qui déterminent la quantité et le moment d'application de l'irrigation. L'intérêt d'adopter des fréquences déterminées d'irrigation est fonction de la sensibilité de la culture aux stress hydriques. Ainsi, une durée excessive de l'irrigation donne lieu à des pertes par évapotranspiration, ruissellement ou percolation profonde. Par contre, si la durée est trop courte, on obtiendra des rendements inférieurs.

En résumé, il est nécessaire d'améliorer l'information sur :

- Les besoins en eau des cultures
- La surface irriguée
- Les volumes d'eau utilisés

### **5. Possibles solutions politiques aux problèmes de gestion de l'eau**

Montginoul (1997) analyse les différentes méthodes à suivre pour identifier en fonction du contexte l'instrument de gestion de l'eau ou la combinaison d'instruments optimale. Les options politiques qu'on peut trouver pour faire face aux problèmes de gestion de l'eau en Espagne sont : les politiques de modernisation des infrastructures hydrauliques, les réformes institutionnelles et les politiques tarifaires, si bien que ses options politiques peuvent se présenter combinées.

#### ***A. Politiques de modernisation des infrastructures hydrauliques***

Ces politiques sont basées sur la planification des nouveaux systèmes d'irrigation, sur des travaux de réhabilitation et modernisation des systèmes hydriques et sur le drainage des surfaces cultivées. Il est clair que les possibilités d'épargne d'eau dans le secteur agricole sont importantes en considérant que l'efficacité technique des systèmes de conduction et distribution est assez réduite en dépit des grands investissements et des subventions qui ont été faits. Or, les actions d'amélioration et de modernisation des infrastructures impliquent un coût additionnel qu'il faut prendre en compte. Il est important alors mettre en évidence ces coûts et les bénéfices générés.

Boggess et al. (1993), analysent les effets de l'adoption de nouvelles technologies sur l'épargne d'eau. En Espagne, l'étude réalisée par Blanco (1999) montre que les politiques de modernisation et d'amélioration des infrastructures d'irrigation doivent être accompagnées de changements dans la gestion et d'une réforme institutionnelle si on veut atteindre une effectivité.

Les travaux d'aménagement et de réhabilitation des infrastructures permettent obtenir les bénéfices suivants :

#### *a) Augmentation de la certitude sur la disponibilité d'eau*

La certitude sur la disponibilité d'eau va permettre de réduire le stress hydrique des différentes cultures ce qui peut se traduire par un accroissement des rendements. Pourtant, une fiabilité majeure de la disponibilité d'eau peut induire un changement de la production vers des cultures plus rentables.

#### *b) Epargne d'eau :*

Ainsi, l'eau économisée peut permettre l'augmentation de la surface irriguée, améliorer la situation de pénurie d'eau dans les autres périmètres irrigués ou satisfaire les demandes d'autres secteurs économiques.

### ***B. Les Réformes Institutionnelles***

Les réformes institutionnelles sont en train de recevoir une attention croissante. Principalement, elles peuvent se diriger vers deux directions possibles :

#### *a) Incitation des formes institutionnelles collectives de gestion de l'eau*

Un système de gestion collectif de l'eau est caractérisé par l'existence des droits de propriété sur une ressource de sorte que son accès soit limité aux membres de la collectivité titulaires juridiques de ces droits.

Il est connu que l'économie néo-classique établit une dichotomie entre biens publics et biens privés (Hardin, 1968). Elle ignore une troisième possibilité qui est représentée par la propriété commune d'accès limité dans la gestion des ressources naturelles (Pearce et Turner, 1990)

Ainsi la réforme des systèmes de gestion de l'eau en France et aux Etats-Unis repose sur l'adoption d'un mécanisme de prise de décision décentralisée et négociée entre les parties prenantes (Goodhue et al., 1998). En France, la Loi sur l'eau de 1992 institutionnalise une gestion locale, concertée et collective. En Californie, un processus informel de négociation s'est mis progressivement en place à partir du début des années 1990 entre les producteurs agricoles, les consommateurs urbains et les groupes de défense de l'environnement. La Californie et la France ont choisi d'adopter une démarche décentralisée alliant une procédure de négociation entre usagers à un principe de délégation des décisions des pouvoirs centraux aux pouvoirs locaux.

En Espagne, Losada (1994) suggère que la cession de pouvoir administratif aux Communautés d'Irriguants espagnoles est nécessaire pour améliorer l'efficacité technique des infrastructures hydrauliques.

#### *b) L'établissement d'un marché de l'eau ou d'un système décentralisé*

Cet instrument de gestion implique un changement dans le système actuel des droits sur l'eau et l'établissement des droits sur l'eau qui soient transférables.

En Espagne, Garrido (1995) analyse les possibles effets dérivés de l'établissement d'un marché de l'eau sur deux niveaux de gestion : entre les usagers d'une même Communauté et entre plusieurs Communautés d'Irriguants dans la vallée du fleuve Guadalquivir.

En France, Monginoul et al. (1999) étudient l'impact économique des marchés de l'eau potentiels dans la vallée du fleuve Charente.

### ***C. Les politiques tarifaires***

L'une des solutions envisageables pour les problèmes de gestion de l'eau réside dans l'application d'une politique tarifaire afin d'augmenter l'efficacité dans l'utilisation de l'eau. Des politiques de tarification de l'eau efficaces ont un impact clair sur la demande en eau. Ainsi, on peut constater une diminution de la pression sur les ressources en eau. Une tarification de l'eau efficace assure également une bonne conception des infrastructures de distribution et des rentrées financières suffisantes pour permettre

l'entretien, l'exploitation et le renouvellement des infrastructures dans de bonnes conditions. Tsur et Dinar (1997) présentent les différentes modalités des politiques de tarification et étudient l'efficacité et les coûts de chaque politique.

Les principales structures tarifaires qu'on peut trouver sont (Montginoul, 1998) :

- Tarification forfaitaire : ce type de structure tarifaire ne dépend pas de la quantité consommée. Le forfait est basé sur une estimation de la consommation (débit auquel le consommateur a accès, surface irriguée...). Les avantages de ce système sont qu'il sécurise les recettes du gestionnaire et qu'il est facilement compréhensible par les usagers. Par contre, les usagers ne sont pas incités à économiser l'eau.
- Tarification proportionnelle : dans ce cas, le prix de l'eau dépend de la quantité réellement consommée. Dans ce système, les usagers économisent l'eau mais ceci nécessite l'installation de compteurs d'eau et peut conduire à un déséquilibre budgétaire du gestionnaire dans le cas où la demande est inférieure aux prévisions.
- Tarification binôme : c'est la combinaison de la tarification forfaitaire et de la tarification proportionnelle. Ce système sécurise une partie des recettes du gestionnaire tout en incitant à l'économie de l'eau. En France, il existe des cas concrets de gestion de l'eau brute où on utilise un système tarifaire binôme établi selon le principe du coût marginal (Le Moigne et al., 1997). En Espagne, dans les périmètres irrigués récemment mis en place et avec une bonne efficacité technique, on utilise aussi un tarif binôme (Losada, 1994).
- Tarification binôme par paliers : ce système instaure un prix plus élevé à partir d'un certain seuil (si le système est par paliers croissants), Monginoul et al. (1997) montrent que dans le bassin hydrographique de la Charente (France), ce système serait plus adéquat que le système tarifaire binôme actuellement utilisé.

En Espagne, le débat sur la politique tarifaire est intense. Plusieurs experts affirment que les problèmes de la gestion de l'eau sont principalement dus au système économique et financier de l'eau. Ainsi, le prix bas de l'eau amène les usagers à épuiser les dotations en eau et à les appliquer aux cultures exigeantes en eau. De cette manière, si, pour la société, l'eau a une valeur plus élevée que le prix payé par les agriculteurs, on est dans un cas d'inefficacité dans l'allocation de l'eau. En conséquence, la solution serait l'approximation du prix payé par les usagers à la valeur sociale de l'eau. Ainsi, si l'Etat accroît les tarifs de l'eau selon ce critère, certains agriculteurs consommeraient moins d'eau en libérant les ressources disponibles pour d'autres secteurs d'activités.

On trouve aussi des opinions opposées. Selon ces dernières, la nature publique de l'eau et la dimension sociale de la production agricole constituent deux obstacles à la fixation d'un prix administré comme instrument de rationalisation de l'usage de l'eau. De plus, une hausse des tarifs représenterait une réduction de la valeur patrimoniale des actifs agricoles. Il faut aussi compter sur l'impact que cette mesure aurait sur le revenu agricole et sur la compétitivité de l'agriculture irriguée. En outre, si on applique les mêmes niveaux tarifaires dans tous les périmètres irrigués l'épargne d'eau serait évidemment plus importante dans les zones où l'eau est plus abondante. En définitive, ces opinions n'acceptent pas une redistribution de la richesse entre les contribuables et les agriculteurs, redistribution qui est contraire à la tradition du développement rural. L'autre argument à ajouter au débat c'est la complexité juridique et la difficulté à fixer des tarifs pour la ressource eau.

La nouvelle loi sur l'eau de 1999 n'a pas introduit de changement en ce qui concerne la structure du système tarifaire de l'eau. Le seul point innovateur réside dans la fixation des dotations de référence et l'application de différents niveaux tarifaires par rapport au volume d'eau consommé.

En revanche, la Directive européenne instituant un cadre pour l'action communautaire dans le domaine de l'eau peut introduire de vrais changements dans le système de gestion de l'eau. Comme on l'a déjà dit,

cette proposition contraint les Etats membres à adopter un système tarifaire qui permette le remboursement total des coûts d'utilisation de l'eau et l'internalisation des coûts environnementaux avant de l'année 2010. Ainsi, pour jouer un rôle efficace dans le renforcement de la durabilité des ressources en eau, les politiques de tarification doivent refléter différents types de coût (COM, 2000, 477 final) :

- **Les coûts financiers** (ou coûts directs) des services concernant l'eau, qui comprennent les coûts de fourniture et d'administration de ces services. Ils englobent tous les coûts d'exploitation et d'entretien, ainsi que les coûts en capital (amortissement du capital et paiement des intérêts, le cas échéant rendement du capital investi)
- **Les coûts environnementaux**, c'est-à-dire les coûts des dégâts que les utilisations de l'eau occasionnent pour l'environnement et les écosystèmes et les utilisateurs de l'environnement (réduction de la qualité écologique des écosystèmes aquatiques, salinisation ou dégradation des sols productifs, etc.)
- **Les coûts de la ressource**, qui représentent le coût de l'appauvrissement de la ressource entraînant la disparition de certaines possibilités pour d'autres utilisateurs à la suite de l'amoindrissement des ressources au-delà de leur taux naturel de renouvellement ou de récupération (à la suite, par exemple, de prélèvements excessifs d'eaux souterraines)

Dans l'ensemble des Etats membres de l'UE, le recouvrement des coûts financiers n'est que partiel, notamment en agriculture on paie des tarifs beaucoup plus faibles que ceux des autres secteurs, du fait qu'elle bénéficie des subventions directes et des subventions indirectes (transferts financiers des ménages et des secteurs industriels vers l'agriculture). Par ailleurs, les coûts environnementaux et les coûts de la ressource sont rarement pris en considération dans les politiques de tarification.

Varela Ortega et al.(1998), Gómez Limón et al.(2000) étudient les effets hypothétiques de l'application de différentes politiques tarifaires de l'eau en Espagne.

## **VI - Les politiques agricoles et l'agriculture irriguée :**

### **1. Introduction**

*Du fait des spécificités de l'agriculture, l'activité agricole a toujours été fortement régulée par le secteur public afin de stabiliser les prix et les marchés agricoles. Si on reste dans l'Union Européenne, on peut dire que la Politique Agricole Commune (PAC) a utilisé des instruments de soutien des prix pour stabiliser les producteurs agricoles et aussi pour maintenir et augmenter les revenus des agriculteurs. Ainsi, la PAC en instaurant un mécanisme de soutien aux producteurs fondé sur des prix garantis, la protection aux frontières communautaires et le dégagement subventionné des excédents sur les marchés extérieurs a fortement influencé l'évolution de la surface irriguée et l'orientation productive des périmètres irrigués.*

### **2. La PAC : situation et perspectives**

Tout au long de son histoire, la PAC a dû beaucoup évoluer pour faire face aux nouveaux défis auxquels elle était confrontée. Au début des années 1960, elle devait atteindre les objectifs d'amélioration de la productivité, assurer un niveau de vie équitable à la population agricole et garantir la sécurité des approvisionnements à des prix raisonnables. Pour cela, le système d'intervention reposait essentiellement sur une garantie de prix à un niveau relativement élevé, conjugué à un mécanisme de prélèvements et de restitutions à l'importation et à l'exportation. Cette politique a favorisé fortement le développement et la croissance de l'agriculture européenne.

Cependant, l'augmentation de la productivité a rendu la Communauté Européenne (CE) largement excédentaire en céréales, viandes et produits laitiers. Il émerge alors un nouveau défi : maîtriser les déséquilibres quantitatifs. La PAC a alors pris une direction nouvelle. La **réforme de la PAC de 1992** était fondée principalement sur une diminution des prix garantis, un système de primes compensatoires et une gestion de l'offre qui a essayé de freiner la croissance de la production, de soutenir le revenu des

agriculteurs et de protéger l'environnement. La philosophie de la réforme de 1992 est basée sur le maintien du soutien dans les principaux secteurs productifs, tout en limitant la quantité de la production. La fixation de la production (quota, superficie de base, limitation du cheptel) susceptible de percevoir des aides, se fait en fonction de la production, de la superficie des cultures ou du cheptel correspondant à une période de référence historique. Les fruits, les produits maraîchers, le vin et l'élevage industriel sont exclus de cette régulation bien que dans le cas du vin et de certaines productions fruitières, il existe une interdiction de réaliser de nouvelles plantations, ce qui constitue une forte limitation à l'expansion productive. Pourtant, les mécanismes établis par l'Union Européenne pour contrôler l'offre s'appliquent seulement à la production qui reçoit le soutien du budget public. Etant donné que ce soutien est sous forme de soutien des prix, (comme c'est le cas des productions laitières ou sucrières) ou sous forme d'aides directes (cultures arables), il joue un rôle très important dans la rentabilité des productions, il n'est pas aisé que ces productions puissent se développer de manière significative sans les aides de la PAC.

En général, les effets de la réforme de la PAC de 1992 sur les exploitations agricoles peuvent être qualifiés de positifs. Elle a réussi à accroître les revenus des producteurs, à diminuer le risque associé à la production et à corriger la tendance négative des prix de la terre. Sumpsi et Varela (1994) analysent les effets de la réforme sur le marché de la terre. Selon ces auteurs, la rigidité du marché foncier a sensiblement augmenté suite aux mesures appliquées. En dépit de ces résultats, il y a là la nécessité de faire face aux nouveaux défis. Dans ce contexte, sur la base des orientations de l'Agenda 2000, la nouvelle réforme de la PAC a pour but d'approfondir et d'étendre la réforme de 1992. Les objectifs recherchés sont multiples (Commission Européenne, 2000) : augmenter la compétitivité des produits agricoles communautaires sur le marché intérieur et le marché mondial, intégrer davantage des considérations environnementales et structurelles dans la mise en œuvre de la politique agricole commune, garantir des revenus équitables aux agriculteurs, simplifier la législation agricole, et décentraliser son application, améliorer la sécurité alimentaire, renforcer la position de l'Union lors du prochain cycle de négociations dans le cadre de l'OMC et stabiliser les dépenses agricoles, en termes réels au niveau de 1999. A cet égard, les mesures qui vont être mises en œuvre sont :

- Baisse suffisante des prix pour assurer la croissance des débouchés intérieurs et une participation au marché mondial. Cette baisse des prix sera compensée par un accroissement des aides directes.
- Développement rural, qui vise à garantir l'avenir des zones rurales européennes en promouvant les mesures d'accompagnement, instaurées en 1992 (pré-retraite, mesures agri-environnementales et boisement), des mesures de diversification des exploitations agricoles (soutien à la transformation et à la commercialisation des produits agricoles, formation professionnelle, promotion et reconversion de l'agriculture,...), l'adaptation structurelle des exploitations et l'installation des jeunes. Ainsi les Etats membres auront la possibilité de moduler, c'est-à-dire de réduire les aides directes accordées aux exploitations en fonction de critères liés à l'emploi de la main-d'œuvre sur l'exploitation ou de critères de caractère environnemental.
- Décentralisation de la gestion du Fonds européen d'orientation et de garantie agricole (FEOGA) Il s'agit du nouveau règlement sur le financement de la politique agricole commune en vertu duquel les Etats membres pourront gérer leur partie des crédits du FEOGA tout en respectant certains critères communautaires.

### **3. La PAC et l'agriculture irriguée**

Au cours de ces dernières années, la PAC a conduit à une intensification de l'agriculture et à une pression croissante sur les ressources naturelles. La réforme de 1992 a essayé de corriger les effets négatifs sur l'environnement via des instruments spécifiques et les mesures agri-environnementales qui ont essayé d'extensifier la production afin de réduire les excédents et alléger la pression sur les ressources naturelles. Boussemart et al.(1996) analysent les changements dans les techniques de production engendrées par la modification de la structure de prix prévue dans la réforme Mac Sharry. L'étude est basée sur un modèle économique couplé à un simulateur agronomique de croissance de plantes. Les résultats prévoient un

impact significatif sur le développement des principales cultures et l'emploi de techniques moins intensives.

En ce qui concerne l'agriculture irriguée, l'effet de la **réforme de 1992** a encouragé le développement des cultures irriguées au travers de la régionalisation des paiements compensatoires et sa différenciation selon les cultures irriguées ou non irriguées (Commission Européenne, 2000). Blanco (1996) prévoit cette croissance de l'agriculture irriguée dans une étude réalisée sur l'agriculture irriguée de Castille-Leon (Espagne) en utilisant un modèle multi-périodique.

Sumpsi (1999) analyse l'impact de la réforme de la **PAC 2000** sur **les nouveaux périmètres irrigués**. Pour lui, le principal problème des nouveaux périmètres irrigués serait l'orientation de sa production. Selon l'auteur, les seules possibilités pour éviter des conflits dans l'application de la PAC sont :

- La production n'est pas soumise à des limitations productives, comme c'est le cas pour les cultures maraîchères.
- La production est régulée par quota mais il y a la possibilité de produire en dessus de ce quota, même si les prix vont être plus bas.

En conclusion, compte tenu des tendances actuelles de la PAC qui rendent difficile une augmentation des superficies de base, l'auteur ne recommande pas le développement de nouveaux périmètres irrigués dans les périmètres où l'orientation productive est fondée sur des cultures régulées par quotas.

## **VII - La relation entre les politiques de gestion de l'eau et la politique agricole commune**

### **1. Introduction**

Sumpsi et al. (1998) et Sumpsi (1999), montrent la relation étroite qui existe entre les politiques de gestion de l'eau et la Politique Agricole Commune. Ainsi, une politique de gestion de l'eau, qui pourrait être basée sur une hausse des prix de l'eau ou sur une révision des concessions, peut provoquer des changements sur l'investissement en infrastructure, sur le pourcentage de surface irriguée et sur le choix de cultures de l'exploitation. Ces changements pourraient en même temps influencer le niveau d'utilisation des inputs agricoles, le niveau de travail salarié et la compétitivité de la production agricole.

Par ailleurs, la PAC à travers la fixation de prix ou/et des aides pour les différents produits agricoles, a aussi déterminé l'évolution et l'orientation productive de l'agriculture irriguée. De cette manière, elle a aussi influencé le niveau d'investissement, l'utilisation des intrants et le niveau de travail salarié agricole. En conséquence, on peut dire que la Politique de gestion de l'eau dans l'agriculture et la Politique Agricole Communautaire influencent les mêmes variables mais avec des intensités et des manières différentes. Ainsi, les Politiques de gestion de l'eau peuvent influencer l'application de la PAC, et à l'inverse, la réforme de la PAC pourrait déterminer les résultats d'une politique de gestion de l'eau.

Cette convergence devient importante à l'heure d'établir une politique de gestion de l'eau. De cette façon, il faudra tenir compte des effets que cette politique aura sur l'application de la PAC et aussi les effets que la réforme de la PAC provoquera sur les politiques liées, directement ou indirectement, à la gestion de l'eau d'irrigation.

### **2 . Les impacts des Politiques de Gestion de l'eau sur la PAC**

Sumpsi et al. (1998) affirment qu'une politique de gestion de l'eau d'irrigation peut influencer la structure des surfaces cultivées. Ceci pourrait entraîner des problèmes dans l'application de la PAC. Ainsi, l'imposition d'un tarif plus élevé sur l'eau (**politique tarifaire**) ou la diminution de la disponibilité d'eau (**politique de révision de quotas**) pourrait provoquer la substitution des cultures exigeantes en eau (coton, tabac, maïs, cultures maraîchères) par d'autres moins consommatrices en eau (blé, orge, tournesol, colza). Ce fait pourrait aussi amener à une réduction de la surface irriguée.

Ces effets peuvent compliquer l'application de la PAC surtout en ce qui concerne la gestion de l'offre agricole. Ainsi, la diminution de la surface irriguée destinée aux cultures comme le coton, le tabac ou les cultures maraîchères ne serait pas trop grave. La seule conséquence serait qu'on ne pourrait pas utiliser dans sa totalité le quota de production du tabac ou la Quantité Maximale Garantie (QMG) du coton. Pour ce qui est des cultures maraîchères, la diminution de surface n'entraînerait aucun problème par rapport aux mécanismes de contrôle d'offre puisque ces cultures ne sont pas régulées par la PAC.

Par contre, l'accroissement des surfaces emblavées en céréales et en oléagineux aurait des effets très pernicious. Ainsi, cette augmentation pourrait amener à dépasser les superficies de base régionales (surface non irriguée) ou nationales (surface irriguée). Cela pourrait provoquer une perte du revenu agricole comme conséquence des pénalisations appliquées (réduction des aides).

Or, les **politiques de modernisation** d'infrastructures hydrauliques produisent une amélioration de l'efficacité technique globale du système. Ainsi, si ces politiques sont accompagnées d'une politique de réduction de quotas sur l'eau, ceci générerait une épargne d'eau dans le système hydrologique correspondant (bassin hydrographique). Cependant, la demande d'eau de l'agriculteur dans la parcelle ne va pas changer et en conséquence, il n'y aura pas de changements dans les surfaces cultivées ou dans le pourcentage de la surface irriguée. On éviterait alors les pénalisations conduites par le dépassement des superficies de base.

### **3. L'influence de la PAC sur les Politiques de Gestion de l'eau d'irrigation**

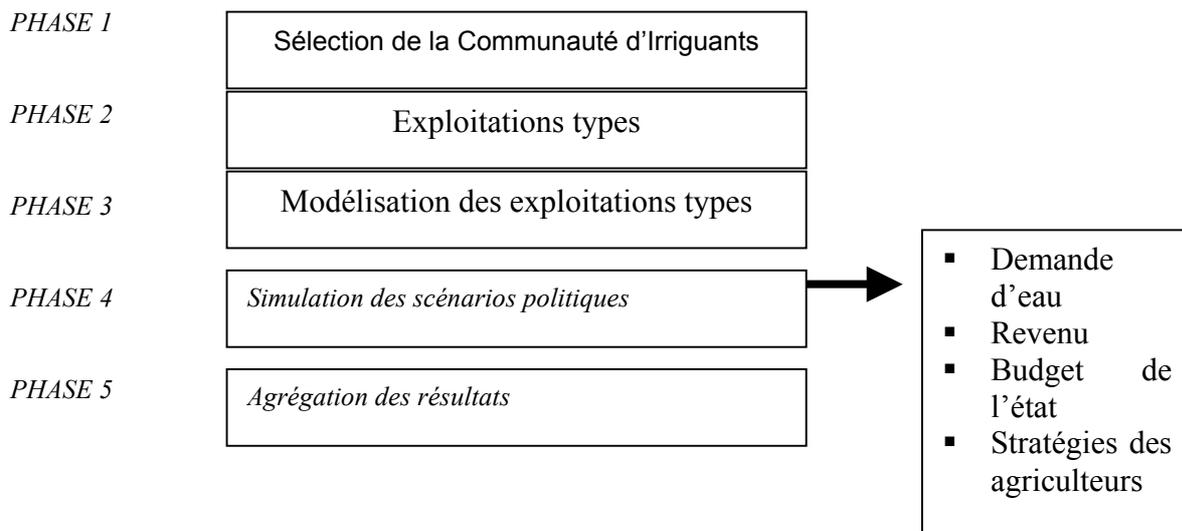
On va ensuite présenter la manière dont la PAC peut influencer l'application et l'efficacité des politiques de gestion de l'eau. L'étude réalisée par Varela Ortega et al.(1995) montre que les différents scénarios de politique agricole influencent notamment la distribution des cultures et les techniques de production (intensives ou extensives) lorsqu'on applique une politique de réduction de quotas sur l'eau. On peut alors observer que les résultats obtenus varient en fonction du scénario de politique agricole. Ainsi, une politique de réduction de quotas appliquée dans un scénario de réforme de la PAC de 1992 donnerait comme résultat l'adoption de techniques de production plus extensives.

# Chapitre 2: Méthodologie

## I. Introduction

La démarche utilisée a consisté en premier lieu à choisir une Communauté d'Irriguants représentée par des exploitations-types d'un périmètre irrigué. La programmation mathématique est un instrument particulièrement bien adapté aux problèmes qui se posent dans l'activité agricole (Boussard et Daudin, 1988). La production agricole au niveau de chacune des exploitations a été modélisée dans un cadre microéconomique et ensuite les comportements individuels des différents types d'agriculteurs du périmètre ont été agrégés.

**Figure 2 : Méthodologie**



## II. Sélection des communautés d'irriguants

Les Communautés d'Irriguants sont des institutions qui gèrent en Espagne l'utilisation collective des eaux publiques pour l'irrigation. Ces institutions acquièrent une personnalité juridique et dans la loi des eaux de 1879. Ultérieurement, elles ont été renforcées dans la loi des eaux de 1985 et 1999.

Ces institutions sont mandatées pour la perception du paiement de l'eau, l'organisation de l'irrigation, le contrôle de la consommation d'eau, le suivi et contrôle de l'accomplissement de critères de répartition de l'eau, les investissements dans l'amélioration et la modernisation des systèmes de distribution d'eau et en général dans la prise de décisions sur le thème qui affecte la disponibilité et l'usage de l'eau d'irrigation.

*Pour cette étude, on a sélectionné une communauté localisée dans le bassin du Guadalquivir en Andalousie, dans le sud de l'Espagne : la communauté El Viar (Séville).*

### 1. Description de la zone d'étude.

## A. Introduction

Dans ce paragraphe, nous allons décrire les caractéristiques principales du périmètre irrigué ou Communauté d'Irriguants sélectionnée. Les aspects descriptifs considérés sont les caractéristiques agronomiques et les caractéristiques techniques et institutionnelles de la zone d'étude. L'objet de cette description est d'identifier les éléments qui vont influencer l'application des politiques agricoles et des politiques de gestion de l'eau.

L'information utilisée pour la description de la zone provient des sources statistiques de la « Junta de Andalucía », d'information spécifique de la Communauté d'Irriguants et d'une étude de diagnostic antérieure (Sumpsi et al., 1996).

## B. Caractéristiques Agronomiques

La Communauté d'Irriguants El Viar est localisée dans le Bassin du Guadalquivir au Sud de l'Espagne. Il s'agit d'une Communauté très ancienne, datant de 1958. En général, cette zone présente de bonnes caractéristiques pour la production irriguée. Les conditions pédo-climatiques permettent une grande diversité productive. Les cultures principales sont le coton, le tournesol, les cultures maraîchères (tomate, asperge, melon) et les arbres fruitiers. La structure des exploitations (exploitations petites, moyennes et grandes) est aussi un facteur important à l'heure de justifier la potentialité productive de la zone.

Figure 3 : Carte de l'Espagne

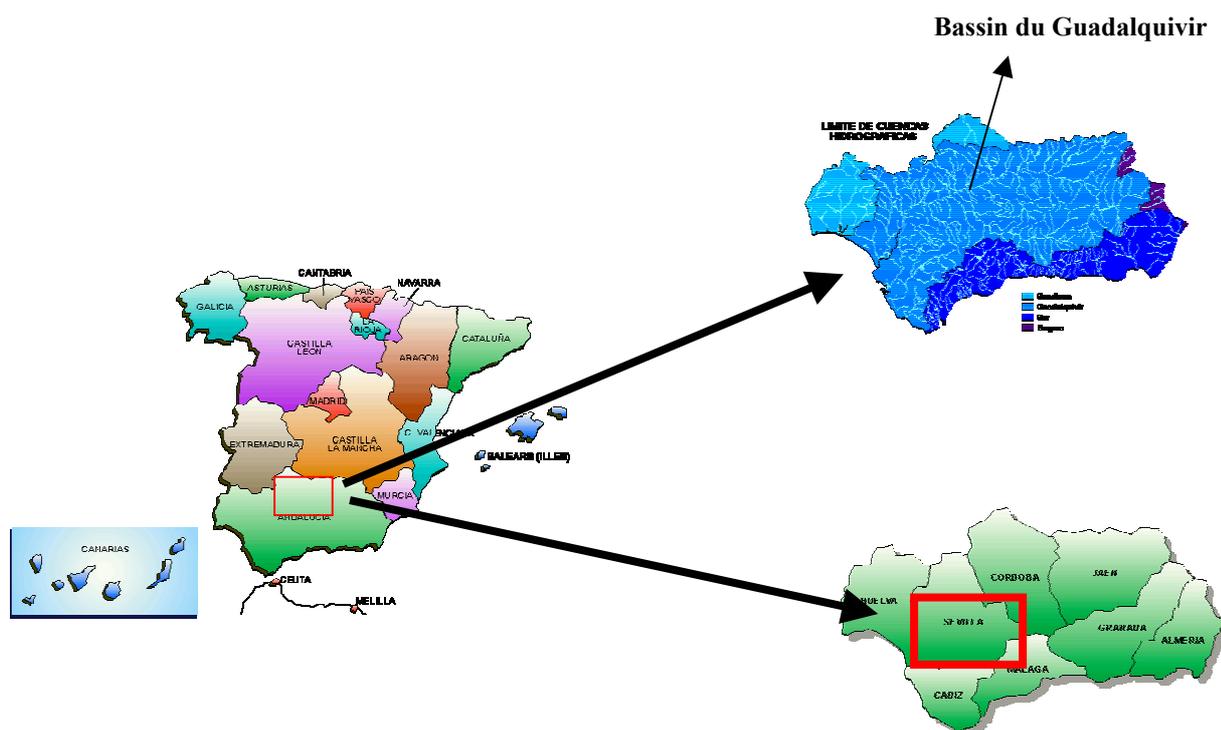


Tableau 3 : Caractéristiques principales des exploitations agricoles de El Viar

Surface Irriguée	11. 958 ha	Taille des exploitations	
------------------	------------	--------------------------	--

		<b>Taille moyenne Min-Max</b>	10 ha 5-100 ha
<b>Localités</b>	Alcala del Rio 4660 ha La Algaba 1.431 Almaden de la Plata 19 ha Brenes 340 ha Burguillos 966 ha Cantillana 795 ha Castilblanco de los Arroyos 182 ha Guillena 1180 ha Salteras 34 ha Villaverde del Rio 2251 ha	<b><u>Mode de faire valoir</u></b> <b>Propriété</b> <b>Fermage</b>	75 % 25 %
		<b><u>Cultures principales</u></b>	Coton Tournesol Arbres fruitiers Blé Maïs
<b>Nombre d'exploitations</b>	3978	<b><u>Morcellement de parcelles</u></b>	réduite

Source : D'après des données de la Junta de Andalucía (2000)

### ***C. Caractéristiques techniques et institutionnelles***

*Les eaux utilisées pour l'irrigation sont des eaux superficielles. Il s'agit d'un périmètre irrigué ancien avec système de distribution de l'eau par gravité. L'efficacité technique du système de conduction et de distribution est basse et les pertes d'eau sont abondantes.*

*Néanmoins, l'efficacité technique et économique est aussi déterminée par l'organisation socio-économique de la Communauté d'Irriguants. Trois éléments clés permettent de décrire le fonctionnement des communautés et leur efficacité dans l'utilisation de l'eau : la disponibilité de l'eau d'irrigation, le système tarifaire et le coût d'eau d'irrigation, et le système d'organisation et de contrôle des irrigations.*

#### ***a) Caractéristiques techniques des systèmes d'irrigation***

L'eau d'irrigation procède d'un barrage autofinancé par les utilisateurs : le barrage El Pintado. L'eau arrive à la Communauté à travers d'un canal principal ouvert. Une fois là, l'eau est distribuée à chaque parcelle par un réseau secondaire de canaux.

En dépit du capital investi pour la conservation du système de dérivation de l'eau, l'état du système de distribution est en général insuffisant. Les agriculteurs n'ont pas d'attraits pour supporter le coût élevé de la conservation des installations. Le niveau de pertes estimé est de 30%.

L'efficacité technique globale de l'irrigation dépend aussi de la méthode d'irrigation. La méthode principale d'irrigation utilisée dans la Communauté d'Irriguants est l'irrigation par gravité.

Selon l'étude faite par Sumpsi et al. (1998), le choix de la méthode d'irrigation dépend fondamentalement de la structure et de l'orientation productive des exploitations ainsi que de l'organisation des irrigations

**Tableau 4 : Caractéristiques du système d'irrigation**

<b>Origine de l'eau</b>	Superficielle Barrage El Pintado	<b>Disponibilité d'eau</b> <b>Concession</b> <b>Garantie sur la disponibilité d'eau</b> <b>Dotation en eau réelle (1980-1999)</b> <b>Dotation moyenne (1980-1999)</b>	8000 m <sup>3</sup> /ha Moyenne 0-10000 m <sup>3</sup> /ha 6000 m <sup>3</sup> /ha
<b>Qualité de l'eau</b>	Bonne	<b>Système de distribution de l'eau</b>	Par gravité
<b>Méthode d'irrigation</b>		<b>Efficacité technique</b>	0.70
<b>Par gravité</b>	80 %	<b>Organisation des irrigations</b>	par tours
<b>Aspersion</b>	5 %	<b>Responsabilité de la gestion</b>	CI
<b>Goutte à goutte</b>	15 %		

Source : D'après des données de la Junta de Andalucia et de la CI El Viar

*b) La rareté d'eau*

Le niveau de rareté d'eau va dépendre de la **disponibilité d'eau** et/ou de la **garantie de la disponibilité** de la ressource.

La **disponibilité d'eau** dépend de l'origine de l'eau et de l'ancienneté de la Communauté d'Irriguants. En général, les Communautés d'Irriguants plus anciennes disposent d'une plus grande concession en eau. On doit définir quelques concepts :

**Concession en eau** : Allocation administrative d'un droit spécifique sur l'eau à la Communauté d'Irriguants.

**Dotation en eau** : volume d'eau réellement attribué à la Communauté pendant toute la campagne agricole. La dotation en eau va dépendre des ressources hydriques disponibles.

**Dotation brute** : volume d'eau fourni par la Confédération Hydrographique.

**Dotation nette** : Disponibilité d'eau dans l'exploitation. La dotation nette est égal à la dotation brute multipliée par l'efficacité technique du système de dérivation et de distribution de l'eau.

La distinction de ces concepts est importante à l'heure d'analyser la réponse des agriculteurs face à une politique tarifaire. Les agriculteurs doivent payer le volume d'eau qui est attribué par la Communauté d'Irriguants ou dotation brute en eau. En outre, le volume d'eau disponible dans la parcelle va dépendre de l'efficacité technique du système de distribution de l'eau. Ainsi, l'amélioration de l'efficacité technique de la distribution de l'eau pourrait être une stratégie possible dans le cas d'un accroissement du prix de l'eau.

La **garantie de la disponibilité d'eau** est une des caractéristiques importantes de cette étude. On définit la garantie de l'irrigation comme la probabilité de satisfaire le volume d'eau défini par la concession (Losada, 1997). Il faut aussi distinguer les concepts suivants :

**Rareté générale l'eau** : lorsqu'on n'arrive jamais à satisfaire les besoins en eau des cultures.

**Sécheresse** : situation dans laquelle on n'est pas capable de couvrir le niveau de dotation moyenne.

La garantie de la disponibilité d'eau va dépendre de la valeur de la demande annuelle considérée. Ainsi, la probabilité de satisfaire le volume d'eau demandé est plus haute lorsque la valeur de la demande est moins importante. En général, on considère que la concession théorique en eau représente la demande annuelle de la ressource.

Le tableau suivant montre les valeurs de la garantie de la disponibilité d'eau selon les critères adoptés par le Plan Hydrologique du Guadalquivir. Ce Plan définit la garantie annuelle comme la probabilité que le déficit annuel soit inférieur à 40% (critère plus favorable) ou de 20 % de la demande (critère plus restrictif). La garantie sur deux années est définie comme la probabilité que le déficit accumulé sur deux

années consécutives dépasse 60% (critère plus favorable) ou 30% de la demande (critère plus restrictif). Il faut tenir compte que les valeurs sur la garantie de la disponibilité d'eau ont été obtenues pendant une période de 10 années (1988-1997). Au cours de cette période, la Communauté a vécu une sécheresse assez grave donc ces valeurs pourraient être interprétées de manière pessimiste.

**Tableau 5 : Garantie de la disponibilité de l'eau d'irrigation (1988-1997)**

CI	Demande annuelle m <sup>3</sup> /ha	Garantie annuelle* %	Garantie sur deux* années %	Déficit maximum (% de la demande annuelle)		
				1 année 98	2 années 138	3 années 275
El Viar	8.000	60-80	60-60			

Source : Blanco (1999)

\*valeurs selon le critère le plus restrictif et le plus favorable

*A El Viar, il y a un barrage autofinancé par les utilisateurs : le barrage El Pintado. Ils disposent de la concession complète : 8000 m<sup>3</sup>/ha dans les années normales (périodes de 1977 à 1980, et de 1984 à 1991), tandis que dans les cycles secs (périodes de 1981 à 1983 et de 1992 à 1995) la dotation est d'environ la moitié. Cependant, dans ce dernier cycle de sécheresse qui a été très dur, on est arrivé à une situation extrême : ne pas pouvoir irriguer pendant quelques années de 1993 à 1995, ce qui a conduit beaucoup d'agriculteurs à creuser des puits pour compléter la dotation. La situation légale de ces puits est très confuse, créant de ce fait d'importants problèmes avec la Confédération Hydrographique du Guadalquivir pour sa répercussion dans le débit de la rivière et dans la disponibilité des ressources d'eau souterraines.*

*Pendant le dernier cycle de sécheresse (1991-1995), la communauté a traversé des situations très critiques dues à l'existence de graves problèmes de garantie de fournitures. Cette expérience a conduit à un changement dans la mentalité des agriculteurs, qui se montrent plus enclins aux questions relatives à la gestion de l'eau.*

#### *c) Le système tarifaire et le coût de l'eau*

Le système tarifaire est principalement influencé par le dessin technique du système de distribution de l'eau qui va déterminer la possibilité de quantifier les volumes d'eau utilisés. Il dépend aussi du niveau de développement des institutions qui s'occupent de la gestion de l'eau d'irrigation.

Dans le périmètre irrigué analysé, la technologie disponible ne permet pas de comptabiliser le volume d'eau utilisé par chaque agriculteur. De plus, les institutions chargées de la gestion de l'eau ne sont pas assez développées pour estimer les volumes d'eau utilisés comme c'est le cas dans d'autres périmètres irrigués (par exemple à Valence). Ainsi, le paiement de l'eau est réalisé par le moyen d'un tarif fixe payé à l'hectare.

Le tableau suivant montre le coût de l'eau dans le périmètre irrigué :

**Tableau 6: Coût de l'eau**

CI	Coût unitaire €/ha	Dotation en eau m <sup>3</sup> /ha	Coût unitaire €/m <sup>3</sup>
El Viar	102.17	8.000	0.01

Source : Sumpsi et al. (1996)

#### *d) Organisation des irrigations*

En général, l'administration hydrique est responsable de l'allocation de l'eau dans tous les périmètres irrigués. Les Communautés d'Irriguants s'occupent de la gestion de l'eau d'irrigation dans chaque périmètre irrigué. Ainsi, la Confédération Hydrographique de chaque bassin organise une réunion avec les responsables des Communautés d'Irriguants pour les informer sur les prévisions concernant la disponibilité d'eau dans la campagne agricole. Les Communautés d'Irriguants participent aux décisions sur la répartition de la dotation d'eau pendant la campagne d'irrigation. Ainsi, la flexibilité intra-annuelle de la disponibilité d'eau est élevée.

A El Viar, une grande majorité des agriculteurs irriguent par gravité et l'irrigation est organisée par tours. Tous les dix jours, on peut disposer du débit complet (8 heures par ha). Les tours sont stricts pendant la campagne de production intensive et flexibles en dehors de cette période.

Le système du contrôle de l'utilisation de l'eau est basé sur la surveillance des tours d'irrigation par les employés de la Communauté d'Irriguants. Etant donné qu'il n'est pas possible de déterminer le volume d'eau consommé par chaque agriculteur, les sanctions imposées par l'excès de la consommation sont établies en fonction du temps d'irrigation de chaque agriculteur.

En conclusion, dans cette Communauté, l'efficacité technique de l'irrigation ne dépend uniquement du tracé ou de l'état de conservation du système de distribution. Ainsi, l'efficacité de la Communauté dans l'organisation des irrigations, le contrôle de l'utilisation de l'eau et l'application de sanctions adéquates s'avèrent aussi importants.

#### ***D. Les possibilités d'économie d'eau***

Les facteurs qui déterminent les possibilités d'économie d'eau dans la Communauté d'Irriguants sont : le niveau de rareté d'eau, les caractéristiques techniques du système de distribution et le système tarifaire.

Ainsi, à El Viar où l'eau est plus ou moins abondante, exception faite des périodes de sécheresse, le système de distribution est très ancien et l'eau se paie par un tarif fixe : ce qui ne favorise pas forcément la mentalité d'une meilleure épargne de l'eau.

Les pertes d'eau du réseau sont importantes et la consommation d'eau est excessive pour les cultures qui existent. On peut dire alors que les possibilités d'épargne sont très considérables.

### **III. Typologie des exploitations**

*La typologie des exploitations du périmètre irrigué a été obtenue grâce au travail de terrain réalisé dans le cadre du projet de recherche «Economie de l'eau et compétitivité de périmètres irrigués espagnols » (Sumpsi et al.,1996)*

Les critères pertinents retenus pour cette typologie sont :

- La dimension (taille de l'exploitation) ;
- L'orientation productive (types de cultures) ;
- Le taux de terres irriguées ;
- La technique et les infrastructures d'irrigation ;
- La dotation en eau ;
- La qualité des sols ;
- Le taux de terres en fermage.

*Cette typologie des exploitations a abouti à la définition de quatre (4) exploitations types dans la communauté d'El Viar :*

**Tableau 7 : Typologie des exploitations**

Exploitation type	Surface irriguée (ha)	Type de Sol (%)	Méthode d'irrigation (ha)	Assolement (%)
EV1	5	K1 : 60% K2 : 40%	Gravité : 4 Goutte à goutte 1	Coton 20 Cult.Maraîchères 29 Betterave 20 Autres 31
EV2	40	K1 : 100%	Gravité : 30 Goutte à goutte : 10	Coton 34 Cult.Maraîchères 4.5 Betterave 20 Fruit. 1.5 Autres 40
EV3	40	K1 : 40% K2 : 60%	Gravité : 30 Goutte à goutte : 10	Coton 34 Cult.Maraîchères 7 Betterave 19 Fruit. 1.5 Autres 40
EV4	100	K1 : 50% K2 : 50%	Gravité : 70 Goutte à goutte : 30	Coton 15 Blé+ tourn. 30 Maïs 15 Fruit. 10 Autres 30

Source : Sumpsi et al . (1996)

## IV. La modélisations des exploitations

### 1. La sélection du modèle.

#### A. La prise en compte du risque

*La nature risquée de l'activité agricole fait que le développement des techniques de programmation mathématique qui tiennent compte du risque soit assez large. Les différentes approches qu'on peut considérer dans l'analyse du risque sont largement traitées dans la littérature (Hazell et Norton, 1986 ; Rae,1994; Hardaker, J.B.,1997).*

*La théorie de la décision la plus développée en économie est la théorie de l'utilité espérée subjective (Von Neuman et Morgenstern, 1953). Cette théorie est la base d'une grande partie des modèles qui tiennent compte du risque dans la fonction objectif, comme le modèle espérance-variance (Markowitz, 1952; Freud, 1956) ou son approximation linéaire MOTAD (Hazell,1971).*

*Les études postérieures sur le comportement des décideurs dans une situation d'incertitude montrent que la perception du risque est plutôt basée sur le niveau de pertes que sur la variance des résultats. Cette perspective a donné lieu au développement des approches safety-first, comme les modèles Target MOTAD (Tauer,1983), Direct Expected Utility Maximizing Nonlinear Programming ou DEMP (Lambert et McCarl,1985) ou Utility Efficient Programming (Patten, Hardaker et Pannell,1988)*

*Il existe plusieurs études empiriques basées sur l'observation du comportement des agriculteurs, montrant que les agriculteurs ont une aversion pour le risque (Moscardi et de Janvry,1977 ; Dillon et Scandizo, 1978 ; Binswanger,1980 ; Hazell,1982, Antle, 1987). Pourtant, on constate qu'une grande partie des décisions de production dans l'agriculture est prise d'une façon séquentielle (Rae,1971; Antle, 1983a; Adesina et al.,1991; Dorward,1991,1996,1999; Shapiro et al.1993;Taylor et Young,1995; Torkamani et Hardaker, 1996)*

*Ainsi, une fois que les décisions sont faites, les conditions économiques et naturelles peuvent changer. Avec cette nouvelle information, les décisions antérieures deviennent sous-optimales et on peut dire que le risque affecte*

*l'efficacité économique (hypothèse de risque-efficacité). Cette hypothèse montre qu'il n'est pas nécessaire démontrer que les agriculteurs ont une aversion pour le risque pour justifier qu'ils sont concernés par l'existence du risque.*

*L'hypothèse de risque-efficacité implique qu'il est nécessaire de modéliser la structure dynamique de la production agricole pour être capable d'évaluer les effets du risque dans la production agricole et le revenu. On considère alors que les modèles dynamiques neutres au risque peuvent être plus utiles que les modèles statiques conventionnels montrant une aversion pour le risque à l'heure de comprendre l'effet du risque dans la production agricole (Antle, 1983b)*

*La programmation stochastique discrète proposée par Cocks (1968) et développée par Rae (1971a,b) permet de résoudre les problèmes séquentiels de décision dans un contexte d'incertitude.*

### **B. L'incertitude sur la disponibilité de l'eau**

*L'agriculture est une activité risquée et l'irrigation affecte ce risque. Le but de l'irrigation n'est pas seulement l'augmentation des rendements, elle s'utilise aussi pour garantir la production sur une longue durée parce qu'elle permet de faire face aux irrégularités des précipitations. Le développement de l'irrigation a rendu possible la stabilisation des rentes agricoles, il a permis l'accès à certains marchés qui exigent des productions stables et de haute qualité.*

*Cependant, l'agriculture irriguée a introduit d'autres types de risques (Boussard, 1997). On voit alors apparaître le risque de ne pas disposer suffisamment d'eau, le risque micro-économique associé à tout investissement de capital et le risque macro-économique dû aux changements du marché.*

*Les travaux réalisés par Sumpsi et al (1996), et complétés par Blanco (1999), montrent que le principal facteur de risque en agriculture irriguée espagnole est l'incertitude sur la disponibilité de l'eau. Ainsi les agriculteurs prennent les décisions de production en fonction des effets prévisibles sur la disponibilité de l'eau.*

*L'eau est une ressource qui ne peut pas être allouée a priori comme les autres ressources, compte tenu de la variabilité climatique. Pour analyser le comportement des agriculteurs en pareille situation, on doit choisir un modèle de programmation mathématique qui tienne compte de la nature séquentielle du processus de prise de décisions qui est liée surtout à la disponibilité de l'eau. La programmation stochastique discrète s'ajuste à ce type d'analyse.*

*La difficulté majeure de cette approche est l'exigence en données et le fait que le modèle devienne rapidement très grand compte tenu de la nécessité de définir une situation dans chaque état de nature (Hazell et Norton, 1986). Cependant, quand ces obstacles peuvent être surmontés, la PSD permet d'analyser de manière très fidèle la prise de décision chez l'agriculteur. Elle a donné lieu à plusieurs applications (Apland et al, 1993 ; Taylor et Young, 1995 ; Torkamani et Hardaker, 1996 ; Jacquet et Pluvinage, 1997 ; Keplinger et al., 1998 ; Blanco 1999)*

## **2. Le modèle de programmation stochastique discrète**

### **A. Structure d'information du problème et spécification du problème de décision séquentielle stochastique**

La PSD, suggérée par Cocks (1968) et développée par Rae (1971), prend en compte un problème de décision qui consiste à maximiser une fonction d'utilité sujette à un ensemble de restrictions de disponibilité de ressources (terre, eau, main-d'œuvre) et socio-économiques (prix des facteurs et produits, droits de production, subventions, etc.).

Une étape très importante dans la définition du problème de décision séquentiel stochastique est la spécification de la structure de l'information du problème. La structure d'information du problème est la configuration de la réception de l'information par rapport aux dates de décisions.

Dans le cas de cette étude, la structure d'information du problème qui se considère la plus adéquate est une structure basée sur une connaissance parfaite du passé. Cela veut dire que le producteur au début de la période  $t$  ( $t = 1, 2, 3$ ) a une connaissance parfaite des résultats de périodes  $t - 1$ , mais seulement une connaissance probabiliste des résultats des périodes  $t, t + 1, \dots$

*Ainsi, au début de la campagne agricole, les agriculteurs vont choisir une combinaison de cultures en fonction de leurs attentes sur la disponibilité d'eau. Cependant, ils ne vont pas connaître la disponibilité réelle en eau et le type d'année climatique que quelques temps après.*

*A partir de ce moment-là, ils pourront réviser leurs décisions. Nous avons divisé l'horizon de planification en trois périodes de décision. L'agriculteur, dans la première période, prend les décisions d'assignation des superficies et techniques d'irrigation aux différentes cultures avant de disposer de l'information certaine sur la disponibilité d'eau.*

*Dans une deuxième période, une fois qu'il connaît la quantité d'eau qui va être délivrée par la Communauté d'Irriguants, il va décider de la surface destinée aux cultures de printemps (cultures maraîchères, maïs et tournesol).*

*Finalement, dans une dernière période de décision, l'agriculteur va choisir la technique de production (technique plus ou moins intensive en eau) en fonction de l'information additionnelle disponible sur le niveau de précipitations qui a eu lieu pendant le printemps.*

### **B. Définitions des états de nature**

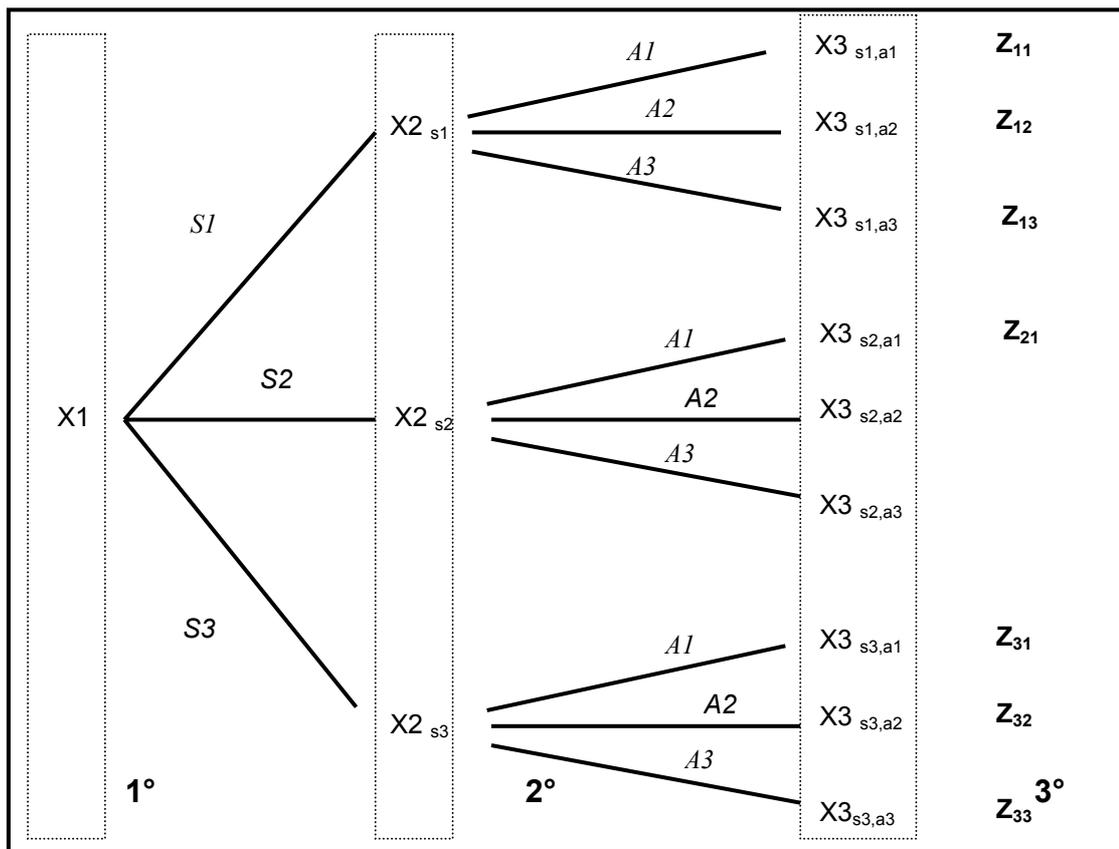
*Une fois la structure d'informations du problème définie, les états de nature considérés dans chaque période sont fixés.*

*Dans le modèle, les sources d'incertitude sont la disponibilité brute d'eau et le type d'année climatique ; donc les états de nature seront identifiés par rapport aux différents niveaux de disponibilité d'eau et les situations climatiques.*

*Ainsi, nous allons étudier trois états de nature par rapport à la disponibilité d'eau assignée à la Communauté d'Irriguants (S1, S2, S3) et trois états de nature qui correspondent aux types d'années climatiques (A1 : bonne année, A2 : année moyenne, A3 : mauvaise année).*

*Les types d'année ont été définis par rapport au niveau de précipitations du printemps. Si on regarde la structure de l'arbre de décision (figure 2), on s'aperçoit que la combinaison de ces six états de nature au long des périodes de décision donne lieu à neuf situations finales différentes.*

Figure 4 :Arbre de décision



Où :  
 X1 activités dans la période de décision 1  
 X2 activités dans la période de décision 2  
 X3 activités dans la période de décision 3  
 Si : niveau de disponibilité d'eau  
 Aj : type d'année climatique  
 i,j : 1...3, états de nature  
 Z<sub>Si,Aj</sub>: revenu par état de nature

### C. Formulation du modèle de programmation stochastique

On suppose que l'objectif de l'agriculteur est la maximisation du profit espéré. On peut alors formuler le modèle de programmation stochastique de la manière suivante :

$$\begin{aligned} \text{Max } E(Z) &= \sum_{s,a} p_s p_a Z_{sa} \\ \text{s.c.} & \\ \sum_j \sum_r \sum_t X3_{j,k,r,t,s,a} &\leq S_k \end{aligned} \quad (1.1)$$

$$\sum_j \sum_k \sum_t X3_{j,k,r,t,s,a} \leq S_r + I_r \quad (1.2)$$

$$\sum_j \sum_k \sum_r \sum_t be_{j,k,r,t} X3_{j,k,r,t,s,a} \leq Q_{s,a} \quad (1.3)$$

$$Q_{s,a} \leq D_s * h \quad (1.4)$$

$$\sum_j \sum_k \sum_r \sum_t bmo_{j,k,r,t} X3_{j,k,r,t,s,a} \leq W_{s,a} \quad (1.5)$$

$$\sum_t X3_{j,k,r,t,s,a} = X1_{j,k,r} \quad (1.6)$$

$$\sum_t X3_{j,k,r,t,s,a} = X2_{j,k,r,s} \quad (1.7)$$

$$X1_{j,k,r} \geq 0; X2_{j,k,r,s} \geq 0; X3_{j,k,r,t,s,a} \geq 0; W_{s,a} \geq 0; I_r \geq 0; \quad (1.8)$$

Où :

$Z_{sa}$  : revenu dans l'état de nature  $s,a$  (ptas)

$p_s$  : probabilité d'occurrence de l'état de nature  $s$

$p_a$  : probabilité d'occurrence de l'état de nature  $a$

$X1_{j,k,r}$  : surface destinée à l'activité  $j$ , dans un type de sol  $k$ , avec une technique d'irrigation  $r$  dans la période de décision 1 (ha)

$X2_{j,k,r,s}$  : surface destinée à l'activité  $j$ , dans un type de sol  $k$ , avec une technique d'irrigation  $r$  dans l'état de nature  $s$  et dans la période de décision 2 (ha)

$X3_{j,k,r,t,s,a}$  : surface destinée à l'activité  $j$ , dans un type de sol  $k$ , avec une technique d'irrigation  $r$  et une technique de production  $t$  (plus ou moins intensive en eau), dans l'état de nature  $s,a$  et dans la période de décision 3 (ha)

$S_k$  : surface par type de sol  $k$  (ha)

$S_r$  : surface disponible par type de technique d'irrigation  $r$  (ha)

$I_r$  : investissement en équipe d'irrigation (ha)

$be_{j,k,r,t}$  : besoins d'eau de l'activité  $j$  dans un type de sol  $k$  avec une technique d'irrigation  $r$  et une technique de production  $t$  (m<sup>3</sup>/ha)

$Q_{s,a}$  : utilisation nette d'eau dans l'état de nature  $s,a$  (m<sup>3</sup>)

$D_s$  : disponibilité brute d'eau dans l'état de nature  $s$  (m<sup>3</sup>)

$h$  : coefficient d'efficacité technique dans la distribution

$bmo_{j,k,r,t}$  : besoins de main-d'œuvre éventuelle de l'activité  $j$  dans un type de sol  $k$  avec une technique d'irrigation  $r$  et une technique de production  $t$  (jours/ha)

$W_{s,a}$  : quantité de main-d'œuvre éventuelle utilisée dans l'état de nature  $s,a$  (jours)

*Les variables de décision du modèle sont les activités de production ( $X_j$ ) qui définissent un type de culture associé à une technique d'irrigation et de production dans un certain type de sol, et l'activité d'investissement en équipement d'irrigation ( $I_r$ ).*

*La disponibilité de ressources et les coefficients techniques utilisés dans le modèle ont été obtenus à partir des sources différentes. Une grande partie des données procède des enquêtes réalisées parmi le personnel de la Communauté d'Irriguants (Sumpsi et al., 1996). Cependant, on a complété et révisé cette information avec diverses sources statistiques.*

*Les prix de produits et des facteurs de production du modèle sont considérés comme connus par l'agriculteur. De cette façon, les seules sources d'incertitude qui vont être pris en compte sont la disponibilité brute d'eau allouée à la Communauté et l'incertitude climatique.*

*a] La fonction objectif*

*Le modèle maximise le revenu espéré de l'exploitation,*

$$Z_{sa} = mb_{j,k,r,t,a} * X3_{j,k,r,t,s,a} - CIRR_{s,a} - CMO_{s,a}$$

Où :

$mb_{j,k,r,t,a}$  : marge brute de l'activité  $j$  avec la technique d'irrigation  $r$  et la technique de production  $t$ , dans un type de sol  $k$  et un type d'année climatique  $a$ .

$CIRR_{s,a}$  : coût de l'irrigation dans l'état de nature  $s,a$ . Ce coût inclut le coût d'utilisation de l'eau d'irrigation et le coût d'utilisation de l'équipe d'irrigation.

$$CIRR_{s,a} = C_x S + C_q Q_{s,a} + C_r S_r + C_{ar} I_r$$

$C_x$  : montant payé par surface irriguée (ptas/ha)

$C_q$  : montant payé par quantité d'eau consommé (ptas/m<sup>3</sup>)

$C_r$  : coût d'utilisation de l'équipement d'irrigation (ptas/ha)

$C_{ar}$  : amortissement de l'investissement en équipement (ptas/ha)

$CMO_{s,a}$  : coût de la main-d'œuvre dans l'état de nature  $s,a$ .

b] Les contraintes

#### **- La contrainte sur la disponibilité d'eau**

Dans la structure du modèle, la contrainte de disponibilité d'eau montre que les exigences de l'eau d'irrigation ne peuvent jamais dépasser la disponibilité d'eau de l'exploitation. Pour déterminer les distributions de probabilité de la dotation brute d'eau, on a utilisé les séries historiques des dotations d'eau de la Communauté d'Irriguants. Cependant, cette méthode de détermination de la distribution de probabilité ne permet pas tenir compte des changements en infrastructure et de la demande d'eau sur une longue période (Hardaker et al. 1997). Ainsi, ces séries peuvent mal expliquer les attentes des agriculteurs. Une approche plus correcte serait d'obtenir la distribution de probabilité à partir des jugements subjectifs des agriculteurs selon la méthode utilisée par Lin et al. (1974). Ces probabilités subjectives permettent de simuler de façon plus réelle le point de vue du décideur individuel. Or, selon l'étude de Blanco (1999), il n'existe pas de différences appréciables entre les valeurs de dotation d'eau optimiste, pessimiste et plus probable manifestées par les usagers et celles obtenues à partir des séries historiques de dotation brute d'eau. On a alors décidé d'appliquer la première méthode, même si elle n'est pas complètement rigoureuse, du fait des restrictions de l'information disponible.

Pour incorporer la distribution continue de probabilité au modèle de programmation linéaire, on doit passer à une distribution discrète qui représente un nombre limité d'états de nature. On a alors utilisé la méthode de la médiane des intervalles (Vinader Zurbano, 1978) et on a sélectionné trois situations différentes.

#### **- Contraintes sur les facteurs de production**

Ces contraintes représentent les disponibilités de terre selon la qualité et l'équipement disponible en irrigation et la main-d'œuvre permanente. On a considéré la disponibilité de main-d'œuvre salariée comme illimitée en distinguant la main-d'œuvre qualifiée et non qualifiée.

#### **- Contraintes de rotation**

Elles représentent les types de rotation pratiqués dans la zone (tournesol, céréales, cultures maraîchères...)

#### **- Contraintes de la PAC**

Il s'agit du gel de terres obligatoire (10%) et de la limitation de la surface semée en blé dur déterminée en fonction de la production historique.

#### **- Observations**

On n'a considéré aucun type de contraintes financières, ce qui nous amène à supposer que l'agriculteur peut toujours financer la campagne agricole dans tous les états de nature.

On n'a pas inclus une contrainte qui représente l'organisation des irrigations. On considère alors que les tours d'irrigation sont suffisamment flexibles pour permettre d'allouer la quantité d'eau disponible pour les cultures lorsque ce sera plus nécessaire.

## **V. Calibration du modèle**

La calibration du modèle permet de vérifier que les résultats obtenus à partir d'une situation initiale s'approchent des résultats observés dans la réalité. Un des principaux problèmes des modèles de programmation est de calibrer les modèles sans abuser des restrictions. Taylor et Howitt (1993) analysent les différentes procédures de calibration des modèles. Dans notre cas, nous avons essayé de représenter de la meilleure façon possible les contraintes physiques, politiques et institutionnelles pour représenter la réalité.

## VI. Définition des scénarios de simulation

Le comportement des agriculteurs a été modélisé dans trois scénarios politiques différents : la PAC 92, l'Agenda 2000 et la politique d'égalisation des aides. Dans ces situations politiques, nous avons simulé l'application d'une politique tarifaire basée sur l'application d'un prix proportionnel à la quantité d'eau consommée. Nous considérons ces scénarios très adéquats à l'heure d'analyser les changements qu'une politique de gestion de l'eau (politique tarifaire) peut entraîner sur l'application de la Politique Agricole Commune et vice-versa. Nous les trouvons aussi très opportuns du fait de l'approbation de la Directive européenne instituant un cadre pour l'action communautaire dans le domaine de l'eau (2000/60/CE). Cette proposition prévoit l'implantation d'un système tarifaire qui permette la récupération des coûts et l'internalisation des coûts environnementaux. La situation initiale, à partir de laquelle nous allons construire les simulations, représente le système tarifaire actuel (tarif par unité de surface) et la structure de prix et paiements compensatoires de la PAC 92. Les différents scénarios simulés sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 8 : Scénarios simulés**

	<b>Structure tarifaire actuelle</b>	<b>Structure tarifaire proportionnelle(ptas/m<sup>3</sup>)</b>
<b>PAC 92</b>	PAC 92 (Situation initiale)	PAC 92 + politique tarifaire
<b>Agenda 2000</b>	Agenda 2000	Agenda 2000 + politique tarifaire
<b>Egalisation</b>	Egalisation	Egalisation + politique tarifaire

*En ce qui concerne les scénarios de politique agricole de la PAC 92 et l'Agenda 2000, nous avons considéré les changements prévus dans la structure des prix et des paiements compensatoires des cultures COP. La nouvelle réforme de la PAC stipule une diminution du prix d'intervention des céréales de 15%. Le tableau suivant montre les différences dans la structure des paiements compensatoires des différents politiques :*

**Tableau 9 : Paiements compensatoires**

<b>Utilisation des terres</b>	<b>Montant institutionnel (PAC 92)</b>	<b>Montant institutionnel (Agenda 2000)</b>	<b>Régionalisation</b>
Céréales (graines et ensilage)	54 €/t	63.0 €/t	Rendement de référence régional en céréales (4.6), avec différenciation possible pour le maïs (9.5) et/ou les superficies irriguées
Oléagineux(colza, tournesol, soja)	94 €/t	63 €/t	Rendement moyen (7.4)
Protéagineux	78 €/t	72.5 €/t	Rendement de référence régional en céréales (4.6)
Graines de lin (non textile)	105 €/t	63 €/t	Rendement de référence régional en céréales (4.6)
Gel de terres	69 €/t	63 €/t	Rendement moyen (7.4)

Source : d'après Commission Européenne (1997), Plan de régionalisation (1999)

Dans la simulation de la politique tarifaire, nous avons prévu 48 niveaux de prix (0,3...315 ptas/m<sup>3</sup>)

# Chapitre 3: Discussion des résultats

## I- Introduction

Dans ce chapitre, nous allons analyser l'ensemble des résultats qui ont été obtenus à partir du modèle utilisé. Etant donné le nombre élevé des simulations (quatre exploitations types) et le volume des résultats (neuf états de nature), les résultats sont présentés au niveau agrégé de la Communauté d'Irriguants et pour les cas les plus représentatifs.

L'agrégation des résultats a été faite sur la base du nombre d'exploitations représentées par chaque exploitation type. Néanmoins, la totalité des résultats obtenus peut se consulter dans les Annexes.

Nous allons diviser la discussion des résultats en cinq parties : une première partie qui analyse les effets d'une politique tarifaire sur le scénario politique de la PAC 92, une deuxième partie où nous allons prévoir les effets des mesures de la nouvelle réforme de la PAC de l'Agenda 2000 sur l'agriculture irriguée, une troisième partie où nous allons comparer les différents résultats de la simulation d'une politique tarifaire sur les deux scénarios politiques : PAC actuelle (réforme 92) et PAC Agenda 2000, la quatrième partie analyse l'application de la directive cadre sur l'eau d'un point de vue de politique tarifaire et finalement la dernière partie étudie les effets de l'application d'une politique agricole consistant en une égalisation des aides des différentes productions agricoles.

Nous allons étudier l'impact de tous ces scénarios sur la demande d'eau, le revenu des agriculteurs, les stratégies des agriculteurs et les recettes du gestionnaire.

## II- Politique tarifaire et PAC 92

### 1. Impact sur la demande de l'eau d'irrigation

L'application d'une politique tarifaire comme outil de rationalisation de l'usage de l'eau et d'amélioration de la gestion de cette ressource doit s'appuyer sur une étude empirique qui permette d'avancer les résultats de cette politique.

Ainsi, il est connu que l'augmentation du prix de l'eau dans une partie inélastique de la demande ne provoquerait pas une épargne d'eau. Par contre, l'application de cette taxe entraînera une perte de rente dans le secteur. Pour cette raison, il est nécessaire d'estimer la courbe de demande de l'agriculture irriguée.

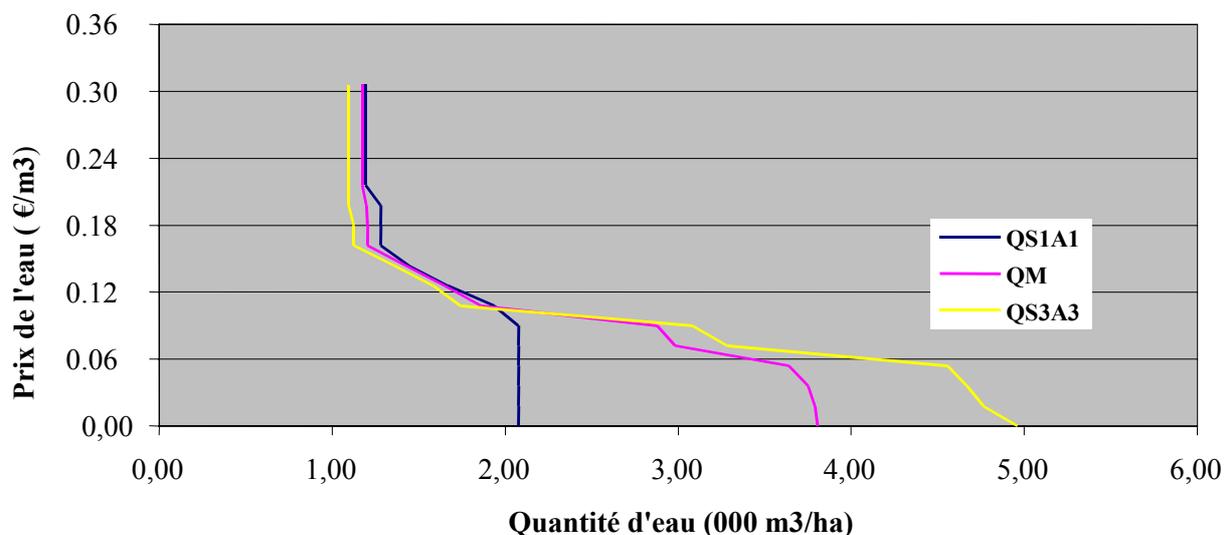
Il est à signaler que les prix simulés représentent des taxes additionnelles qui s'ajoutent aux tarifs qui sont actuellement payés par les agriculteurs. De cette manière, lorsqu'on assigne un prix zéro, on simule la situation actuelle du périmètre irrigué. La structure de la politique que nous allons simuler est une tarification proportionnelle où le prix de l'eau dépend de la quantité réellement consommée.

La consommation d'eau des agriculteurs face à une augmentation progressive du prix de l'eau a été modélisée pour obtenir la courbe de demande. Les résultats obtenus montrent la quantité d'eau consommée pour chaque état de nature.

Cependant, nous avons calculé la valeur moyenne de cette quantité et représenté les courbes de demande nette d'eau pour l'état de nature plus favorable (S3A3), plus défavorable (S1A1) et pour un état moyen.

### Figure 5 : Demande nette d'eau

On s'aperçoit qu'au fur et à mesure que le prix de l'eau augmente, le volume d'eau utilisé dans l'état de

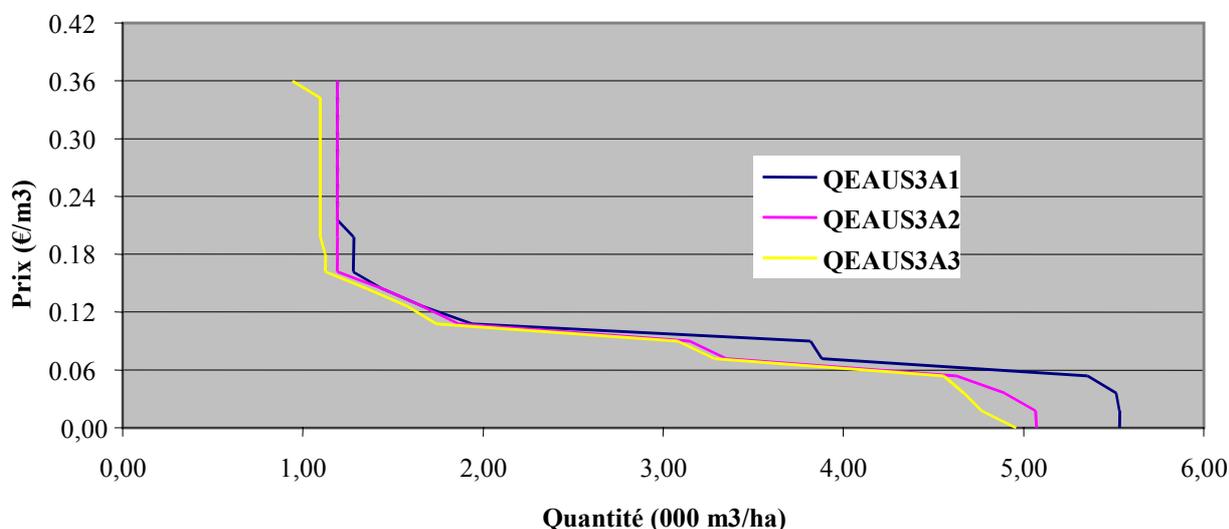


nature le plus favorable (S3A3) diminue progressivement jusqu'à atteindre un prix de 0,16 €/m³. Par contre, dans l'état le plus défavorable (S1A1) la quantité d'eau reste constante à un prix de 0,11 €/m³. Ce résultat montre que la valeur marginale de l'eau est supérieure lorsque l'eau est rare.

Une autre analyse pertinente est de voir comment la demande d'eau varie en fonction des différents états de nature. On s'aperçoit qu'à partir d'une taxe de 0,11 €/m³ la quantité d'eau consommée ne varie plus en fonction de la dotation en eau. A ce niveau de prix, la quantité d'eau utilisée est inférieure à la disponibilité d'eau plus restrictive et à partir de ce point là, le volume d'eau utilisé va dépendre du type d'année climatique. Ainsi, les résultats montrent que pendant les années avec un bon niveau pluviométrique, la quantité d'eau demandée va être inférieure à celle qui sera demandée dans les années ayant un niveau de pluviométrie plus bas. Pour montrer l'influence du type d'année climatique sur la demande d'eau, on représente les courbes de demande pour un niveau déterminé de dotation en eau (S3) :

### Figure 6 : Changement de la demande d'eau en fonction du type d'année climatique

La connaissance de ces niveaux de prix peut être intéressante à l'heure de fixer une taxe qui permette de



prévoir la réponse des agriculteurs même si on ne connaît pas d'une façon certaine la dotation d'eau qui va être délivrée.

Ces résultats montrent que l'établissement d'un prix en fonction du volume d'eau utilisé pourrait avoir un impact très modeste sur la demande d'eau. Ainsi, dans les situations où l'eau est plus abondante, les courbes de demande sont élastiques à partir d'un niveau de prix bas ou moyen. Cependant, dans les situations de pénurie les courbes de demande sont assez inélastiques jusqu'aux niveaux tarifaires hauts. On constate alors qu'avec cet instrument de gestion, on ne pourra pas améliorer les situations de pénurie. La seule voie serait la possibilité de stocker l'eau pendant les années humides pour l'utiliser dans les années sèches.

Le tableau 10 montre cette réflexion :

**Tableau 10 : Impact de la politique tarifaire sur le pourcentage d'épargne d'eau**

Prix (€/m <sup>3</sup> )	QEAU S1A1	QEAU S1A2	QEAU S1A3	QEAU S2A1	QEAU S2A2	QEAU S2A3	QEAU S3A1	QEAU S3A2	QEAU S3A3
0.02	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%
0.04	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	3%	6%
0.05	0%	0%	0%	0%	4%	6%	3%	9%	8%
0.07	0%	0%	0%	11%	21%	23%	30%	34%	34%
0.09	0%	0%	2%	11%	27%	28%	31%	38%	38%
0.11	7%	10%	16%	53%	55%	58%	65%	63%	65%
0.13	20%	20%	24%	60%	60%	62%	70%	67%	68%
0.14	31%	31%	35%	65%	65%	67%	74%	72%	73%
0.16	38%	43%	46%	69%	71%	73%	77%	77%	77%
0.18	38%	43%	46%	69%	71%	73%	77%	77%	77%
0.20	38%	43%	47%	69%	71%	74%	77%	77%	78%
0.22	43%	43%	47%	71%	71%	74%	78%	77%	78%
0.23	43%	43%	47%	71%	71%	74%	78%	77%	78%

Ainsi, pour un prix égal à 0.02 €/m<sup>3</sup>, la réduction de la consommation ne se produirait que dans l'état de nature le plus favorable (S3A3). Même à une taxe de 0.09 €/m<sup>3</sup>, le volume d'eau utilisé ne diminuerait pas dans les états de nature plus restrictifs. C'est avec un prix de 0.11 €/m<sup>3</sup> lorsqu'on constate une épargne d'eau dans tous les états de nature. Le pourcentage d'épargne d'eau est toujours plus important dans les états de nature moins restrictifs en eau.

Or, même si l'objectif principal de la politique tarifaire est d'économiser l'eau, on doit aussi étudier les autres impacts que cette mesure politique pourrait avoir.

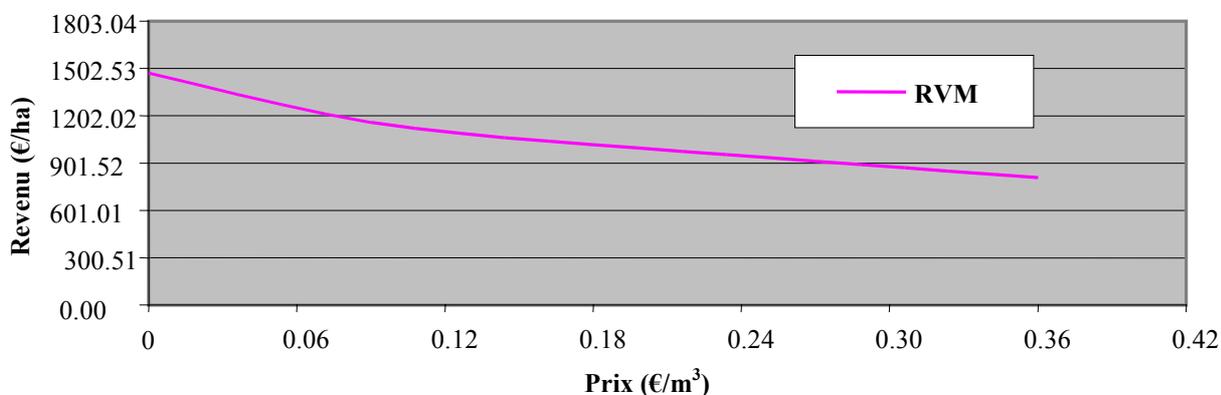
## 2. Impact sur le revenu des agriculteurs

Une politique tarifaire qui augmente le coût de l'eau d'irrigation implique évidemment une perte de rente pour les agriculteurs. Si on regarde la courbe du revenu moyen qui représente tous les états de nature, on constate qu'au fur et à mesure que le prix de l'eau augmente, le revenu espéré diminue. Or, la pente de cette courbe est négative et décroissante. Cela veut dire que la magnitude de cette perte diminue avec la montée du prix.

Par ailleurs, cette perte peut dépendre de l'élasticité de la demande d'eau, des stratégies des agriculteurs et du volume d'eau utilisé. Ainsi, dans la partie inélastique de la courbe de demande d'eau, la perte de revenu de l'agriculteur va dépendre uniquement de la quantité d'eau consommée puisque l'agriculteur ne va suivre aucune stratégie pour épargner l'eau. Dans les parties initiales plus ou moins élastiques de la courbe de demande, la perte de rente dépend du volume d'eau consommée et des stratégies suivies par

l'agriculteur pour épargner l'eau. Les stratégies vont dépendre de l'ensemble de cultures adaptées à la zone, des besoins d'eau de chaque culture et de la marge brute des différents choix.

**Figure 7 : 3: Revenu espéré des agriculteurs**



L'analyse des résultats par état de nature montre que le pourcentage des pertes de revenu est plus important dans les états (S) plus favorables de dotation en eau. Ce résultat confirme le fait que la valeur marginale de l'eau dans les situations de pénurie soit inférieure lorsque l'eau est plus abondante. On constate aussi qu'à partir d'un prix de 0.11 €/m<sup>3</sup>, le revenu de l'agriculteur ne dépend plus de l'état de disponibilité d'eau et le changement de revenu se produit en fonction du type d'année climatique.

**Tableau 11 : Impact de la politique tarifaire sur le pourcentage de perte de revenu des agriculteurs dans les différents états de nature**

Prix (€/m <sup>3</sup> )	RV S1A1	RV S1A2	RV S1A3	RV S2A1	RV S2A2	RV S2A3	RV S3A1	RV S3A2	RV S3A3
0.02	3%	3%	2%	6%	5%	4%	8%	6%	5%
0.04	6%	5%	5%	12%	10%	8%	15%	11%	9%
0.05	9%	8%	7%	18%	14%	12%	23%	17%	14%
0.07	3%	9%	11%	22%	20%	18%	26%	23%	22%
0.09	6%	11%	14%	27%	24%	21%	31%	26%	25%
0.11	7%	13%	17%	29%	27%	26%	32%	29%	30%
0.13	9%	16%	20%	31%	28%	28%	34%	31%	32%
0.14	11%	18%	22%	32%	30%	30%	36%	33%	33%
0.16	14%	19%	23%	34%	32%	31%	37%	34%	35%
0.18	16%	21%	24%	36%	33%	32%	39%	35%	36%
0.20	19%	23%	26%	38%	34%	33%	41%	37%	37%
0.22	21%	24%	27%	40%	36%	35%	43%	38%	38%
0.23	23%	26%	28%	41%	37%	36%	44%	39%	39%

### 3. Impact sur les stratégies des agriculteurs

Le modèle permet de simuler plusieurs stratégies de l'agriculteur face à l'imposition d'un prix supérieur pour l'eau :

1. Changement de la technique de production (techniques de production plus ou moins intensives en eau)
2. Changements de la méthode d'irrigation
3. Changement des cultures irriguées

4. Augmentation de la surface non irriguée
5. Abandon de l'activité

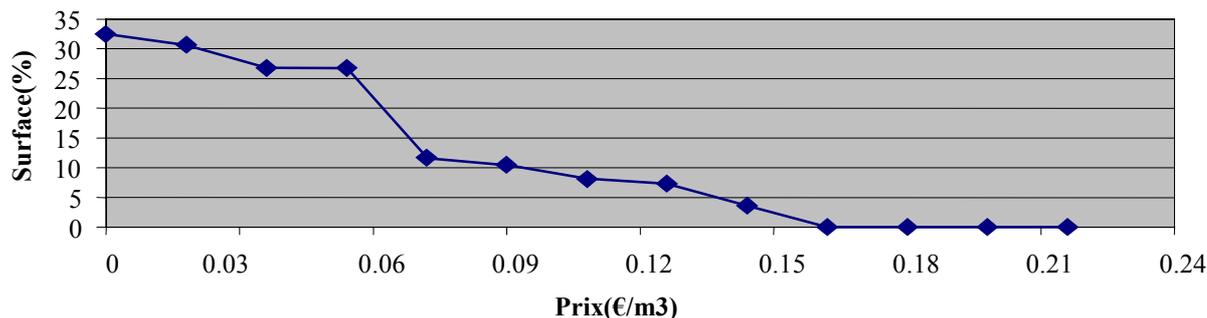
Selon les résultats obtenus, les stratégies dominantes seraient dans un premier temps le changement des cultures très exigeantes en eau (coton, maïs) par des cultures irriguées moins exigeantes (blé, tournesol). Lorsque les prix de l'eau atteignent des niveaux moyens (0.09-0.11 €/m<sup>3</sup>), il se produit un changement important des cultures irriguées par des cultures non irriguées.

On s'aperçoit aussi dans le cas du coton que lorsqu'il s'agit d'un prix de l'eau bas, cette culture est irriguée par gravité et par goutte à goutte. Cependant, au fur et à mesure que le prix augmente, on l'irrigue seulement avec le dernier système. Il faut tenir compte que le modèle de programmation n'inclut pas les nouvelles technologies d'irrigation qui pourraient apparaître dans une situation de hausse des prix.

Une autre stratégie importante face à la hausse des prix est le changement de technique de production. Ainsi, lorsque le prix commence à augmenter, la technique de production des cultures les moins rentables (céréales) se déplace vers des techniques moins intensives en eau. On constate le même changement de technique de production à des prix plus hauts sur les produits maraîchers et les arbres fruitiers.

Etant donné que les stratégies face à la montée des prix sont qualitativement égales dans tous les états de nature, on a choisi une situation déterminée (S2A2) pour représenter les résultats.

**Figure 8: Changement de la surface en coton**



**Figure 9: Changement de la surface en maïs (irrigation)**

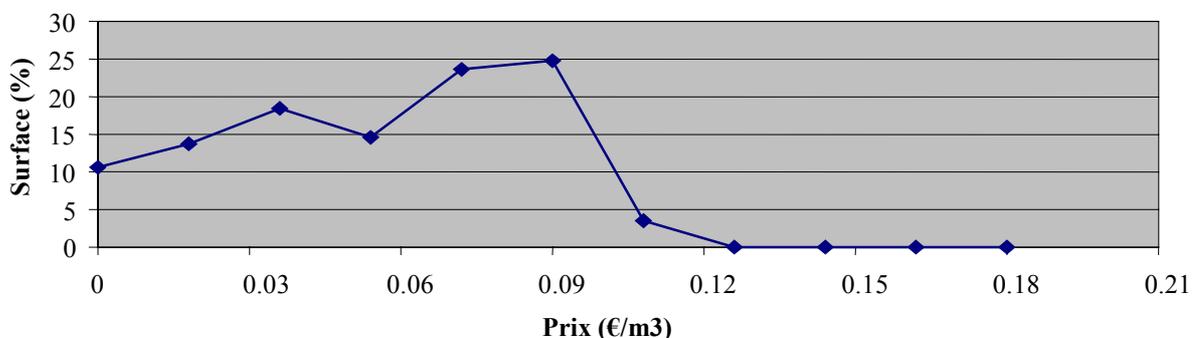


Figure 10 : Changement de la surface en blé dur (irrigation)

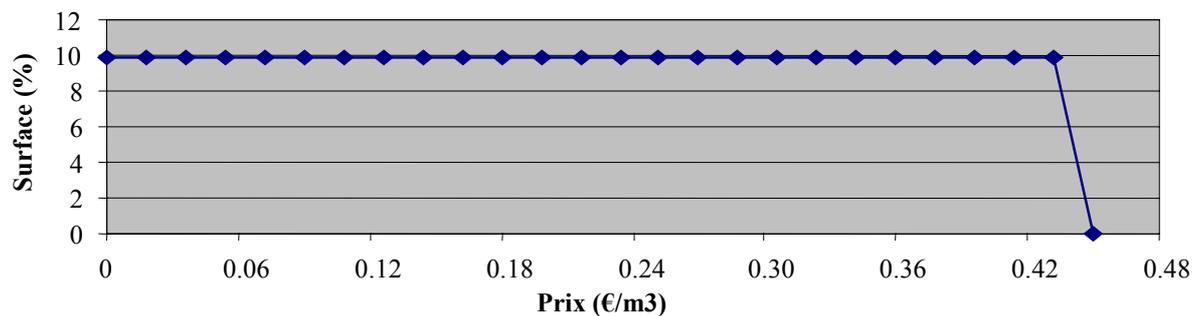


Figure 11 : Changement de la surface en tournesol (irrigation)

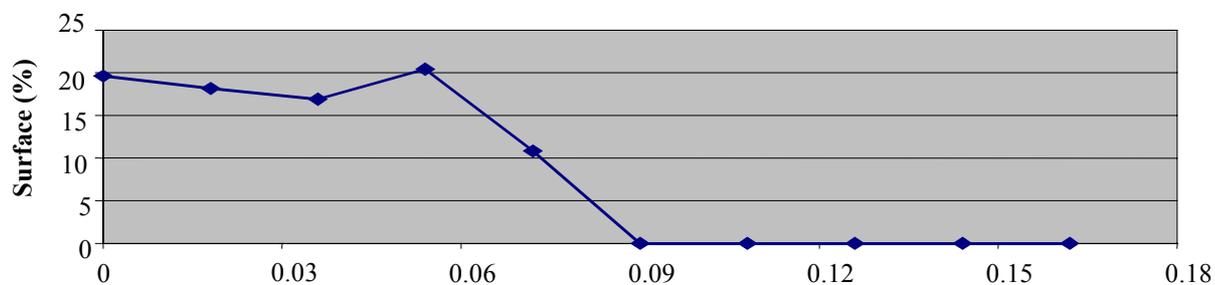
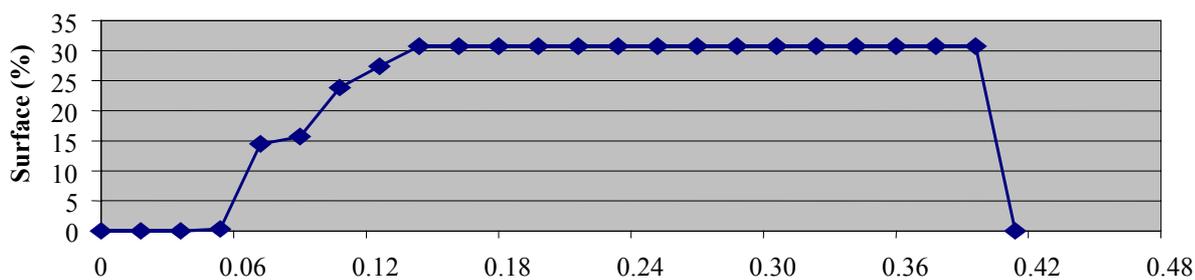
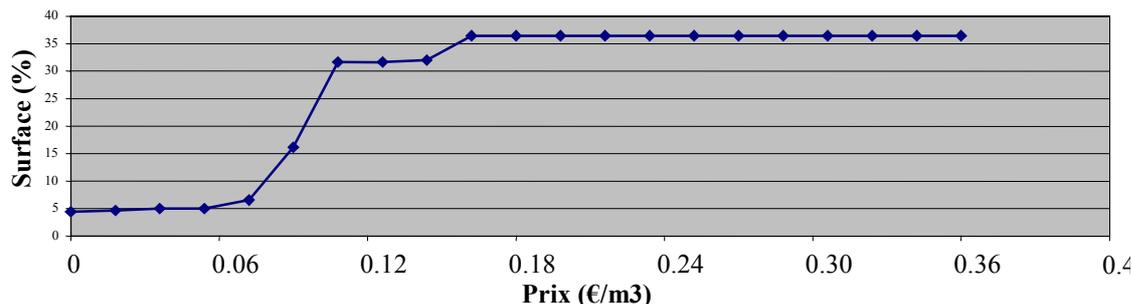


Figure 12 : Changement de la surface en blé (irrigation)



**Figure 13 : Changement de la surface en sec**



On note que la surface irriguée commence déjà à diminuer très lentement à partir d'un prix de 0.02 €/m<sup>3</sup>. Le changement de la surface irriguée par la non irriguée commence à être important à partir de 0.04-0.07€/m<sup>3</sup> jusqu'à une taxe de 0.16 €/m<sup>3</sup> où la distribution de surface se stabilise.

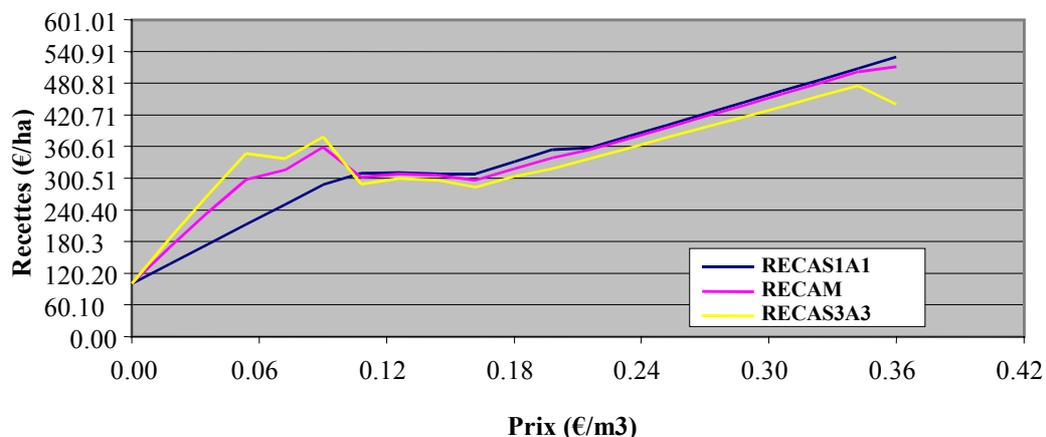
En même temps, il se produit un changement des cultures irriguées. Dans un premier temps, à partir de 0.02 €/m<sup>3</sup>, le maïs commence à occuper la surface du coton. A partir de 0.07 €/m<sup>3</sup>, le blé irrigué commence à remplacer les autres cultures (coton, maïs, tournesol). Les cultures maraîchères supportent des prix très élevés. La disparition de la surface occupée par des cultures maraîchères se produit à des prix très hauts dus à l'importante marge brute que ces cultures possèdent.

Ces résultats nous amènent à affirmer que la réduction de la consommation d'eau se ferait grâce à une extensification de l'agriculture irriguée du périmètre irrigué et à un remplacement des cultures irriguées par des cultures non irriguées. Cela entraînera une sous-utilisation de l'infrastructure d'irrigation déjà construite.

#### 4. Impact sur le budget du gestionnaire

Les recettes du gestionnaire sont équivalentes à l'augmentation du coût de l'eau supportée par les agriculteurs. Les résultats obtenus montrent qu'il y a une relation inverse entre l'élasticité de la courbe de demande et les recettes. Ainsi, les recettes commencent à diminuer lorsque la courbe de demande devient plus élastique. Si on regarde les courbes de la figure 14, on se rend compte que les courbes présentent une alternance de la pente de positive à négative. Ces changements correspondent avec les parties élastiques et inélastiques de la courbe de demande.

**Figure 14 : Recettes du gestionnaire**



D'un point de vue budgétaire, la politique tarifaire ne devrait pas dépasser le niveau de prix à partir duquel la pente de la courbe de recettes change de signe. Ce point coïncide avec le premier maximum de recettes.

Selon la courbe de recettes moyenne calculée à partir des résultats obtenus dans les neuf états de nature, ce niveau correspond à 0.09 €/m<sup>3</sup>, avec une recette de 360.31 €/ha. Ce maximum de recettes correspond à la perte d'un revenu agricole plus sévère (21%) et à une épargne d'eau de 24%. Si on fait la même analyse mais en spécifiant selon les différentes situations, on aperçoit que ce niveau varie en fonction de la disponibilité d'eau. Ainsi, dans l'état où la disponibilité d'eau est plus limitée (S1), ce niveau se fixe en 0.13 €/m<sup>3</sup>, et dans l'état le plus favorable (S3), le prix descend à 0.05 €/m<sup>3</sup>. Ce résultat est parfaitement logique du fait que la courbe de demande des états les plus défavorables est plus inélastique.

**Tableau 12 : Impact de la politique tarifaire sur le budget du gestionnaire dans les différents états de nature (€/ha)**

Prix (€/m <sup>3</sup> )	Recette S1A1	Recette S1A2	Recette S1A3	Recette S2A1	Recette S2A2	Recette S2A3	Recette S3A1	Recette S3A2	Recette S3A3
0	101.03	101.03	101.03	101.03	101.03	101.03	101.03	101.03	101.03
0.02	138.47	138.47	138.47	175.92	175.92	175.92	200.80	192.32	186.91
0.04	175.92	175.92	175.92	250.80	250.80	248.76	299.91	277.55	269.37
0.05	213.36	213.36	213.36	325.69	315.77	312.11	390.72	351.17	347.51
0.07	250.80	250.80	250.80	366.80	336.33	331.40	380.86	342.70	337.83
0.09	288.25	288.25	285.36	432.61	375.69	369.62	445.29	384.77	378.70
0.11	310.42	302.85	289.21	310.42	302.85	289.21	310.42	302.85	289.21
0.13	311.38	311.38	300.75	311.38	311.38	300.75	311.38	311.38	300.75
0.14	309.16	309.16	296.96	309.16	309.16	296.96	309.16	309.16	296.96
0.16	308.74	294.32	283.32	308.74	294.32	283.32	308.74	294.32	283.32
0.18	331.82	315.77	303.57	331.82	315.77	303.57	331.82	315.77	303.57
0.20	354.90	337.23	318.24	354.90	337.23	318.24	354.90	337.23	318.24
0.22	358.74	358.74	337.95	358.74	358.74	337.95	358.74	358.74	337.95
0.23	380.20	380.20	357.72	380.20	380.20	357.72	380.20	380.20	357.72

De la même manière qu'on distinguait deux parties dans les résultats concernant la demande d'eau et le revenu des agriculteurs, on réalise qu'à partir de 0.11 €/m<sup>3</sup> les recettes ne dépendent plus du niveau de dotation en eau, et que par contre, elles vont seulement changer en fonction des types climatiques. Ainsi, dans cette deuxième partie, logiquement, les recettes vont être supérieures dans les états de nature climatiques les plus défavorables puisque dans ces cas l'utilisation d'eau augmente.

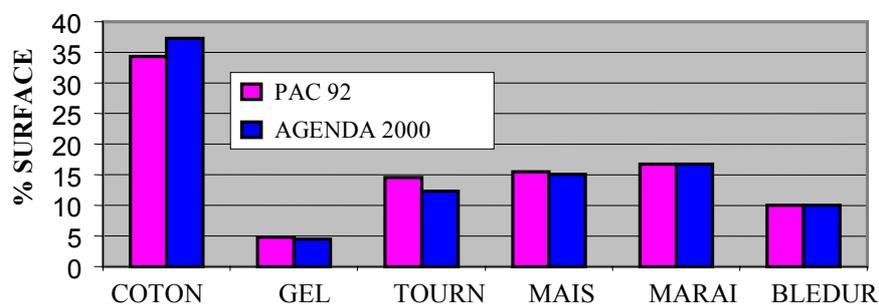
Une autre remarque intéressante est le fait qu'à partir d'une taxe de 0.18 €/m<sup>3</sup> et pendant les parties inélastiques de la courbe de demande, on constate que la magnitude des recettes est égale à la perte de rente de l'agriculteur. Cela veut dire que l'agriculteur à partir d'un certain niveau de prix n'est plus capable d'adapter sa stratégie de choix de cultures à la hausse des prix.

### III- L'Agenda 2000 et l'agriculture irriguée

Nous allons simuler l'impact que pourrait avoir l'application des mesures prévues dans la réforme de la PAC de l'Agenda 2000 sur le périmètre irrigué objet d'étude. Nous avons introduit les changements prévus sur les paiements compensatoires et les prix des cultures COP. Cela permet de montrer quels seront les effets sur la rentabilité relative des cultures. Dans cette simulation, nous n'avons pas considéré une politique de gestion tarifaire et le prix de l'eau reste égal à zéro (situation actuelle).

Les résultats montrent que la distribution des cultures et le revenu agricole changent par rapport au scénario de politique agricole simulé. La quantité d'eau utilisée et les recettes du gestionnaire restent par contre invariables.

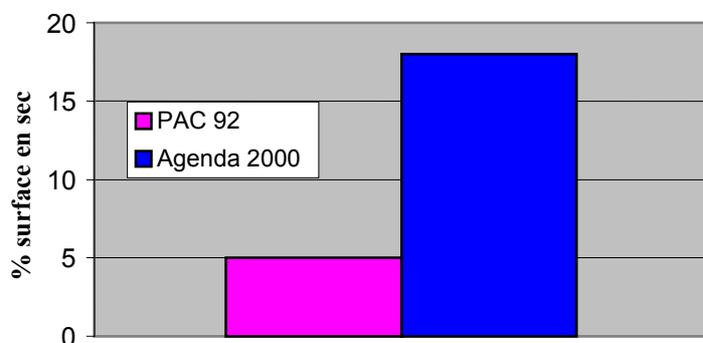
**Figure 15 : Distributions des cultures dans les deux scénarios politiques**



Le graphique montre une diminution de la surface en tournesol (2.33%), de la surface en maïs (0.41%) et du gel de terres (0.29%). En revanche, la surface en coton augmente (3%). Les surfaces en blé dur et des cultures maraîchères restent constantes. Il est à signaler que ces résultats représentent la surface totale des cultures, réunissant la surface irriguée et non irriguée.

Si on représente la variation de la surface en sec (figure IV-12), on note que le pourcentage de surface non irriguée est plus important dans le scénario Agenda 2000. Cette différence provient de la diminution de la rentabilité du tournesol qui devient une culture en sec. En dépit de l'augmentation de la surface non irriguée, la quantité d'eau utilisée reste constante. Ce fait est dû à l'augmentation de la surface en coton.

**Figure 16 : Changement de la surface en sec**



On note aussi une diminution du revenu moyen agricole de 3 %. De plus, cette perte de revenu est plus importante dans les états de nature plus défavorables. Ainsi, on remarque que pour l'état de nature S1A1, le revenu descend de 6.14 % face à 1,56 % dans l'état plus avantageux S3A3.

#### **IV. Politique tarifaire et Agenda 2000.**

Dans cette partie, nous allons comparer les résultats obtenus à partir de la simulation de l'application d'une politique tarifaire dans les deux scénarios de politique agricole : la PAC 92 et l'Agenda 2000.

Cette comparaison va nous permettre d'étudier l'influence des politiques agricoles sur les politiques de gestion de l'eau d'irrigation.

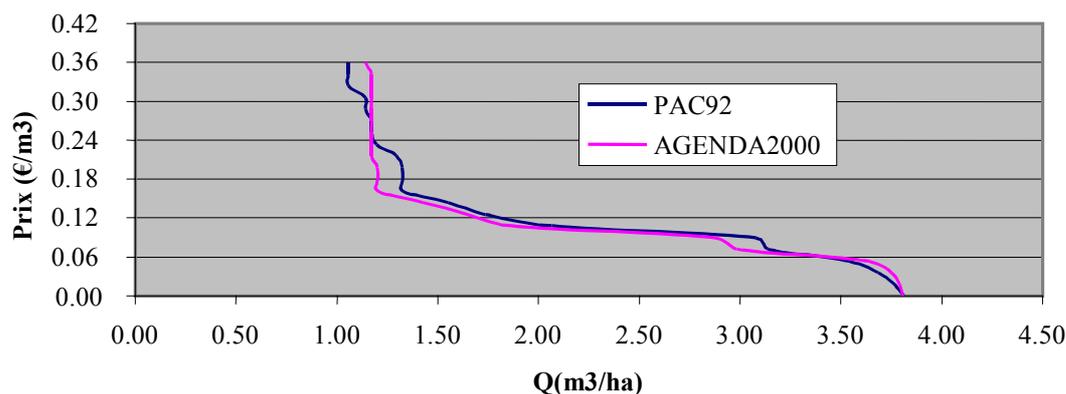
## 1. Impact sur la demande d'eau

La représentation des courbes de demande moyennes dans les deux scénarios politiques montre que la courbe de demande de l'Agenda 2000 reste élastique pendant un intervalle de prix plus large. Ainsi, au fur et à mesure que le prix de l'eau augmente, la quantité d'eau utilisée diminue jusqu'à atteindre un prix de 0.25 €/m<sup>3</sup> tandis que la courbe de demande qui représente le scénario de la PAC actuelle devient inélastique à partir d'un prix de 0.16 €/m<sup>3</sup>.

La comparaison des taux d'épargne d'eau amène à distinguer trois intervalles de prix :

- 0-0.05 €/m<sup>3</sup> : Pendant cet intervalle, l'utilisation de l'eau est plus importante dans le scénario politique de la PAC 92. Le taux d'économie est par contre supérieur dans le scénario Agenda 2000.
- 0.05-0.23 €/m<sup>3</sup> : Dans le scénario Agenda 2000, le volume d'eau utilisé est supérieur et l'épargne d'eau inférieure.
- 0.23-0.54 €/m<sup>3</sup> : La situation change et la consommation d'eau est plus importante dans le scénario PAC 92.

Figure 17 : Comparaison des courbes de demande



Si on fait une analyse en considérant les différents états de nature, on confirme que dans les états les plus déficitaires en eau (S1) la courbe de demande d'eau dans le scénario Agenda 2000 est par contre plus inélastique que celle de la PAC 92.

En plus de ces effets, on peut dire que le changement de Politique Agricole aggrave encore plus la possibilité d'économiser l'eau dans les situations de pénurie.

**Tableau 13 : Impact de la politique tarifaire sur le taux d'épargne d'eau (scénario Agenda 2000)**

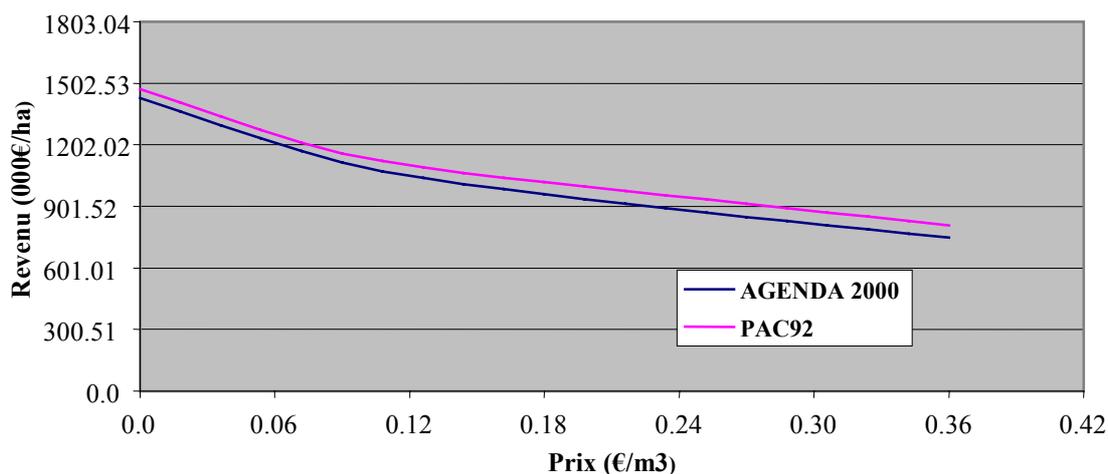
Prix (€/m <sup>3</sup> )	QEAU S1A1	QEAU S1A2	QEAU S1A3	QEAU S2A1	QEAU S2A2	QEAU S2A3	QEAU S3A1	QEAU S3A2	QEAU S3A3
0.02	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	3%
0.04	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	8%	7%
0.05	0%	0%	0%	0%	0%	1%	16%	15%	16%
0.07	0%	0%	0%	14%	14%	15%	31%	26%	27%
0.09	0%	0%	0%	14%	14%	15%	35%	29%	30%
0.11	0%	0%	20%	47%	47%	58%	61%	57%	65%
0.13	16%	16%	20%	58%	58%	60%	68%	65%	67%
0.14	25%	25%	29%	62%	62%	64%	72%	69%	71%
0.16	32%	37%	40%	66%	68%	70%	75%	74%	75%
0.18	32%	37%	40%	66%	68%	70%	75%	74%	75%
0.20	32%	37%	41%	66%	68%	71%	75%	74%	76%
0.22	37%	37%	41%	68%	68%	71%	76%	74%	76%
0.23	41%	41%	46%	71%	71%	73%	78%	76%	78%

On peut aussi vérifier qu'à partir d'un prix de 0.13 €/m<sup>3</sup>, le volume d'eau utilisé ne dépend plus du niveau de dotation d'eau. Ce niveau de prix est plus élevé que ce qu'on avait obtenu dans la simulation du scénario de la PAC actuelle. Cette différence provient du fait déjà commenté que le taux d'épargne dans le scénario Agenda 2000 est inférieur au taux d'épargne de la PAC actuelle à partir de 0.05 €/m<sup>3</sup>. Ainsi, la diminution plus lente de la quantité d'eau consommée fait qu'on arrive dans tous les états de nature à un niveau d'eau plus restrictif à un prix plus haut.

## 2. Impact sur le revenu des agriculteurs

La politique tarifaire simulée dans le scénario politique de l'Agenda 2000 a évidemment le même effet réducteur du revenu agricole que dans le scénario de la PAC actuelle. La pente de la courbe est, elle aussi, dans ce cas négative et décroissante (figure IV-14)

**Figure 18 : Comparaison des courbes de revenu**



La comparaison du taux moyen de pertes permet de constater que le pourcentage de pertes est toujours supérieur dans le scénario de l'Agenda 2000. On peut alors dire que l'impact de la politique tarifaire sur le revenu des agriculteurs est plus négatif dans le scénario Agenda 2000. Ce fait est dû à la réduction de la

marge brute des cultures COP qui limite les possibles stratégies des agriculteurs face à l'accroissement des prix.

De la même manière que dans le cas de la demande, à partir d'un prix de l'eau de 0.13 €/m<sup>3</sup> le revenu de l'agriculteur ne dépend que de la nature de l'année climatique.

**Tableau 14 : Impact de la politique tarifaire sur la perte du revenu (scénario Agenda 2000)**

Prix (€/m3)	RV S1A1	RV S1A2	RV S1A3	RV S2A1	RV S2A2	RV S2A3	RV S3A1	RV S3A2	RV S3A3
0.02	4%	3%	2%	6%	5%	4%	8%	6%	5%
0.04	8%	5%	5%	12%	9%	8%	16%	11%	10%
0.05	12%	8%	7%	18%	14%	12%	22%	17%	16%
0.07	15%	10%	9%	22%	19%	18%	27%	22%	21%
0.09	19%	12%	11%	27%	23%	21%	32%	26%	25%
0.11	7%	14%	18%	29%	27%	27%	33%	31%	31%
0.13	8%	16%	21%	31%	30%	30%	35%	33%	34%
0.14	11%	18%	23%	33%	32%	32%	37%	35%	36%
0.16	13%	20%	25%	35%	34%	34%	39%	37%	37%
0.18	16%	22%	26%	37%	35%	35%	41%	38%	38%
0.20	19%	24%	28%	39%	37%	36%	43%	40%	40%
0.22	22%	26%	29%	41%	38%	37%	45%	41%	41%
0.23	25%	28%	30%	43%	40%	38%	47%	43%	42%

### 3. Impact sur les stratégies des agriculteurs

Les résultats sur les stratégies suivies par les agriculteurs face à une hausse du prix de l'eau dans le scénario politique de l'Agenda 2000 montrent les mêmes tendances que celles qu'on avait obtenues dans le scénario PAC 92. Ainsi, en général, il y a un changement des techniques de production vers des techniques moins intensives en eau, un changement du système d'irrigation, un remplacement des cultures exigeantes en eau (coton, maïs) par des cultures moins exigeantes (blé) et une diminution de la surface irriguée. Néanmoins, même si les tendances d'adaptation à la hausse de prix sont similaires dans les deux scénarios, on trouve des différences quantitatives en ce qui concerne le changement de la surface cultivée. Ces divergences peuvent être appréciées dans les graphiques suivants :

**Figure 19 : Changement de la surface en coton**

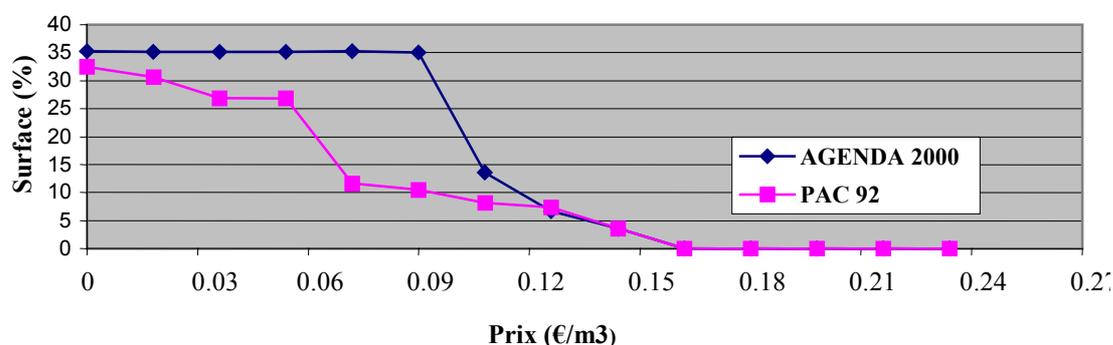


Figure 20 : Changement de la surface en maïs

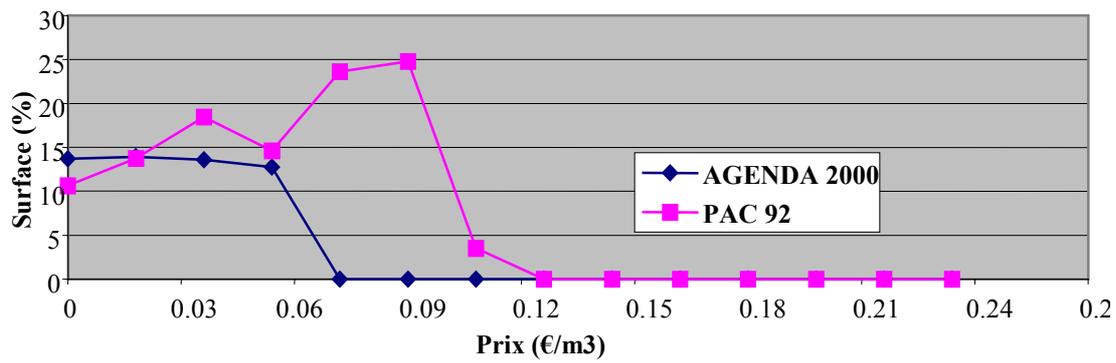


Figure 21 : Changement de la surface en blé dur (irrigation)

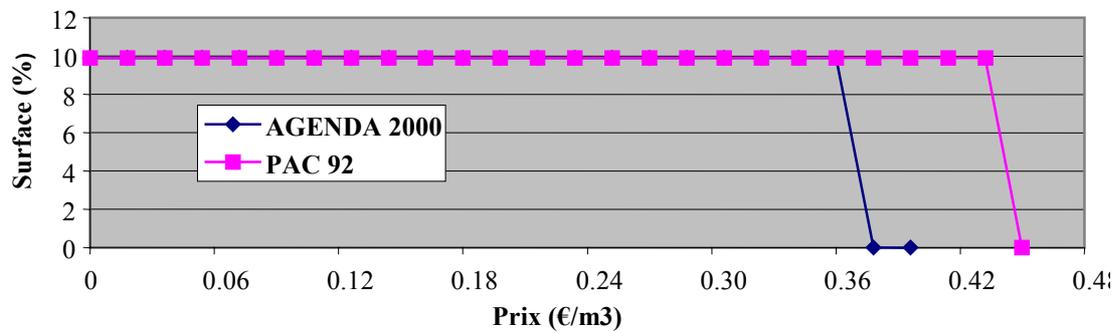


Figure 22 : Changement de la surface en tournesol (irrigation)

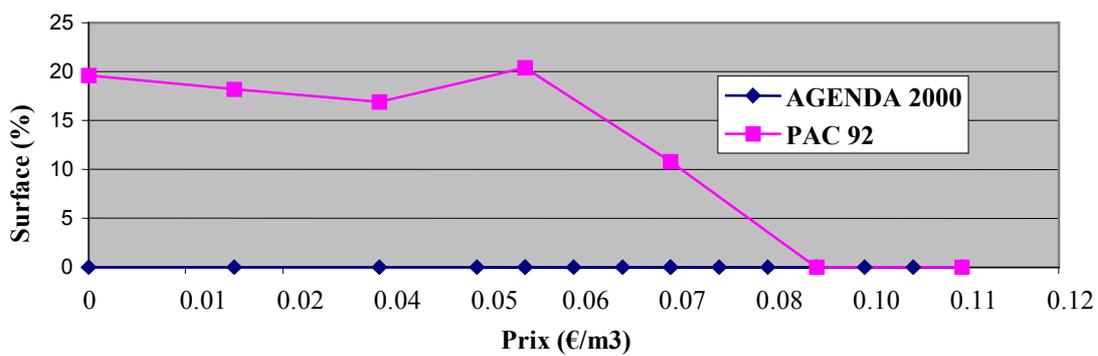


Figure 23 : Changement de la surface en blé (irrigation)

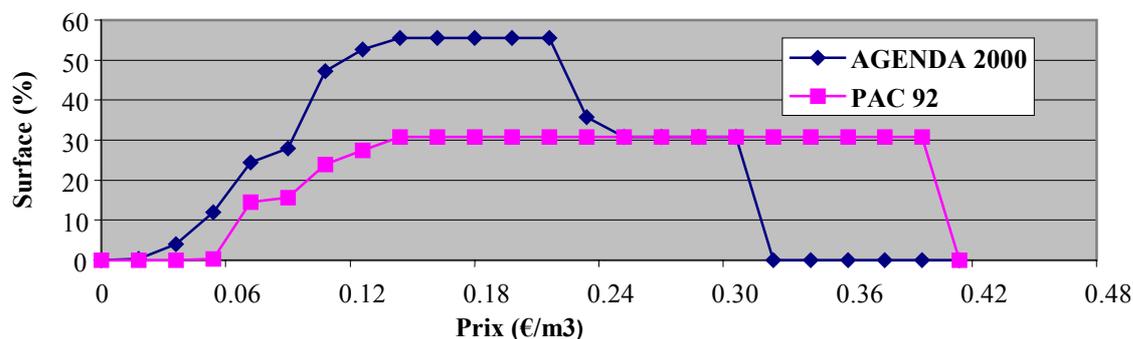
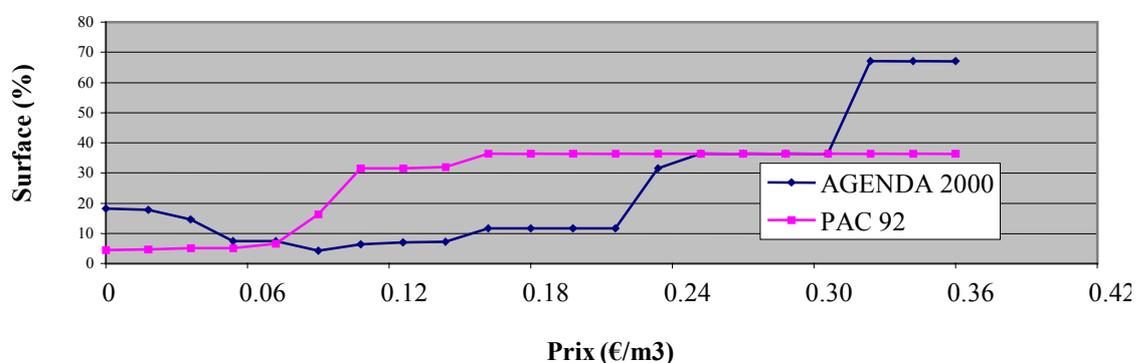


Figure 24 : Changement de la surface en sec



Les différences des stratégies suivies par les agriculteurs dans les deux scénarios de politique agricole sont ensuite analysées :

- La surface en **coton** est toujours supérieure dans le scénario de l'Agenda 2000 jusqu'à un prix de 0.13 €/m<sup>3</sup> où les pourcentages des deux surfaces s'égalent pour disparaître à un prix de 0.16 €/m<sup>3</sup>. Un autre aspect important est que la surface en coton dans le scénario Agenda 2000 supporte sans varier la hausse du prix jusqu'à un prix de 0.09 €/m<sup>3</sup>. A partir de ce niveau, la surface commence à diminuer assez rapidement. La plus grande résistance de la culture du coton à la hausse du prix provient de la réduction de la rentabilité des cultures comme le maïs ou le tournesol. Ainsi, les changements de la politique agricole limitent les stratégies des agriculteurs face à l'augmentation des prix.
- La réduction de la rentabilité de la culture du **maïs** dans le nouveau scénario politique provoque une diminution de la culture plus brusque et accélère sa disparition. Ainsi, la surface destinée au maïs irrigué dans le scénario Agenda 2000 disparaît lorsque le prix atteint 0.07 €/m<sup>3</sup>. Par contre, dans le scénario PAC 92, cette disparition se produit à un prix de 0.13 €/m<sup>3</sup>.
- De la même manière, la réduction de la rentabilité du **blé dur** dans le scénario Agenda 2000 diminue la résistance de cette culture à l'accroissement des prix. Ainsi la disparition de cette culture se produit à un prix de 0.38 €/m<sup>3</sup>.
- La surface en **blé irrigué** dans le scénario Agenda 2000 augmente plus rapidement et est toujours supérieure à celle du scénario PAC 92 jusqu'à un prix de 0.25 €/m<sup>3</sup> où les deux surfaces s'égalent. La réduction de la marge brute du tournesol occasionne une plus grande utilisation du blé irrigué comme culture stratégique. L'augmentation de la surface en blé s'accélère surtout à partir de 0.09 €/m<sup>3</sup> ce qui est dû à la disparition du maïs et à la diminution du coton. En dépit de cette croissance, la surface en

blé dans le scénario Agenda 2000 disparaît à un prix inférieur à celui du scénario PAC 92. Cela montre que la rentabilité de cette culture dans la nouvelle PAC a aussi diminué.

- Pour ce qui est la **surface en sec**, la comparaison des deux courbes amène à la distinction de quatre intervalles de prix :
  - 0-0.05 €/m<sup>3</sup> : la surface en sec dans le scénario Agenda 2000 est plus importante. De plus, on observe une augmentation de la surface irriguée suite à l'accroissement des prix, provoquée par l'augmentation de la surface en blé qui se substitue au maïs. Il se produit donc une extensification de l'agriculture irriguée.
  - 0.05-0.25 €/m<sup>3</sup> : la surface en sec est supérieure dans le scénario PAC 92. Ce fait est dû à la plus grande marge du tournesol qui permet d'exploiter cette culture en sec ; cette stratégie répond à la hausse du prix de l'eau.
  - 0.25-0.43 €/m<sup>3</sup> : la surface non irriguée dans le scénario Agenda 2000 augmente brusquement du fait de la disparition du blé irrigué.
  - A partir de 0.43 €/m<sup>3</sup> la surface irriguée qui reste dans les deux scénarios est occupée par les cultures maraîchères et les arbres fruitiers. La marge de ces dernières cultures ne change pas par rapport au scénario politique. Ceci amène à une uniformisation de l'évolution de la surface en sec.

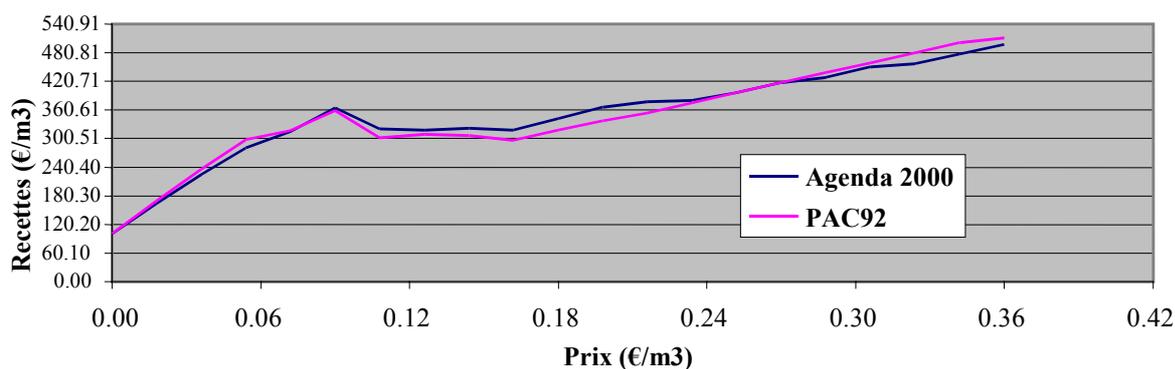
En général, dans le scénario Agenda 2000, les possibilités de remplacement des cultures pour faire face à l'augmentation des prix diminuent. Cela est dû à la réduction de la rentabilité des cultures moins exigeantes en eau (tournesol) qui pourraient agir comme cultures stratégiques.

#### 4. Impact sur le budget du gestionnaire

La courbe des recettes moyennes du scénario Agenda 2000 confirme que le niveau de prix qu'on ne doit pas dépasser d'un point de vue budgétaire se situe à 0.09 €/m<sup>3</sup> avec une recette de 364.93 €/ha.

Ce niveau de prix coïncide avec ce qu'on avait estimé dans le scénario de la PAC actuelle. Cependant, les recettes sont supérieures parce qu'à ce niveau de prix la quantité d'eau utilisée dans le scénario de l'Agenda 2000 est supérieure à celle de la PAC actuelle.

**Figure 25 : Comparaison des courbes des recettes**



A ce point maximum de recettes, la situation générale est exposée dans le tableau suivant :

**Tableau 15 : Impacts sur l'épargne d'eau, le revenu des agriculteurs et les recettes du gestionnaire (Prix=0.09 €/m<sup>3</sup>)**

	<b>PAC 92</b>	<b>Agenda 2000</b>
<b>Quantité d'eau utilisée(000 m<sup>3</sup>)</b>	2.88	3.08
<b>Epargne d'eau (%)</b>	24.41	19.16
<b>Revenu (€/ha)</b>	1160.91	1117.10
<b>Perte du revenu (%)</b>	21	21.96
<b>Recettes (€/ha)</b>	360.31	364.93

Ce tableau montre que l'impact d'une politique tarifaire varie en fonction du scénario de la politique agricole. Ainsi, à ce niveau de prix et d'un point de vue budgétaire, la politique tarifaire serait un peu plus efficace dans le scénario de l'Agenda 2000. Cependant, en ce qui concerne l'épargne d'eau et la perte de revenu, les effets de la politique tarifaire sont plus positifs dans le scénario PAC 92.

## **V- L'application de la directive cadre sur l'eau**

L'eau constitue une des principales inquiétudes des politiques en matière d'environnement dans la Communauté Européenne. Le pilier principal des politiques de l'eau est la directive établissant un cadre pour une action communautaire dans le domaine de la politique de l'eau (ou directive-cadre sur l'eau). Cette directive promeut l'utilisation de la tarification et de redevances pour inciter les usagers à utiliser les ressources en eau d'une manière plus durable et pour **recouvrer les coûts des services de l'eau** par secteur économique. Ainsi, les politiques de tarification de l'eau devront prendre en considération les coûts financiers (directs) de la fourniture des services de l'eau ainsi que les coûts environnementaux et de la ressource. Enfin, les prix doivent être liés aux quantités d'eau utilisées ou à la pollution produite pour inciter les usagers à mieux utiliser l'eau et à réduire leur pollution.

Etant donné que malgré les progrès réalisés au cours des dernières années, l'évaluation des coûts environnementaux et de la ressource reste difficile, les coûts que nous avons pris en compte à l'heure d'estimer le niveau tarifaire qui recouvre les services de l'eau sont les coûts d'exploitation et d'entretien, ainsi que les coûts en capital.

Nous avons considéré trois scénarios différents au moment de déterminer un niveau de prix. L'information sur les différents coûts financiers a été obtenue à partir des sources statistiques spécifiques de la Communauté d'Irriguants.

- **Scénario 1** : étant donné que la Communauté d'Irriguants sélectionnée est très ancienne (1958), nous considérons que les politiques de tarification de l'eau devront uniquement prendre en considération **les coûts financiers d'exploitation et d'entretien** (on considère alors que les coûts de capital ont été déjà remboursés).

Coût d'exploitation : 102.17 €/ha

Coût d'entretien : 57.10 €/ha

**Coût financier : 159.27 €/ha**

- **Scénario 2** : on considère que des travaux de réhabilitation et de modernisation des systèmes hydriques ont été faits dans la Communauté grâce à une subvention de l'Etat de 40%. Comme résultat de l'amélioration des infrastructures hydrauliques, l'efficacité technique des systèmes de conduction a augmenté de 20%. Dans ce cas, il faut tenir compte des **coûts financiers d'exploitation, d'entretien et de capital** (amortissement du capital et paiement des intérêts).

Coût d'exploitation : 102.17 €/ha  
 Coût d'entretien : 57.10 €/ha  
 Coût de capital (40% subvention) : 68.64 €/ha

**Coût financier :** **227.91 €/ha**

- **Scénario 3** : les travaux de réhabilitation et modernisation ont été faits sans subventions de l'Etat. La politique tarifaire doit recouvrer les coûts financiers d'exploitation, d'entretien et de capital.

Coût d'exploitation : 102.17 €/ha  
 Coût d'entretien : 57.10 €/ha  
 Coût de capital : 114.19 €/ha

**Coût financier :** **171.21 €/ha**

Le tableau suivant montre les différents niveaux de prix qui résultent de chaque situation et les effets de la politique tarifaire sur la rente des agriculteurs et l'épargne d'eau.

**Tableau 16 : Effets de l'application de la Directive-cadre sur l'eau**

Scénario	Prix de l'eau	Utilisation d'eau (indice)	Niveau de rente (indice)
Actuel	0	100	100
Scénario 1	3	86.4	95.3
Scénario 2	5	98.39	96
Scénario 3	7	97.9	92.42

Les résultats montrent que la plus grande réduction dans l'**utilisation de l'eau** se produit dans le scénario 1, bien que le prix de l'eau soit le plus bas. Ceci est dû au fait que dans ce scénario 1, il n'existe aucun travail de réhabilitation des systèmes hydriques, et l'efficacité technique est inférieure à celle des autres scénarios. En ce qui concerne la **perte du revenu agricole**, le scénario le plus avantageux est le scénario 2 parce que la montée du prix est compensée par l'augmentation de l'efficacité technique du système de distribution. En outre, la **perte de revenu** est plus sévère dans le scénario 3 où le prix de l'eau est le plus élevé.

## VI- L'égalisation des aides

Dans cette partie, nous avons essayé de simuler un cadre de politique agricole où les aides destinées à la production agricole soient complètement déconnectées du niveau de production. Pour cela, nous avons estimé un niveau de subvention unique que nous allons appliquer aux différentes productions. Pour le calcul de la subvention moyenne, nous avons considéré comme hypothèse que la Communauté d'Irriguants va recevoir la même quantité d'aides que celles du scénario de l'Agenda 2000. De cette façon, ce changement ne va pas impliquer une perte dans le pourcentage de la rente des agriculteurs provenant des subventions agricoles, et par contre ceci va signifier une variation dans les choix de cultures en fonction des rendements et des différents coûts de production. Une fois que nous avons calculé l'aide par ha qui est reçue actuellement dans la communauté, nous introduisons cette valeur dans le modèle. Les résultats montrent que dans cette nouvelle situation les différentes exploitations-types reçoivent pratiquement le même volume d'aides. Cependant, il est intéressant d'étudier quelles seront les implications de cette nouvelle politique sur la demande d'eau, le revenu des agriculteurs et le choix des

cultures. Il est aussi pertinent de déterminer quels seront les possibles effets de l'application conjointe d'une politique d'égalisation des aides et d'une politique tarifaire.

Pour cela, nous avons scindé la discussion des résultats de cette partie en deux sous-parties :

1. Egalisation des aides sans politique tarifaire
2. Egalisation des aides et politique tarifaire

Finalement, il faut ajouter que l'analyse des résultats a été faite par rapport au scénario politique actuel de l'Agenda 2000.

## 1. La politique d'égalisation des aides .

La comparaison des valeurs de la demande d'eau, le revenu des agriculteurs et les stratégies des agriculteurs sont présentés dans les tableaux suivants.

**Tableau 17 : Impact des politiques agricoles sur la demande d'eau et le revenu des agriculteurs**

	Agenda 2000	Egalisation des aides
QEAU (000 m <sup>3</sup> /ha)	3.81	3.22
RV (€/ha)	1431.37	1481.55
Subventions (000 €)	2455.59	2640.82

**Tableau 18 : Impact des politiques agricoles sur les stratégies des agriculteurs (% surface)**

	Agenda 2000	Egalisation des aides
Coton	35	35
Maïs	14	0
BLED	10	10
BLER	0	28
TOUR	0	0
SEC	18	4

Les résultats montrent que l'application d'une subvention unique pour toutes les cultures entraîne une diminution du volume d'eau demandé et une augmentation du revenu agricole.

Cette différence est due au changement des cultures et surtout au remplacement du maïs par le blé, production moins consommatrice en eau. De plus, il se produit une augmentation de la surface irriguée. Comme conséquence, on peut dire que cette nouvelle politique agricole incite à une extensification de l'utilisation de l'eau dans agriculture et une spécialisation de la production agricole vers le blé.

## 2. L'application de l'égalisation des aides et de la politique tarifaire

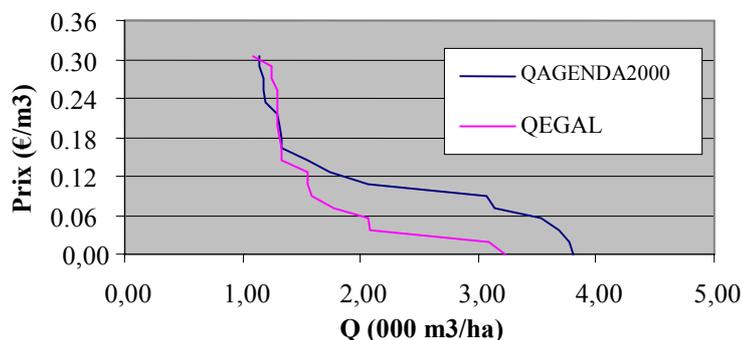
### A. Impact sur la demande d'eau

La représentation des courbes de demande moyennes obtenues par la simulation des deux scénarios politiques montre que la courbe de demande de l'Agenda 2000 reste moins élastique que celle de l'égalisation des aides jusqu'à un prix de 0.13 €/m<sup>3</sup>.

A partir de ce prix, c'est par contre la courbe de l'Agenda 2000 qui devient la plus élastique.

En outre, la quantité d'eau utilisée dans l'agriculture est toujours supérieure dans le cadre de l'Agenda 2000 jusqu'à ce qu'on atteigne un prix de 0.16 €/m<sup>3</sup> où les volumes d'eau deviennent égaux.

**Figure 26: Comparaison des courbes de demande**



De la même manière que dans le cas de la demande, à partir d'un prix de l'eau de 0.07 €/m<sup>3</sup>, le revenu de l'agriculteur ne dépend que de la nature de l'année climatique.

**Tableau 19 : Impact de la politique tarifaire sur le taux d'épargne d'eau (scénario égalisation des aides)**

Prix (€/m <sup>3</sup> )	QEAU S1A1	QEAU S1A2	QEAU S1A3	QEAU S2A1	QEAU S2A2	QEAU S2A3	QEAU S3A1	QEAU S3A2	QEAU S3A3
0.02	0%	0%	0%	12%	0%	0%	14%	2%	1%
0.04	0%	0%	2%	48%	42%	43%	51%	43%	44%
0.05	0%	0%	3%	49%	42%	44%	51%	44%	45%
0.07	14%	14%	17%	56%	50%	52%	58%	51%	52%
0.09	23%	23%	29%	60%	55%	59%	62%	56%	59%
0.11	25%	25%	29%	61%	56%	59%	63%	57%	59%
0.13	25%	25%	29%	61%	56%	59%	63%	57%	59%
0.14	32%	37%	40%	65%	63%	65%	67%	64%	66%
0.16	32%	37%	40%	65%	63%	65%	67%	64%	66%
0.18	32%	37%	41%	65%	63%	66%	67%	64%	66%
0.20	37%	37%	41%	68%	63%	66%	69%	64%	66%
0.22	37%	37%	41%	68%	63%	66%	69%	64%	66%
0.23	37%	37%	41%	68%	63%	66%	69%	64%	66%

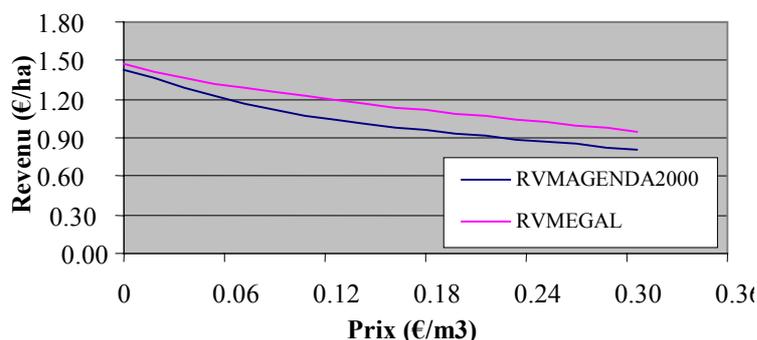
Si on fait une analyse en considérant les différents états de nature, on confirme que dans les états les plus déficitaires en eau (S1), la courbe de demande d'eau dans le scénario de l'Agenda 2000 est plus inélastique. Ainsi, on peut dire que le changement de Politique Agricole permet plus facilement l'épargne d'eau dans les situations de pénurie.

On peut aussi vérifier qu'à partir d'un prix de 0.07 €/m<sup>3</sup>, le volume d'eau utilisé ne dépend plus du niveau de dotation d'eau. Ce niveau de prix est moins élevé que ce qu'on avait obtenu dans le scénario de l'Agenda 2000 (0.13 €/m<sup>3</sup>). Cette différence provient du fait d'un plus grand taux d'épargne dans le scénario de l'égalisation des aides.

### ***B. Impact sur le revenu des agriculteurs***

Une politique tarifaire simulée dans le scénario de l'égalisation des aides a aussi un effet réducteur sur le revenu agricole.

**Figure 27 : Comparaison des courbes de revenu**



Le taux moyen de pertes dans le scénario de l'égalisation des aides est toujours inférieur à celui du scénario Agenda 2000. On peut alors dire que l'impact de la politique tarifaire sur ce scénario est moins négatif d'un point de vue de la perte du revenu agricole.

Ce fait est dû à la haute rentabilité des cultures moins consommatrices en eau comme le blé et à la plus grande élasticité de la courbe de demande qui permet une meilleure adaptation à la hausse des prix.

**Tableau 20 : Impact de la politique tarifaire sur le taux de perte de revenu (scénario Egalisation des Aides)**

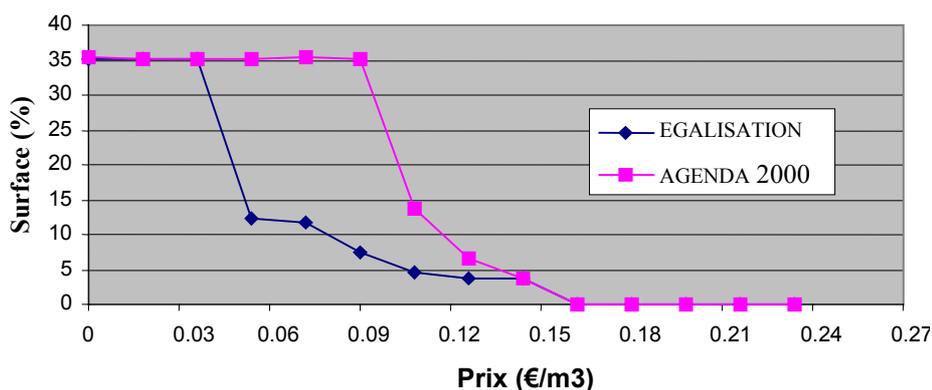
Prix (€/m3)	RV S1A1	RV S1A2	RV S1A3	RV S2A1	RV S2A2	RV S2A3	RV S3A1	RV S3A2	RV S3A3
0.02	4%	3%	2%	6%	4%	4%	6%	5%	4%
0.04	8%	5%	4%	11%	8%	7%	12%	9%	7%
0.05	-10%	2%	8%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
0.07	-7%	5%	10%	18%	17%	17%	18%	17%	17%
0.09	-5%	7%	13%	20%	19%	20%	20%	19%	20%
0.11	-2%	9%	15%	22%	21%	22%	22%	21%	22%
0.13	1%	11%	17%	24%	23%	23%	24%	23%	23%
0.14	4%	13%	18%	26%	25%	25%	26%	25%	25%
0.16	6%	15%	20%	28%	26%	26%	28%	27%	26%
0.18	9%	17%	21%	30%	28%	27%	30%	28%	27%
0.20	11%	19%	22%	32%	29%	29%	32%	30%	29%
0.22	14%	20%	24%	34%	31%	30%	34%	31%	30%
0.23	16%	22%	25%	36%	32%	31%	36%	32%	31%

On peut aussi vérifier que le pourcentage de pertes de revenu est toujours plus important dans les états (S) qui ont une plus grande dotation en eau, étant donné que lorsque l'eau est abondante, la valeur marginale de l'eau diminue.

### **C. Impact sur les stratégies des agriculteurs**

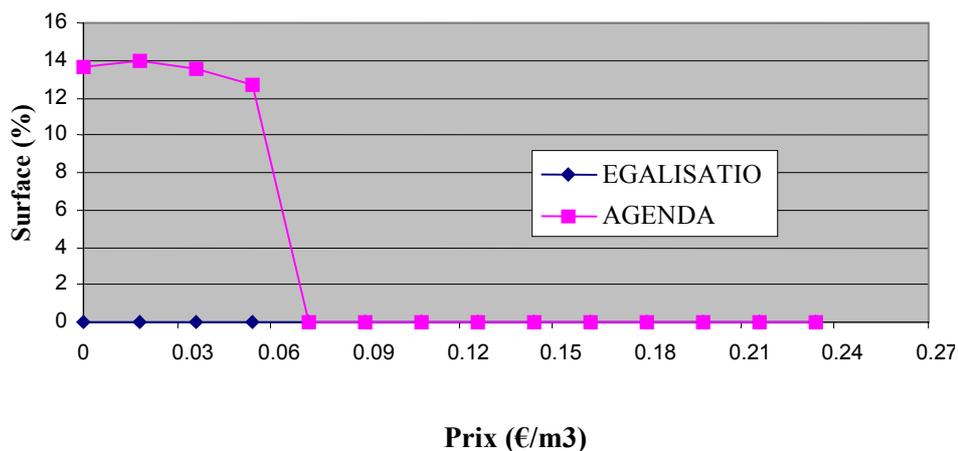
En général, les stratégies suivies par les agriculteurs face à une hausse de prix sont similaires aux simulations précédentes : changement des techniques de production vers celles qui sont moins intensives en eau, changement du système d'irrigation, remplacement des cultures exigeantes en eau (coton) par des cultures moins consommatrices et une réduction de la surface irriguée.

**Figure 28 : Changement de la surface en coton**



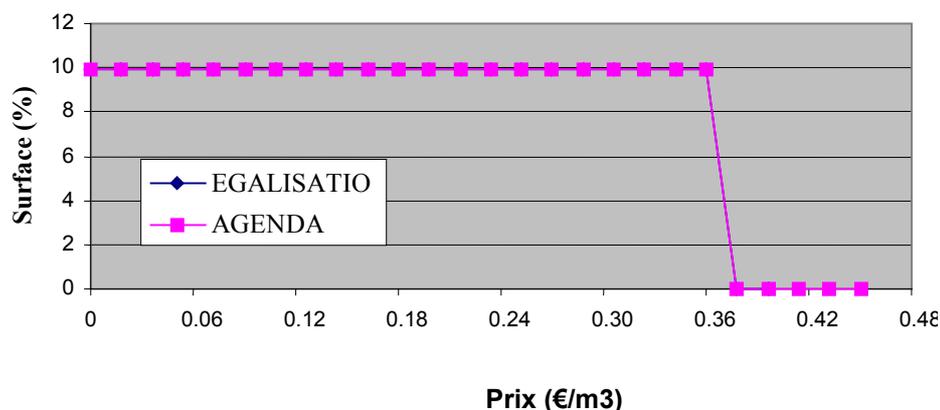
Comme on peut le voir, le coton supporte mieux la montée des prix dans le scénario de l'Agenda 2000. Cette culture est très rapidement remplacée par le blé irrigué, plus rentable dans le scénario de l'égalisation des aides. La surface en coton dans le scénario de l'égalisation des aides commence à diminuer à partir de 0.05 €/m<sup>3</sup> jusqu'à un prix de 0.16 €/m<sup>3</sup>. Ce fait est un des éléments pour lesquels l'élasticité de la demande nette d'eau est plus importante dans le scénario politique de l'égalisation des aides.

**Figure 29 : Changement de la surface en maïs**



Dans le scénario de l'égalisation des aides, le maïs est entièrement remplacé par le blé. Comme on l'a déjà dit, le scénario politique de l'égalisation des aides amène à une spécialisation de la production agricole.

**Figure 30 : Changement de la surface en blé dur (irrigation)**

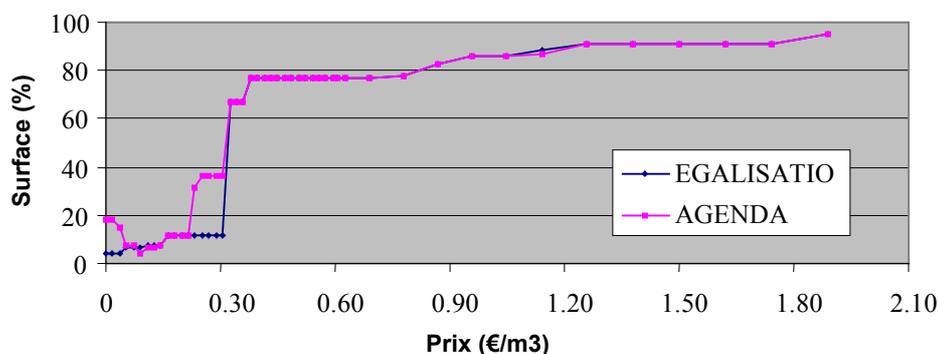


Le changement du régime des aides des différentes politiques agricoles n'affecte pas l'évolution de la surface en blé pendant la hausse du prix de l'eau.

**Figure 31 : Changement de la surface en blé (irrigation)**

Le nouveau régime d'aides déterminé par le scénario politique de l'égalisation des aides favorise clairement la production de blé. Cette culture remplace la production d'autres cultures plus consommatrices d'eau comme le maïs. De plus, dans le scénario de l'égalisation des aides, la surface en blé se maintient sans diminuer pendant un intervalle de prix plus large que dans le scénario de l'Agenda 2000.

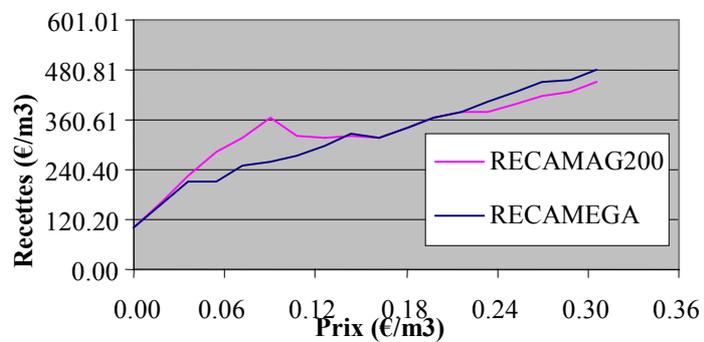
**Figure 32 : Changement de la surface en sec**



Selon les résultats obtenus dans le scénario de l'égalisation des aides, l'augmentation de la surface en sec se produit très lentement jusqu'à un prix de 0.31 €/m<sup>3</sup> où la surface irriguée diminue sévèrement à cause de la disparition de la surface en blé irriguée. De plus, à partir de 0.13 €/m<sup>3</sup> jusqu'à 0.22 €/m<sup>3</sup>, l'évolution de la surface en sec dans les deux scénarios politiques est presque la même.

#### D. Impact sur les recettes du gestionnaire

Figure 33 : Comparaison des courbes de recettes



Selon la courbe de recettes moyennes, le niveau de prix de l'eau qu'on ne doit pas dépasser d'un point de vue budgétaire correspond à 0.16 €/m<sup>3</sup> avec une recette de 316.49 €/ha.

# Conclusion générale

L'objet de cette étude a été de prévoir le comportement des agriculteurs face aux changements des politiques de gestion de l'eau et/ou des politiques agricoles. Nous avons aussi étudié les effets de ces politiques sur l'utilisation de l'eau, le revenu des agriculteurs et les recettes du gestionnaire. Nous considérons que cette information pourrait être très importante pour les décideurs politiques et pour les gestionnaires de l'irrigation à l'heure d'élaborer des politiques et des pratiques de gestion de l'eau. Les résultats obtenus dans ce travail de recherche permettent de distinguer cinq groupes de conclusions sur :

1. L'impact des mesures prévues dans la réforme de la PAC de l'AGENDA 2000.
2. L'égalisation des aides.
3. L'impact de la politique tarifaire.
4. L'influence de la politique tarifaire sur l'application de la PAC.
5. L'influence des politiques agricoles sur l'application de la politique tarifaire.
6. Perspectives de recherche.

## **Impact de l'application de la nouvelle réforme de la PAC :**

Les effets principaux de l'application de la nouvelle réforme de la PAC sur le périmètre irrigué sont :

- L'augmentation de la surface en sec.
- L'augmentation de la surface destinée au coton.
- La diminution de la surface en tournesol et en maïs.
- La diminution du gel de terres.
- L'utilisation de l'eau reste constante en dépit de la diminution de la surface irriguée.

Ces résultats montrent qu'il va se produire d'abord une intensification de l'agriculture irriguée par rapport à la ressource en eau. En outre, il est à signaler les limitations que la nouvelle PAC impose au développement des productions classiques de l'agriculture irriguée. Ce dernier point met en évidence la contradiction qu'il existe entre la politique de planification hydrologique espagnole et les nouvelles tendances de la politique agricole européenne. Ainsi, la transformation des nouveaux périmètres irrigués prévue dans le PNI, pourra être seulement justifiée comme un instrument de développement rural et d'aménagement du territoire.

## **I - L'impact d'une politique tarifaire comme politique de gestion de l'eau :**

La courbe de demande de l'eau est un instrument fondamental à l'heure d'établir des politiques qui affectent l'utilisation de l'eau dans l'agriculture irriguée. La courbe de demande donne une information sur la valeur marginale de l'eau, sur la capacité de remplacement de l'eau par d'autres facteurs de production, sur les réponses des agriculteurs face aux différents prix et sur les recettes du gestionnaire. Les objectifs d'une politique tarifaire sont essentiellement : l'économie d'eau et la couverture des coûts.

### **1. Les effets sur l'économie d'eau**

En général, dans un état de nature moyen, une politique tarifaire va générer une économie d'eau puisque la courbe de demande de la Communauté d'Irriguants est plus ou moins élastique à partir des niveaux tarifaires bas. Cependant, comme on l'a déjà signalé, la réduction de l'utilisation de l'eau dans les années avec dotations en eau très restrictives ou/et niveaux pluviométriques bas, va seulement se produire lorsque les prix sont élevés. De cette façon, la diminution de l'utilisation de l'eau à un prix bas va uniquement se présenter dans les années de disponibilité d'eau abondante. Ce fait est important à l'heure d'évaluer l'efficacité d'une politique tarifaire du fait que l'excédent d'eau dans une année de disponibilité élevée ne peut pas être alloué aux autres utilisateurs et il ne peut non plus être stocké. Or, le niveau de prix à partir duquel l'épargne d'eau ne dépend plus de la disponibilité d'eau est élevé. La fixation de ce

prix aurait un impact important sur l'orientation productive des exploitations et sur le revenu des agriculteurs.

## **2. Couverture des coûts. L'application de la Directive-Cadre sur l'eau.**

Le pilier principal des politiques de l'eau au cours des prochaines décennies sera la directive-cadre sur l'eau. L'objectif principal de la Directive instituant un cadre pour l'action communautaire dans le domaine de l'eau est la récupération du coût de l'investissement en infrastructure hydraulique, du coût d'opportunité de l'eau et l'internalisation des coûts environnementaux à travers l'instauration d'un prix sur l'eau. Cet objectif est aussi important du fait des problèmes dérivés des restrictions budgétaires des administrations hydrauliques et agricoles pour continuer l'investissement en infrastructures hydrauliques et en modernisation des périmètres irrigués existants.

La Directive établit qu'à partir de l'année 2010 tous les utilisateurs doivent couvrir les coûts totaux résultants de l'exploitation de la ressource. Il faudra alors déterminer les différents coûts, calcul pourtant pas aisé étant donné les problèmes de détermination des coûts environnementaux et du coût d'opportunité de l'eau. Or, même si on arrive à fixer un niveau déterminé de recettes, l'objectif de récupération des coûts ne pourra pas être toujours atteint. Ainsi, pour un prix de l'eau spécifique, les recettes du gestionnaire vont dépendre du type d'année. Dans les années avec dotations en eau élevées, les recettes du gestionnaire vont être plus importantes et il y aura une plus grande capacité de couverture des coûts. En outre, dans les années avec un bon niveau pluviométrique, les recettes du gestionnaire vont diminuer du fait de la réduction de l'utilisation de l'eau. Il n'est pas alors possible d'assurer une quantité de recettes préfixée. La seule possibilité d'atténuer la variation des recettes serait la fixation d'un prix suffisamment élevé à partir duquel le niveau de dotation en eau n'influence pas l'utilisation d'eau. Les difficultés que cette action entraînera sont déjà connues.

## **II - L'impact d'une politique d'égalisation des aides**

Le changement du régime d'aides pourrait entraîner les impacts suivants par rapport au scénario politique actuel de l'Agenda 2000 :

- Diminution de la surface en sec
- Disparition de la surface destinée au maïs
- Disparition de la surface en tournesol
- Augmentation de la surface en blé
- Réduction de la demande d'eau
- Amélioration du niveau de revenu des agriculteurs

Ces résultats mettent en évidence que l'application d'une subvention unique pour toutes les cultures et complètement déconnectée du niveau de production produit d'abord une extensification de l'agriculture par rapport à la ressource en eau. En outre, l'augmentation de la rentabilité de la production de blé améliore le revenu de l'agriculteur.

Par contre, cette nouvelle politique agricole génère une spécialisation de l'agriculture vers des productions comme le blé. Ainsi, des productions traditionnelles comme le maïs ou le tournesol disparaissent complètement. Cet accroissement de la surface en blé pourrait provoquer le dépassement de la superficie de base nationale.

En outre, il est à signaler que le changement de politique agricole induit une économie d'eau équivalente à l'instauration d'une politique tarifaire qui fixe le prix de l'eau autour de 9 ptas/m<sup>3</sup>.

Ainsi, le changement de politique agricole comme instrument de réduction de la quantité d'eau utilisée est dans ce cas plus avantageux en ce qui concerne le niveau de rente de l'agriculteur. Par contre, la politique agricole est plus déterminante à l'heure de sélectionner les différentes cultures et les limitations que la

politique d'égalisation des aides impose au développement des productions classiques de l'agriculture irriguée comme le tournesol ou le maïs sont très drastiques.

Ce genre d'aide a été proposé par le Ministère d'Agriculture Espagnole comme alternative à l'actuel régime d'aides de l'Agenda 2000 à partir de l'an 2006. Cette aide unique représenterait une compensation globale à l'activité agricole (multi-fonctionnalité) et emporterait le compromis de la bonne pratique agraire. Les résultats de la modélisation montrent que le niveau de la subvention de base permet de garantir le revenu des agriculteurs mais par contre si on veut assurer la viabilité de certaines productions agricoles, on devra maintenir les aides classiques de la PAC, surtout dans les productions où la concurrence va être de plus en plus ouverte.

### **III - Les effets de la politique tarifaire sur l'application de la PAC**

Les résultats montrent que la politique tarifaire produit des changements dans la structure de la surface cultivée. Ainsi, dans le scénario Agenda 2000, la simulation d'un changement de prix de 0 à 15 ptas/m<sup>3</sup> provoque la disparition de la surface cultivée en maïs et en tournesol, et une augmentation de 28% de la surface en blé. Ces variations peuvent comporter des difficultés à l'heure d'accomplir les objectifs prévus dans la PAC.

Ainsi, l'accroissement de la surface en blé pourrait compliquer l'objectif du contrôle de l'offre agricole. En outre, même si le modèle n'est pas capable de déterminer la surface nationale cultivée en blé, le possible dépassement de la superficie de base nationale pourrait entraîner une réduction encore plus forte du revenu des agriculteurs.

Or, la hausse du prix de l'eau va rendre difficile l'objectif de soutien du revenu agricole envisagé par la PAC. De la même manière, la compétitivité des produits agricoles dans le marché va aussi se voir altérée.

Finalement, il faut ajouter que la réduction de la surface irriguée va emporter une diminution de la demande du travail salarié. Ceci complique l'effort de la PAC pour générer de l'emploi agricole dans les zones rurales.

### **IV - L'influence de la PAC sur l'efficacité d'une politique tarifaire**

On a déjà constaté que l'accroissement du prix de l'eau produit des changements sur la consommation en eau, le revenu agricole et la distribution de la surface agricole. Ces changements peuvent être plus ou moins drastiques selon le scénario de politique agricole. En matière d'irrigation, les tendances actuelles soulignent l'importance de la politique agricole commune dans la promotion des cultures irriguées, que ce soit par un soutien des prix ou des aides directes. Cette tendance pourrait être préoccupante dans les régions où l'eau est rare ou la concurrence entre usages est intense, comme en Espagne.

Ainsi, la structure des prix et des paiements compensatoires de la PAC 92 permet de mieux garantir les revenus agricoles et les agriculteurs peuvent remplacer les cultures d'une façon plus flexible. En revanche, dans le scénario de l'Agenda 2000, la hausse du prix de l'eau représente une perte du revenu plus importante, surtout dans les années avec des problèmes de disponibilité d'eau. De plus, la diminution de la marge du tournesol face à celle des céréales produit un déplacement des oléagineux vers les céréales.

Le tableau suivant résume les effets divers que l'application d'une même politique tarifaire comporte sur les trois scénarios de politique agricole simulés:

**Tableau 21 : Effets de la politique tarifaire sur deux scénarios de politique agricole**

	PAC 92		Agenda 2000		Egalisation des aides	
	Prix=0	Prix=15	Prix=0	Prix=15	Prix=0	Prix=15
Blé (%)	10	25	10	38	38	63
Maïs (%)	15.5	15.09	20	0	0	0
Tournesol (%)	14.6	14.0	12.3	0	0	0
Coton (%)	34.3	37.3	11	37	35	7
Gel de terres (%)	4.79	7	4.5	5		
Surface irriguée (%)	96	84	82	96	96	93
Techniques intensives (%)	56	35	69	57		
Techniques extensives (%)	44	65	31	43		
Perte de revenu (%)		21		21.96		15.54
Epargne d'eau (%)		24.41		19.16		50.81

Ces dernières conclusions montrent l'importance de coordonner l'application des politiques agricoles et des politiques de gestion de l'eau. Ainsi, à l'heure de dessiner une politique de gestion de l'eau, il est nécessaire de tenir compte des effets que cette politique peut entraîner sur l'application de la PAC. En même temps, il faut prévoir les impacts qu'une réforme de la PAC peut occasionner sur les politiques de gestion de l'eau.

## V - Perspectives de recherche :

- Les résultats de cette étude représentent uniquement la production agricole d'un périmètre irrigué spécifique. Etant donné que la structure des systèmes agricoles irrigués dans le bassin du Guadalquivir et en Espagne est très diversifiée, la représentativité de ce travail serait améliorée si on modélise plusieurs types de Communauté d'Irriguants. De cette façon, on pourrait avoir une vision plus large des problèmes de l'agriculture irriguée en Espagne. L'analyse comparée de ces communautés nous permettra de connaître les interactions entre les caractéristiques techniques et institutionnelles susceptibles d'influencer l'application de politiques, de même que la disponibilité d'eau.
- Dans cette analyse, nous avons seulement analysé les effets d'un type de structure tarifaire. Il pourrait être intéressant de comparer les différentes modalités de structures tarifaires ou de les combiner avec d'autres instruments de gestion de l'eau.
- L'utilisation d'un modèle biophysique de simulation de croissance de plantes pour l'obtention des coefficients techniques permettra d'agrandir et d'améliorer les lignes de recherche. Ces modèles constituent un moyen très intéressant pour la construction de fonctions d'ingénieur (Deybe, 1994). Cela nous permettra d'intégrer dans l'analyse les effets des politiques simulées sur l'environnement.

# Bibliographie

1. **Adesina A., Sanders J.H. (1991).** Peasant farmer behaviour and cereal technologies: stochastic programming analysis in Niger. *Agricultural Economics*, vol. 5, n. 1, p. 21-38.
2. **Amador F., Sumpsi J.M., Romero C. (1998).** A non-interactive methodology to assess farmers' utility functions : An application to large farms in Andalusia, Spain. *European Review of Agricultural Economics*, vol. 25, n. 1, p. 92-109.
3. **Antle J.M. (1983a).** Sequential Decision Making in Production Analysis. *American Journal of Agricultural Economics* , vol. 65, n. 2, p. 282-290.
4. **Antle J.M. (1983b).** Incorporating Risk in Production Analysis. *American Journal of Agricultural Economics* , vol. 65, n. 2, p.282-290.
5. **Antle J.M. (1987).** Econometric Estimation of Producers' Risk Attitudes. *American Journal of Agricultural Economics* , vol. 69, n. 3, p.509-522.
6. **Apland J., Hauer G. (1993).** *Discrete Stochastic Programming : Concepts, Examples and a Review of Empirical Applications [en ligne]*. (Minnesota) : Departement of Agricultural and Applied Economics, University of Minnesota. 41 p. (Staff Paper P93-21). [version consultée le 28.01.03]. Disponible sur Internet < [http://agecon.lib.umn.edu/cgi-bin/pdf\\_view.pl?paperid=3723&ftype=.pdf](http://agecon.lib.umn.edu/cgi-bin/pdf_view.pl?paperid=3723&ftype=.pdf)>
7. **Binswanger H.P. (1980).** Attitudes toward risk: Experimental measurement in rural India. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 62, p. 395-407.
8. **Blanco Fonseca M. (1996).** *Analyse des impacts socio-économiques et des effets sur l'environnement des politiques agricoles : Modélisation de l'utilisation de ressources en eau dans la région espagnole de Castille-Leon*. Montpellier : CIHEAM-IAM. 132 p. (Thèses et Masters ; n. 32).
9. **Blanco Fonseca M. (1999).** *La economía del agua : análisis de políticas de modernización y mejora de regadíos en España*. Thèse doctorale. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agronomos. 313 p.
10. **Brooke A., Kendrick D., Meeraus A. (1996).** *A User's Guide*. Washington : GAMS Development Corporation. 295 p.
11. **Bogess W., Lacewell R, Zilberman D. (1993).** Economics of Water Use in Agriculture. In Carlson G.A., Zilberman D., Miranowski J.A. (eds.). *Agricultural and Environmental Resource Economics*. New York : Oxford University Press, p. 317-391.
12. **Boussard J.M., Daudin J.J. (1988).** *La programmation linéaire dans les modèles de production*. Paris : Masson. 127 p. (Actualités Scientifiques et Agronomiques de l'INRA ; n. 14).
13. **Boussard, J.M. (1997).** La prise en compte du risque dans la gestion de l'eau d'irrigation. In Dupuy B. (ed.). *Aspects économiques de la gestion de l'eau dans le bassin méditerranéen*. Bari (Italie) : CIHEAM-IAM. p.147-159. (Options Méditerranéennes. Série A ; n°31).
14. **Boussemart J.P., Flichman G., Jacquet F., Lefer H.B. (1996).** Prévoir les effets de la réforme de la politique agricole commune sur deux régions agricoles françaises : application d'un modèle bio-économique. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, vol. 44, 1996, p.121-137.

15. **Carruthers I. (1997).** The water paradox : scarce and valuable but inefficient use and poor political decisions, who should be blame ? In Dupuy B. (ed.). *Aspects économiques de la gestion de l'eau dans le bassin méditerranéen*. Bari : CIHEAM-IAM. p. 479-483. (Options Méditerranéennes. Série A ; n. 31).
16. **Cedex (2000).** *Las Aguas Continentales en los países mediterráneos de la Unión Europea*. Madrid : Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
17. **Cocks K.D. (1978).** Discrete Stochastic Programming. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 60, n. 3, p.425-435.
18. **Commission Européenne(1997).** Agenda 2000 : Pour une Union plus forte et plus large. *Bulletin de l'Union Européenne*, supplément n. 5. 189 p. (vol. I et II) et 38 p. (vol. III). COM (1997) 2000, DOC/97/0008.
19. **Commission Européenne (2000).** Proposition modifiée de Directive du Parlement Européen et du Conseil instituant un cadre pour l'action communautaire dans le domaine de l'eau [en ligne]. *Bulletin de l'Union européenne*, n. 9. [version consultée le 27.01.03]. Disponible sur Internet < <http://europa.eu.int/abc/doc/off/bull/fr/200009/p104032.htm>>
20. **Commission Européenne (2001).** *La situation de l'agriculture dans l'Union Européenne. Rapport 1999*. Luxembourg : Office des publications officielles des Communautés européennes. 550 p.
21. **Commission Européenne (2000).** *PAC 2000 : Situation et Perspectives des céréales, oléagineux et protéagineux*. Luxembourg : Office des publications officielles des Communautés européennes.
22. **Commission Européenne (2000).** *Communication de la Commission au Conseil, au Parlement Européen et au Comité économique et social. Tarification et gestion durable des ressources en eau*. Luxembourg : Office des publications officielles des Communautés européennes. COM(2000) 477 final.
23. **Deybe D. (1994).** *Vers une agriculture durable. Un modèle bio-économique*. Paris : Cirad. 193p.
24. **Dillon J.L., Scandizo P.L. (1978).** Risk attitudes of subsistence farms in northeast Brazil: A sampling approach. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 60, n. 3, p. 425-435.
25. **Doward A.R. (1991).** Integrated decision rules as farm management tools in smallholder agriculture. *Journal of Agricultural Economics*, vol. 42, p. 146-160.
26. **Doward A.R. (1996).** Modelling Diversity, Change and Uncertainty in Peasant Agriculture in Northern Malawi. *Agricultural Systems*, vol. 51, p. 469-486.
27. **Doward A.R. (1999).** Modelling embedded risk in peasant agriculture: methodological insights from northern Malawi. *Agricultural Economics*, vol. 21, n. 2, 191-203.
28. **España. Jefatura del Estado. (1985).** Ley 29/1985, de 2 de Agosto, de Aguas [en ligne]. *Boletín oficial del Estado*, 8 de agosto de 1985, n. 18, 42 p. [version consultée le 28.01.03]. Disponible sur Internet <[http://www.medioambientecantabria.org/descarga/ley\\_29-1985\\_de\\_aguas.pdf](http://www.medioambientecantabria.org/descarga/ley_29-1985_de_aguas.pdf)>.
29. **España. Jefatura del Estado. (1999).** Ley 46/1999, de 13 de Diciembre, modificación de la ley 29/1985, de 2 de Agosto, de Aguas [en ligne]. *Boletín oficial del Estado*, 14 de Diciembre de 1999, n. 298, 20 p. [version consultée le 28.01.03]. Disponible sur Internet <<http://www.aragob.es/ambiente/06legis/pdf/150020011.PDF>>
30. **FAO. Faostat [base de données statistiques] [en ligne].** Rome : FAO. [version consultée le 28.01.03]. Disponible sur Internet < <http://apps.fao.org/debut.htm>>

31. **FAO. (1993).** *Las políticas de recursos hídricos y la agricultura. El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación.* Roma : FAO.
32. **Freund R.J. (1956).** The introduction of risk into a programming model. *Econometrica*, vol. 24, p. 253-263.
33. **Garrido A. (1995).** *La economía del agua : analisis de la asignación de recursos mediante el establecimiento de mercados de derechos de agua en el Valle del Guadalquivir.* Thèse doctorale, Universidad Politecnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agronomos. 188 p.
34. **Goodhue R., Morardet S., Rio P., Thoyer S. (1998).** *Les formes institutionnelles de la gestion de l'eau en France et en Californie : droits de propriété, décentralisation et délégation.* Communication au colloque sur l'irrigation et la gestion collective de la ressource en eau en France et dans le monde, Montpellier, 19-20 novembre 1998. Disponible à l'IAMM.
35. **Gomez Limon J.A., Berbel J.(2000)** Multicriteria analysis of derived water demand functions : a Spanish case study. *Agricultural Systems*, vol. 63, p. 49-72.
36. **Hardaker J.B.; Huirne R.B.M., Anderson J.R. (1997).** *Coping with Risk in Agriculture.* Oxon (UK) : CAB International. 274 p.
37. **Hardin G. (1968).** The Tragedy of the Commons. *Science*, n. 162, p.1243-1248.
38. **Hazell P.B.R. (1971).** A Linear Alternative to Quadratic and Semivariance Programming for Farm Planning Under Uncertainty. *American Journal of Agricultural Economics* , vol. 53, p. 53-62.
39. **Hazell P.B.R. (1982).** Application of risk preference estimates in firm-household and agricultural sector models. *American Journal of Agricultural Economics* , vol. 64, p. 384-390.
40. **Hazell P.B.R., Norton R. (1986).** *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture.* New York : Mac Millan. 400 p.
41. **Jacquet F., Pluvinage J. (1997).** Climatic Uncertainty and Farm Policy : A Discrete Stochastic Programming Model for Cereal-Livestock Farms in Algeria. *Agricultural Systems*, vol. 53, n. 4, p. 387-407.
42. **Junta de Andalucía (2000).** *Inventario y caracterización de los regadíos de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca* [CD-ROM]. Madrid : Mundi Prensa.
43. **Keplinger K.O., Mccarl B.A., Chowdhury M.E., Lacewell R.D. (1998).** Economic and Hydrologic Implications of Suspending Irrigation in Dry Years. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 23, n. 1, p. 191-205.
44. **Krinner W., Lallana C. et al. (1999).** *Sustainable Water Use in Europe. Part 1 : Sectorial Use of Water.* Luxembourg : Office des publications officielles des Communautés européennes. (Environmental assessment ; report n. 1).
45. **Lambert D.K., Mccarl B.A. (1985).** Risk Modeling using direct solution of non linear approximations of the utility functions. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 67, n. 4, p.846-852.
46. **Le Moigne G., Dinar A., Giltner S. (1997).** Principles and examples for the allocation of scarce water resources among economic sectors. In Dupuy B. (ed.). *Aspects économiques de la gestion de l'eau ans le bassin méditerranéen.* Bari (Italie) : CIHEAM-IAM. p. 87-102. (Options Méditerranéennes. Série A ; n°31).

47. **Lin WR., Dean A., Woodring C., Moore C.V. (1974).** An empirical test of utility vs Profit Maximization in Agricultural Production. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 56, p. 497-508.
48. **Losada Villasante A. (1994).** Eficiencia técnica en la utilización del agua de riego. *Revista de Estudios Agrosociales*, n. 167.
49. **Losada Villasante A. (1997).** Glosario sobre sistemas de riego. *Ingeniería del agua*. vol. 4, n. 4, p.55-68.
50. **España. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. (1998).** *Borrador del Plan Nacional de Regadíos. Horizonte 2008*. Madrid : Dirección General de Desarrollo Rural y Conservación de la Naturaleza.
51. **España. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. (1999).** *La Agricultura, la Pesca y la Alimentación Españolas en 1998*. Madrid : MAPA.
52. **Markovitz H.M. (1952).** Portfolio Selection. *Journal of Finance*, vol. 7, n. 3, p. 82-92.
53. **Montginoul M. (1997).** *Une approche économique de la gestion de l'eau d'irrigation : des instruments, de l'information et des acteurs*. Thèse doctorale, Université de Montpellier I. 296p.
54. **Montginoul M., Rieu T., Arrondeu J.P. (1997)** Approche économique pour concilier irrigation et environnement dans le bassin versant de La Charente. In Kay M.G., Franks T., Smith L. (Eds). *Water : Economics, Management and Demand*, London : Taylor and Francis books. p.145-154.
55. **Montginoul M. (1998).** *Des instruments économiques pour la gestion de l'eau : concurrence ou complémentarité ?* Communication au colloque sur l'irrigation et la gestion collective de la ressource en eau en France et dans le monde, Montpellier, 19-20 novembre 1998. Disponible à l'IAMM.
56. **Montginoul M., Strosser P. (1999).** Analyser l'impact des marchés de l'eau. *Economie Rurale*, n. 254, p. 20-25.
57. **Moscardi E., Janvry A. de (1977).** Attitudes Toward Risk Among Peasants: an Econometric Approach. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 59, p. 710-717.
58. **Naredo J.M., Gasco J.M. (1994).** *Spanish Water Accounts*. Paris : OCDE. Environment Policy Committe (ENV/EPOC/SE/A(94).
59. **ONU. Department for Policy Coordination and Sustainable Development. Commission on Sustainable Development. (1997).** *Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world*. New York : United Nations Publications.
60. **Pannell D.J., Nordblon T.L. (1998).** Impacts of risk aversion on whole-farm management in Syria. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 42, n. 3, p. 227-247.
61. **Patten L.H., Hardaker J.B., Pannell D.J. (1988).** Utility-efficient programming for whole-farm planning. *Australian Journal of Agricultural Economics*, vol. 32, p. 88-97.
62. **Pearce D.W., Turner (1990).** *Economics of Natural Resources and the Environment*. Baltimore : J. Hopkins University press. 378 p.
63. **Rae A.N. (1971a).** Stochastic programming, utility, and sequential decision problems in farm management. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 53, p. 448-460.

64. **Rae A.N. (1971b).** An empirical application and evaluation of discrete stochastic programming in farm management. *American Journal of Agricultural Economic*, vol. 53, p. 625-638.
65. **Rae A.N. (1994).** *Agricultural Management Economics. Activity Analysis and Decision Making.* Oxon (UK) : CAB International. 358 p.
66. **Randall A. (1981).** Property Entitlements and Pricing Policies for a Maturing Water Economy. *The Australian Journal of Agricultural Economic*, vol. 25, n. 3, p.195-220.
67. **Romero C., Rehman T. (1989).** *Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions.* Amsterdam : Elsevier.
68. **Shapiro B.I., Sanders J.H., Reddy K. C., Baker T. G. (1993).** Evaluating and adapting new technologies in a high risk agricultural system. *Agricultural Systems*, vol. 42, p. 153-171.
69. **Sumpsi J.M. (1994).** El régimen económico-financiero del agua y la agricultura. *Revista de Estudios Agrosociales*, n. 167, p. 58-88.
70. **Sumpsi J.M., Garrido A., Blanco M. et al. (1996).** *Estudio sobre la economía del agua y la competitividad de los regadíos españoles.* Secretaria General Técnica de Desarrollo Rural y Conservación de la Naturaleza.
71. **Sumpsi J.M., Varela Ortega C. (1994).** El mercado de la tierra y las nuevas tendencias del cambio estructural. *Papeles de Economía Española*, n. 60-61, p. 126-140.
72. **Sumpsi J.M., Garrido A., Blanco M. et al. (1998).** *Economía y política de gestión del agua en la agricultura.* Madrid : MAPA-Multiprensa.
73. **Sumpsi J.M. (1999).** La Planificación Hidrológica y la Política Hidráulica. In *El Libro Blanco del Agua, 1999. Seminario de derecho del agua de la Universidad de Zaragoza. Gestion del Agua y Política Agraria.* Zaragoza : Universidad de Zaragoza. p. 257-265
74. **Tauer M. (1983).** Target Motad. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 65, p. 606-610.
75. **Taylor C.R., Howitt R. (1993).** Aggregate Evaluation Concepts and Models. In Carlson G.A., Ziberman D., Miranowski, J.A. (eds.). *Agricultural and Environmental Resource Economics.* Oxford : Oxford University Press. p. 247-262.
76. **Taylor R.G., Young R.A. (1995).** Rural-to Urban Water Transfers: Measuring Direct Foregone Benefits of Irrigation Water under Uncertain Water Supplies. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 20, n. 2, p. 247-262.
77. **Tietenberg T.H. (1997).** *Environmental Economics and Policy.* 2nd ed. New York : Addison-Wesley. 678 p.
78. **Tio C. (1994).** La Política Agraria Común y los nuevos regadíos. *Revista de Estudios Agrosociales*, vol. 167, p. 43-58.
79. **Torkamani J., Hardaker J.B. (1996).** A study of economic efficiency of Iranian farmers in Ramjerd district: an application of stochastic programming. *Agricultural Economics*, vol. 14, n. 2, p. 73-83.
80. **Tsur Y., Dinar A. (1997).** The relative Efficiency and Implementation Cost of Alternative Methods for Pricing Water. *The World Bank Economic Review*, vol. 11, n. 2, p. 243-62.

81. **Varela Ortega C., Garrido A., Blanco M. (1995).** *Analysis of the Socioeconomic and Environmental Impacts of Different Policies in the Spanish Region of Andalusia.* Bruxelles : Commission Européenne. DG VI- Agriculture. Regional report
82. **Vinader Zurbano R. (1978).** *Teoría de la decisión empresarial.* Bilbao : Deusto. Chapitre 8.
83. **Von Neumann J., Morgenstern O. (1953).** *Theory of Games and Economic Behavior.* 3rd ed. Princeton : Princeton University Press. 641 p.

**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-Gamboru - 108 p.
- 25/ Trimouille (Anne), 1994 - Les couples produit/territoire et le management de la qualité : application aux entreprises du secteur fruits et légumes frais - 99 p.
- 26/ Amine Khodja (Abdelhafid), 1995 - Déterminants de la dépendance en orge de l'élevage ovin steppique : le cas de la région de M'sila en Algérie - 110 p.
- 27/ Sampaio (Maria Lucia da Cunha), 1995 - Le développement des filières traditionnelles et régionales de production agricole en zones méditerranéennes défavorisées : le cas de la filière des fromages régionaux de la Beira Baixa (Portugal) - 101 p.
- 28/ Preda (Stefano), 1995 - Budgets agricoles et politiques socio-structurelles : évolution des dépenses en agriculture dans la région Emilie-Romagne et analyse comparée avec la Catalogne (1980-1992) - 219 p.

- 29/ Tlili (Mohamed), 1995 - Essai de simulation d'impact des nouvelles mesures économiques (PASA 2) sur le secteur céréalière en Tunisie. Etude de cas : Behaya - 108 p.
- 30/ Bode (Ridvan), 1995 - L'économie paysanne albanaise et la transition vers l'économie de marché (Réflexions sur la région de Dévolle) - 95 p.
- 31/ Antonelli (Annarita), 1995 - Environnement et commerce international : enjeux de l'approche économique des procédés et méthodes de production - 79 p.
- 32/ Blanco Fonseca (Maria), 1996 - Analyse des impacts socio-économiques et des effets sur l'environnement des politiques agricoles : modélisation de l'utilisation agricole des ressources en eau dans la région espagnole de Castille-León - 132 p.
- 33/ Chemingui (Mohamed Abdelbasset), 1996 - Contribution à l'étude de l'avantage comparatif et de la position concurrentielle des agrumes tunisiens sur le marché communautaire : cas de l'orange maltaise - 160 p.
- 34/ Bengaraa (Abdelaziz), 1996 - Organisation et dynamique industrielles des filières de production animale au Maroc - 86 p.
- 35/ Frenn (Georges), 1996 - Le secteur des boissons au Liban : dynamique des marchés et analyse concurrentielle de l'industrie - 80 p.
- 36/ Bossuet (Luc), 1996 - Transformation des territoires ruraux, d'une gestion corporatiste aux multi-usages : le cas de l'Aveyron - 96 p.
- 37/ Rodriguez Gomez (Fernando), 1997 - Développement durable? Le problème de la dissociation entre plans de conservation et plans de développement. Le cas de la petite région de la Garrotxa (Catalogne) - 121 p.
- 38/ Mimouni (Monder), 1997 - Utilisation de l'approche multicritère pour une analyse intégrée des problèmes économiques et environnementaux. Cas de l'UCPA Borj Hamdouna en Tunisie - 85 p.
- 39/ Louhichi (Kamel), 1997 - Utilisation d'un modèle bio-économique pour analyser l'impact des politiques agri-environnementales : cas des techniques de conservation des eaux et du sol en Tunisie. Application à la ferme Sawaf - 130 p.
- 40/ Sousa Fragoso (Rui Manuel de), 1997 - Evaluation des impacts socio-économiques du développement de l'irrigation : le cas de l'agriculture dans la région de l'Alentejo - 85 p.
- 41/ Harbi (Rabah), 1997 - L'aviculture algérienne, dynamique de transformation et comportements des acteurs - 125 p.
- 42/ Frem (Michel), 1997 - Analyse de la filière "fruits et légumes" et des formes de coordination entre producteurs et transformateurs industriels au Liban - 142 p.
- 43/ Haddad (Elie), 1997 - Mutations structurelles et développement de la filière lait au Liban - 116 p.
- 44/ Jesus Oliveira Coelho (Afredo Manuel), 1998 - Dynamique des marchés alimentaires et stratégies des firmes dans le secteur des boissons - 212 p.
- 45/ Gok (Aysegul), 1998 - Le partenariat euro-méditerranéen : l'analyse de l'impact de l'union douanière sur l'industrie agro-alimentaire - 115 p.
- 46/ Biba (Gjin), 1998 - Transition de la collectivisation à la mini-exploitation paysanne en Albanie : analyse de la structure, du fonctionnement et des comportements des agriculteurs dans le district de Lezha - 174 p.
- 47 / Fuentes (M.Antonia), 1998 - Les effets de la réforme de la politique agricole commune (PAC) sur l'agriculture espagnole : analyse du cas de la Catalogne - 209p.
- 48/ Baran (Gulumser), 1998 - Stratégies des firmes multinationales dans l'industrie du tabac - 128 p.
- 49/ Hamdi (Salah), 1999 – Usage agricole de l'eau et impacts des politiques de tarification : application au PPI de Kalaat Landlouss dans la Basse Vallée de la Medjerda. - 148 p.
- 50/ Chemak (FRAJ) ,1999 - Aide à la décision au niveau d'un périmètre irrigué : essai de mise en œuvre des concepts des modèles multi-agents - 125 p.
- 51/Peyratout (Jean), 1999 – Tourisme rural en montagne marocaine : les accompagnateurs en montagne –145p.
- 52/ Kercuku-Biba (Hava), 2002 – Dynamiques sectorielles et transition économique en Albanie : le cas de l'évolution de la filière lait,1990-2000 – 138p.
- 53/ Semaan (Joséphine), 2002 – A bio-economic model for policy analysis under water scarcity and nitrate pollution – 60p.
- 54/ Barrau Calvo (Ana Isabel), 2002 – Conditionnalités de l'aide publique au développement : analyse comparative à trois échelons de gouvernance (Lleida, Catalogne, Espagne) – 211p.
- 55/ Gonzalez Diez (Amparo), 2002 – Innovation rurale et organisations de producteurs : évaluation des interventions de l'INTA auprès des minifundistes argentins – 200p.
- 56/ Druguet (Stéphanie), 2003 – Contribution des associations au développement rural. Apports spécifiques et intégration dans la dynamique locale. L'exemple de la Lozère – 119p.
- 57/ Mejias Moreno (Patricia), 2003 – Etude des impacts socio-économiques des politiques de gestion de l'eau et des politiques agricoles. Modélisation de la production agricole d'un périmètre irrigué (Bassin du Guadalquivir – Espagne) – 79p.

## Fiche bibliographique

*Mejias Moreno (Patricia) – Etude des impacts socio-économiques des politiques de gestion de l'eau et des politiques agricoles : modélisation de la production d'un périmètre irrigué (Bassin du Guadalquivir – Espagne) – Montpellier : CIHEAM-IAMM, 2003 – 79 p. (thèse Master of Science, IAMM, 2002, Série Thèses et Masters n°56)*

**Résumé :** L'application de la réforme de la PAC ainsi que l'approbation de la Directive européenne instituant un cadre pour l'action communautaire dans le domaine de l'eau, configurent un nouveau contexte dans le secteur agricole irrigué. Ainsi, la Directive européenne prévoit une hausse du prix de l'eau. L'objectif principal de cette étude est de prévoir la réponse des agriculteurs face aux changements de la politique agricole et de la politique tarifaire. Pour cela, la méthodologie proposée est basée sur la modélisation du comportement des agriculteurs dans un périmètre irrigué à l'aide des techniques de programmation stochastique. Ce modèle permet de déterminer les effets des différentes politiques sur l'utilisation de l'eau, le revenu des agriculteurs et le budget du gestionnaire. Enfin, les résultats obtenus montrent que l'adoption d'une politique tarifaire comme instrument de gestion de l'eau n'est pas toujours efficace. Ainsi, durant les années de pénurie d'eau, l'utilisation de la ressource n'est pas significativement réduite jusqu'à un niveau de prix où le revenu de l'agriculteur est gravement affecté. Les résultats mettent aussi en évidence la relation existant entre la politique agricole et la politique de gestion de l'eau. Pour cela, ces politiques doivent être coordonnées.

**Mots-clés :** politique agricole - politique de gestion de l'eau - politique tarifaire - programmation stochastique discrète.

**Abstract :** *The CAP reform and the application of the Water Framework European Directive design a new context in the irrigated agricultural sector. In fact, one of the European Directive's objectives is to establish a pricing water policy for improving efficient water allocation. The aim of this research is to predict the irrigators' reaction in these changing policy scenarios. For this purpose, stochastic programming modeling has been used to analyze the farmers' behavior towards volumetric pricing policies and agricultural policies scenarios in an irrigation district. This, in turn, is used to estimate the effects on water use, farmers' income and government expenditure. The results of this research show that volumetric water pricing policies as a single instrument for controlling water use in agriculture is not a satisfactory tool. The reason for this is that consumption in dry years is not reduced significantly until prices reach such a level that farm income is negatively affected. The results also show the relation between water policies and agricultural policies. In sum, it can be concluded that it will be necessary to coordinate both policies.*

**Key words:** *agricultural policies - water policies - water pricing - stochastic programming.*

## Remerciements :

J'exprime ma profonde gratitude et mes remerciements :

A Guillermo Flichman, qui a accepté de diriger ce travail et qui m'a énormément aidée dans la compréhension des modèles économiques.

A Consuelo Varela qui a aussi dirigé ce travail, pour la grande disponibilité qu'elle a manifesté à l'heure de résoudre toutes mes questions. J'ai beaucoup apprécié ses conseils, ses encouragements et son amitié. C'est aussi grâce à elle que j'ai pu continuer mes études en France.

A Maria Blanco qui m'a beaucoup aidée tout au long de ce travail ; ses recommandations bibliographiques ainsi que son expérience dans le domaine de la modélisation stochastique m'ont permis d'avancer plus vite.

A l'équipe du département d'économie agricole de l'Ecole d'Ingénieurs Agronomes de Madrid pour m'avoir facilité l'acquisition des données de base utilisées dans le modèle.

A Alvaro, pour les précieuses informations qu'il m'a fournies en ce qui concerne les normes techniques d'agronomie.

A tous les amis qui de près ou de loin ont rendu plus facile la réalisation de ce travail.

**Etude des impacts socio-économiques  
des politiques de gestion de l'eau  
et des politiques agricoles.  
Modélisation de la production agricole  
d'un périmètre irrigué  
(Bassin du Guadalquivir – Espagne)**

Patricia Mejias Moreno

Série "Master of Science" n°57  
2003

**Étude des impacts socio-économiques des politiques de gestion de l'eau et  
des politiques agricoles. Modélisation de la production agricole d'un périmètre irrigué  
(Bassin du Guadalquivir – Espagne).**

Patricia Mejias Moreno

## Série Thèses et Masters

Ce *Master* est le numéro 57 de la série Thèses et *Masters* de l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier.

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 :

**Etude des impacts socio-économiques des politiques de gestion de l'eau et des politiques agricoles.**

**Modélisation de la production agricole d'un périmètre irrigué.**

**- Bassin du Guadalquivir - Espagne**

a été soutenue par Patricia Mejias Moreno en mars 2002 devant le jury suivant :

Mme F. Jacquet, enseignant-chercheur, Ciheam-Iam Montpellier, .....Président  
Mme C. Varela Ortega, professeur Universidad Politecnica de Madrid .....Membre  
M. G. Flichman, enseignant-chercheur, Ciheam-Iam Montpellier.....Membre

Le travail de recherche a été encadré par Mme C. Varela Ortega et M. G. Flichman.

Le texte a été mis en forme pour cette publication par l'Atelier d'édition de l'Institut de Montpellier.

**CIHEAM-IAMM**  
**Institut Agronomique Méditerranéen de**  
**Montpellier**

**Directeur : Gérard GHERSI**

3191, route de Mende – BP 5056  
34093 Montpellier cedex 05  
Tél. 04 67 04 60 00  
Fax : 04 67 54 25 27  
<http://www.iamm.fr>

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

**ISBN : 2-85352-264-4**

Numéros à commander au :  
CIHEAM-IAMM  
Bureau des Publications  
e-mail : [balmefrezol@iamm.fr](mailto:balmefrezol@iamm.fr)

Prix : 50 €

**Etude des impacts socio-économiques  
des politiques de gestion de l'eau et des politiques agricoles  
Modélisation de la production d'un périmètre irrigué  
(Bassin du Guadalquivir- Espagne)**

Patricia Mejias Moreno

Série "Master of Science" n°57  
2003

