

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

**Analyse des impacts
socio-économiques et des
effets sur l'environnement des
politiques agricoles :**

modélisation de l'utilisation agricole des
ressources dans la région espagnole de
Castille-León

Maria Blanco Fonseca

Collection "Master of Science" n° 32
1996

**Institut Agronomique Méditerranéen de
Montpellier**



Série Thèses et Masters

Ce Master est le 32^e numéro de la série *Thèses & Masters* de l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier (voir liste en fin de volume).

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

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

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.

a été soutenue par **Maria BLANCO FONSECA** en janvier 1995 devant le jury suivant :

M. M. BOUSSARD,	Directeur de Recherche INRA, Paris	Président
Mme C. VARELA ORTEGA,	Professeur, Université Polytechnique, ETSIA, Madrid	Membre
Mme F. JACQUET,	Enseignant-Chercheur, CIHEAM-IAM, Montpellier	Membre
M. G. FLICHMAN,	Enseignant-Chercheur, CIHEAM-IAM, Montpellier	Membre

Le travail de recherche a été encadré par M. G. FLICHMAN et Mme C. VARELA ORTEGA.

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

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

Master of Science du CIHEAM-IAMM, n°32

Maria BLANCO FONSECA

1996

CIHEAM
Institut Agronomique Méditerranéen
de Montpellier

Directeur : Roland PEREZ

3191, route de Mende - B.P. 5056
34033 Montpellier Cédex 1 - France
Tél. 04 67 04 60 00
Fax : 04 67.54.25.27

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

Ces opinions n'engagent que leur auteur.

BLANCO FONSECA (Maria) .- 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.- Montpellier : CIHEAM/IAMM, 1995.- 132 p.- (Thèse Master of Science, IAMM, 1996, Collection *Thèses & Masters*, n°32).

Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement M. Guillermo Flichman pour sa disponibilité constante et les conseils judicieux qu'il m'a prodigués.

Je désire également exprimer ma profonde gratitude à Mme Consuelo Varela pour son attention et son aide précieuse.

Je voudrais aussi adresser mes sincères remerciements au personnel des institutions publiques qui m'ont fait bénéficier d'informations, sans lesquelles cette étude n'aurait pu être réalisée, ainsi qu'à Mme Tigoulet, qui a assuré la correction du français.

Enfin, je dis merci à tous ceux qui - peu importe la distance - sont restés tout près de moi dans ce parcours.

Sommaire

Introduction	3
Première partie : La problématique des irrigations dans la région espagnole de Castille-León	5
Chapitre I : Importance de l'agriculture en Castille-León	7
I. Introduction	7
II. Facteurs conditionnant la production agricole	7
III. La politique agricole	9
IV. L'agriculture régionale au cours des dernières décennies	11
V. Diagnostic du secteur agricole régional	16
VI. Perspectives de développement	16
Chapitre II. Le rôle prépondérant de l'irrigation dans le développement régional	19
I. Introduction	19
II. Disponibilités en eau d'irrigation dans le bassin du Douro	19
III. Développement historique de l'irrigation dans la région de Castille-León	20
IV. Situation actuelle et perspectives de développement	22
Chapitre III. Perspective de développement de l'irrigation dans le cadre de la dernière réforme de la PAC	27
I. Introduction	27
II. Le contenu de la réforme de mai 1992 de la PAC	27
III. Impact de la réforme de la PAC dans la région	31
IV. Quels enjeux représente l'application de la nouvelle PAC pour les irrigations régionales?	33
Deuxième partie : L'analyse des irrigations régionales	35
Chapitre IV. L'analyse des systèmes de production agricole	37
I. L'approche méthodologique retenue	37
II. La modélisation technico-économique comme outil d'analyse des systèmes agricoles	38
III. L'efficacité dans l'utilisation de l'eau en agriculture	41
Chapitre V. La délimitation du champ d'étude	43
I. Introduction	43
II. Caractérisation agricole des exploitations de la zone d'étude	43
III. Exploitations représentatives de la zone d'étude	46
Chapitre VI. L'obtention des coefficients techniques	49
I. Le modèle de simulation EPIC	49
II. Les coefficients techniques obtenus	51
III. Les limites du modèle EPIC	53
Chapitre VII. Le modèle de comportement des agriculteurs face à des mesures de politique agricole	55
I. Introduction	55
II. Le modèle dynamique de base	55
III. Les contraintes pluriannuelles	56
IV. Contraintes d'irrigation	58
V. Les contraintes de travail	58
VI. La prise en compte du risque	59
Chapitre VIII. L'analyse des résultats	61
I. Introduction	61
II. La simulation du comportement des agriculteurs	61

III. Evolution de la consommation	62
IV. Evolution des activités de production	63
V. Les limites du modèle	66
Conclusions générales et développements futurs	67
Annexes	69
Bibliographie	125
Table des matières	130

Introduction

La mise en place de la réforme de la politique agricole commune (PAC) et les accords du GATT impliquent des bouleversements importants dans la structure des productions agricoles des pays de l'Union Européenne. Certes le risque et l'incertitude seront toujours présents dans toute activité économique, mais la situation actuelle de l'agriculture est dominée par une grande inconnue : que va-t-il se passer pour le secteur agricole mondial dans les prochaines années, étant donné la nouvelle structure du commerce international? Si on regarde l'évolution de l'agriculture méditerranéenne, on peut remarquer la croissante importance de l'irrigation. Essayer d'éliminer les grandes indéterminations existantes en ce qui concerne les productions irriguées méditerranéennes est une tâche difficile à aborder.

La politique hydraulique a été dans le passé, on ne peut l'oublier, la clé du développement rural dans la plupart des régions espagnoles. Grâce à la politique hydraulique, l'Espagne a atteint un degré élevé dans l'utilisation des ressources hydriques au moyen notamment d'une infrastructure hydraulique importante, financée principalement par l'état. Après les interventions effectuées, la superficie irriguée actuellement en Espagne dépasse les 3 millions d'hectares, c'est-à-dire 15% de la superficie cultivée et 6% de la surface totale du pays. L'agriculture irriguée consomme 80% du total des ressources hydriques disponibles et fournit à peu près 50% de la production agricole finale. Des données montrent l'importance des irrigations dans l'agriculture espagnole, ce qui est à l'origine de la poursuite des investissements en projets d'irrigation. Désormais, la politique agricole espagnole doit se conformer à la politique agricole commune, dont les mesures stimulant une diminution de la production semblent être opposées aux incréments de productivité que la mise en irrigation entraîne.

D'autre part, il est bien connu que les agriculteurs espagnols auront des difficultés pour affronter la réforme, à cause du degré déficient de modernisation du secteur agricole par rapport à d'autres régions européennes. Or, bien que cela soit valable pour toutes les régions espagnoles, pour la région de Castille-León, la réforme entraîne plus particulièrement des bouleversements, du fait qu'elle concerne ses productions les plus significatives. Ce travail est né de la volonté de répondre aux inquiétudes des agriculteurs de cette région face à la réforme de la politique agricole commune.

En effet, la Castille-León est une région éminemment agricole, dont l'agriculture est caractérisée par la prédominance des exploitations de petite taille et le caractère familial de la production agricole. L'assolement est déterminé par les conditions pédo-climatiques et orographiques : les rigoureuses caractéristiques du climat restreignent le choix à des cultures peu exigeantes en température (céréales, betterave à sucre, tournesol) qui, en raison du déficit hydrique estival, sont dépendantes de l'irrigation.

C'est pourquoi l'irrigation a toujours été considérée comme un facteur important du développement agricole régional. En effet, elle permet d'intensifier et diversifier les productions, même si l'assolement reste très restreint. De plus, elle favorise l'implantation de jeunes agriculteurs et stimule le développement d'activités économiques non agraires. C'est pourquoi l'irrigation a subi un fort développement au cours des dernières décennies. Le gouvernement régional est conscient de l'importante limitation que le manque de pluviométrie entraîne pour le développement de l'agriculture dans la région. Cette préoccupation se reflète dans les dernières interventions publiques : le "Plan Stratégique pour le Développement du Secteur Agricole"¹ comme le "Plan Hydrologique du Bassin du Douro"² accordent une importance fondamentale à l'amélioration des infrastructures d'irrigation et à l'utilisation plus efficace des ressources en eau.

La superficie irriguée actuellement dans le bassin du Douro (entité géographique coïncidant à peu près avec la région) est de quelques 500.000 ha et il y a 40.000 ha en phase de transformation. Le Plan Hydrologique National qui sera approuvé prochainement, envisage la mise en irrigation de 90.000 ha dans les vingt prochaines années. L'adoption de ce Plan a suscité une grande polémique : il a été conçu conformément à la politique agricole en vigueur avant 1992 (qui favorisait l'intensification de la production et la modernisation du secteur agricole), mais la récente réforme de la PAC implique un changement radical d'orientation (limitation de la production).

¹- "El Plan Estratégico para el Desarrollo del Sector Agrario", dont l'objectif principal est de garantir la continuité de l'activité agricole et le soutien du potentiel productif.

²- "El Plan Hidrológico de la Cuenca del Duero" prévoit la construction de 19 barrages, la réalisation de nombreux travaux d'infrastructure et l'augmentation de la superficie irriguée dans la région.

Dans ce cadre-là, il nous a semblé très intéressant d'analyser les changements d'orientation de la production dérivés du drastique changement d'orientation politique.

Comment prévoir les effets de l'application des nouvelles mesures de politique sur l'évolution des modes de production agricole?

Quels effets attendre pour les irrigations régionales de l'achèvement de la réforme de la PAC?

Quelles mesures de politique agricole peuvent permettre, sans perte d'efficacité, une utilisation plus rationnelle des ressources en eau?

Telles sont les questions auxquelles nous allons réfléchir. Nous allons aussi nous demander si l'évolution prévisible du secteur agricole coïncide ou s'oppose à la politique d'irrigation en vigueur, et si les résultats d'application de cette politique compensent les coûts économiques, sociaux et environnementaux que la mise en irrigation entraîne.

Notre propos sera donc d'analyser les effets possibles d'un changement de politique agricole sur les exploitations irriguées, en particulier du point de vue de leur efficacité dans l'utilisation des ressources en eau.

L'analyse proposée exige une minutieuse étude socio-économique du secteur agricole régional : ce sera l'objet de la première partie de notre travail. On tiendra compte tant de la structure des exploitations agricoles que des facteurs de production disponibles et des systèmes de production utilisés. On envisagera plus particulièrement les questions concernant l'irrigation.

La deuxième partie porte sur les méthodes d'analyse retenues et les résultats observés. Pour essayer d'explicitier le comportement des exploitants irrigants face aux nouvelles mesures de politique agricole, nous aurons recours aux modèles technico-économiques. Cette approche, qui utilise en même temps un modèle de simulation agronomique et un modèle d'optimisation économique, permet de reproduire l'environnement technico-économique des exploitations représentatives et de prévoir son évolution en fonction des divers scénarios de politique agricole.

L'utilisation des modèles technico-économiques nous paraît très pertinente : ils ne restreignent pas l'analyse à l'univers technique existant, ils permettent de prévoir l'évolution de techniques de culture dans un cadre politique tout à fait nouveau et de représenter le comportement des entrepreneurs agricoles. Ils peuvent donc être utilisés pour mesurer l'influence des différents scénarios de politique agricole sur les exploitations irriguées.

La méthodologie qu'on propose a déjà été utilisée dans d'autres recherches analysant les effets des changements de politiques agricoles, aussi bien aux Etats-Unis qu'en Europe. En revanche, et c'est l'originalité de cette recherche, nous allons utiliser un modèle dynamique, plus approprié pour traiter les questions concernant les investissements en technologie d'irrigation. Ce type de modèle peut aider à mesurer l'évolution de la demande en eau d'irrigation et à réfléchir sur l'efficacité dans l'utilisation de cette ressource.

Première partie

La problématique des irrigations dans la région espagnole de Castille-León

Chapitre I

Importance de l'agriculture en Castille-León

I.- Introduction

La Castille-León a toujours été une région éminemment agricole. C'est pourquoi nous allons débiter ce chapitre en mettant en relief le rôle important du secteur agricole dans le développement économique de cette région. L'agriculture régionale a subi d'importantes transformations au cours des trois dernières décennies s'engageant, bien que très tardivement et avec une moindre intensité, dans les mêmes processus de modernisation, spécialisation et ajustement structurel que le reste des agricultures des pays voisins.

L'actuelle structure agraire est le résultat tant des conditions écologiques et sociales que de la politique économique menée jusqu'à présent. Aussi, pour une interprétation correcte de l'actuelle situation agricole, faut-il tenir compte des antécédents qui lui ont donné sa configuration. Le but de ce premier chapitre sera donc d'analyser le secteur agricole régional en se rapportant aux facteurs qui conditionnent la production et aux structures agricoles pour aboutir à un diagnostic du secteur.

II.- Facteurs conditionnant la production agricole

1.- Le milieu naturel

La Castille-León représente une unité géographique. Il s'agit d'un haut plateau limité par des accidents orographiques (Monts Cantabriques, Monts Ibériques, chaîne centrale des Monts de Gredos et de Guadarrama et Monts de León). Le plateau castillan atteint une altitude moyenne de 700 mètres, et environ 98% du territoire régional sont à plus de 600 mètres au-dessus du niveau de la mer. La région présente une faible inclinaison vers l'Ouest, en suivant le cours du principal axe fluvial qui la traverse, le Douro.

Le climat de la région subit l'influence fondamentale de l'orographie. Les barrières montagneuses qui l'entourent rendent difficile le passage des formations pluvieuses vers les grands plateaux intérieurs. Par conséquent, le climat régional a un caractère continental froid, caractérisé par des températures basses en hiver (la température moyenne minimale est de 8-10°C au-dessous zéro), très élevées en été (la température moyenne maximale est de 35-37 °C), et une période importante de risque de gelées : de novembre à début mai.

Sauf pour le périmètre montagneux, le régime des pluies est caractérisé par le manque et l'irrégularité des précipitations. La pluviométrie annuelle varie entre 200 et 600 mm suivant les années, la valeur moyenne étant de 400 mm ; d'autre part, le niveau des précipitations est aussi important que la relation avec la température : la pluie tombe généralement quand les températures sont basses et, dans la période estivale, l'importante évapotranspiration donne lieu à un déficit hydrique élevé, d'environ 700 mm/an (Blanco de Pablos, 1986).

La qualité des sols est, en général, moyenne ou mauvaise et la teneur en matière organique est plutôt basse. Il faut souligner, néanmoins, que cette caractérisation ne peut être que trop générale du fait de la grande hétérogénéité des sols dans la région.

Les conditions naturelles sont donc défavorables pour la plupart des productions agricoles. Ainsi, tant que les grandes plaines ont été traditionnellement occupées par des céréales, les zones de montagne et les "dehesas"¹ se consacraient à l'élevage bovin et ovin. Or, l'acharnement de l'intervention humaine pour remédier aux conditions naturelles adverses a entraîné des modifications significatives du paysage régional. En ce sens, les aménagements d'hydraulique agricole ont permis d'élargir la gamme des productions et d'améliorer les rendements de culture.

¹ - Une "dehesa" est une combinaison de bois de chêne vert avec du pâturage, utilisée pour les productions d'élevage extensif.

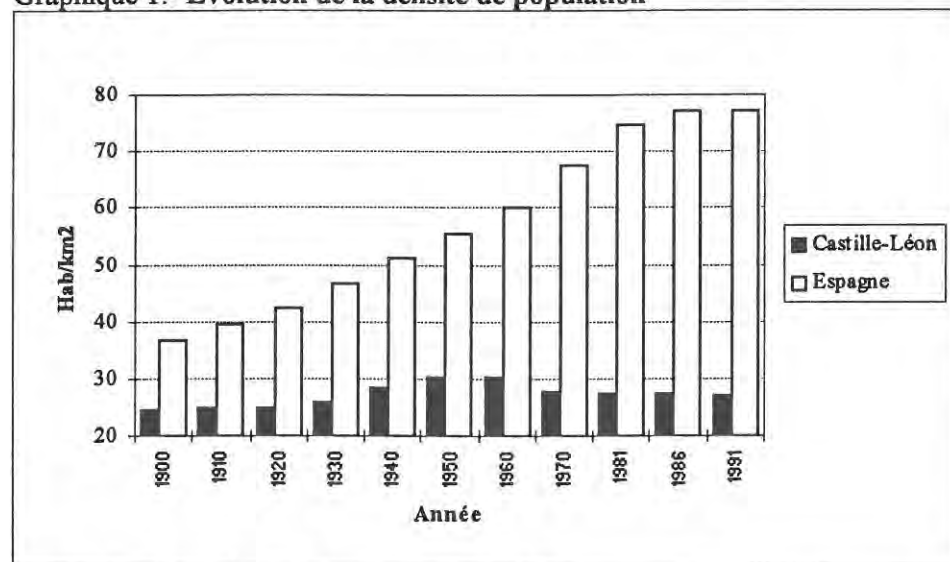
Par conséquent, les aptitudes culturelles de cette région sont maintenant bonnes pour les cultures d'hiver (notamment les céréales et les légumineuses) et pour les cultures d'été irriguées (betterave à sucre, tournesol, maïs, luzerne, pomme de terre).

2.- La population

La Castille-León a toujours été une région à faible densité de population. En 1950, année où cette région atteignait sa population maximale, la densité de population était de 30,4 habitants au kilomètre carré, chiffre considérablement inférieur à celui de l'Espagne (55,7). Dans les années suivantes, inversement à ce qui s'est passé en Espagne, la population régionale a subi une forte diminution, n'atteignant que 27,9 habitants au kilomètre carré en 1970 (pour 67,3 en Espagne).

Après 1970, la population reste à peu près inchangée : la densité de population en 1991 est de 27,1 habitants au kilomètre carré (valeur néanmoins très au-dessous de la moyenne nationale : 77,7). Mais la répartition territoriale de la population ne suit pas cette évolution ; ainsi, tandis que les grandes villes augmentent leur population, on assiste à un dépeuplement de la campagne.

Graphique 1.- Evolution de la densité de population



Source : Anuario estadístico de Castilla y León, 1991.

Il est évident que cette tendance négative intéresse aussi la population active. Celle-ci atteignait 1.186.900 personnes en 1960 ; trois décennies plus tard, le chiffre est de 993.700 personnes, c'est-à-dire que les actifs ont diminué de 16,3%. Il faut remarquer que dans la même période, la population active espagnole augmentait de 22,1%. Cette évolution négative de la population s'explique par le caractère nettement agricole de l'économie régionale. Au cours des années 60, l'économie espagnole a subi des changements importants qui ont été à l'origine des transformations décisives du secteur primaire. En effet, le démarrage du secteur industriel a entraîné un important mouvement de la population rurale de la Castille-León vers d'autres régions où l'activité industrielle était localisée (García Fernández, 1992). De ce fait, la population active agricole, qui représentait plus de la moitié du total d'actifs en 1960, n'atteignait que 17,8% en 1991, bien que ce chiffre reste encore très au-dessus de la moyenne nationale.

La baisse de la disponibilité de main-d'œuvre dans la campagne a provoqué une augmentation spectaculaire des salaires agricoles. Cela a amené les agriculteurs à mécaniser leurs exploitations. L'agriculture régionale a donc subi un profond changement dans son processus productif, notamment dans l'utilisation relative des facteurs de production : une importante substitution du facteur travail par le capital s'est produite. En regardant l'évolution de la population des zones irriguées contrôlées par la Confédération Hydraulique du Douro, on pourrait croire que les plans mis en œuvre depuis 1950 n'ont pas réussi à fixer la population dans les surfaces transformées : aucune de ces zones n'a subi une augmentation de population.

Tableau 1.- Evolution de la population rurale dans la Castille-León

	Densité de population (hab/km²)		Variation
	Année 1950	Année 1980	(%)
Zone irriguée du Tormes	28,7	28,3	-1,6
Total des zones irriguées	25,1	20,2	-19,4
Total des zones rurales	23,9	16,3	-34,3

Source : Sánchez López, 1986.

Mais, si on compare l'évolution démographique des zones irriguées et des zones sèches, nous remarquons que la diminution de population a été beaucoup moins significative dans les premières. Par conséquent, les zones irriguées sont plus peuplées que l'ensemble rural de la région (Sánchez López, 1986). Les aménagements d'hydraulique agricole ont donc réussi à maintenir un tissu rural et notamment à favoriser l'implantation de jeunes agriculteurs.

III.- La politique agricole

1.- Premières interventions : de la politique hydraulique à la politique de colonisation

L'enquête faite au milieu du XVIII^e siècle sur la richesse rurale de l'Espagne montrait comment les structures féodales existantes, notamment la concentration de la propriété foncière, constituaient un obstacle au développement agricole. Il nous semble pertinent de commencer ce paragraphe en faisant appel aux critiques des politiciens agraires du XVIII^e siècle du système féodal. Le souci de ces hommes politiques pour améliorer la rentabilité de l'agriculture donnerait lieu au processus de désamortissement² mis en place tout au long du XIX^e siècle. Les réussites de la *politique de désamortissement* ne furent pas très encourageantes : bien qu'elle ait permis l'introduction dans le système productif d'une grande étendue des terres jadis incultes, la question sociale restait irrésolue, les structures féodales donnant lieu aux latifundia (Tamames, 1988).

Dans la seconde moitié du XIX^e siècle, l'industrialisation progressive a mis en évidence la nécessité d'adapter les structures productives agricoles pour répondre à la demande croissante des produits agricoles. Cette situation s'est aggravée lors de la crise agricole de 1880 (Orti, 1984). Face à la baisse des prix, un nouveau mouvement politique privilégiant le développement de l'irrigation commença à se dessiner : le régénérationisme hydraulique³.

Ce mouvement prétend faire de la *politique hydraulique* la clé d'un programme national de développement économique, et même un des éléments de la réforme sociale. En effet, dans l'approche de Costa, son principal promoteur, "la politique hydraulique - promue par l'intervention de l'état - ne se limite pas seulement à la substitution productiviste de la culture extensive de céréales (menacée par la concurrence étrangère) par des cultures intensives, mais elle prétend aussi ouvrir une nouvelle voie pour résoudre les problèmes sociaux de l'agriculture espagnole de la fin du XIX^e siècle" (Orti, 1984). L'échec du régénérationisme hydraulique entraînera des conséquences historiques et sociales importantes. En effet, la politique hydraulique était l'alternative progressiste face à l'alternative conservatrice triomphante qui, par le biais d'une forte protection douanière, donnera lieu à une stagnation du secteur agricole et s'éloignera du modèle de développement agricole plus équilibré qu'on trouve dans les pays du nord de l'Europe.

Ensuite, la Seconde République essaiera de mener à bien une *politique agricole globale* concernant tant le progrès technique que la réforme sociale. D'une part, le réformisme républicain prêtait une attention résolue à la politique hydraulique, envisageant de résoudre les nombreuses difficultés et déficiences historiquement posées dans ce domaine (Ortega Cantero, 1984). En ce sens, la "Loi des Travaux de Mise en Irrigation" de

².- Le désamortissement consista à exproprier les biens de l'église et communaux ; ces biens furent déclarés nationaux et aliénables par vente aux enchères.

³.- D'après Tamames (1988), entre la Restauration (1874) et la proclamation de la seconde République (1931) s'ouvre une longue période, au cours de laquelle la question agraire ne se posa pas avec l'intensité politique qu'elle avait connue auparavant et connaîtrait par la suite. Le souci d'améliorer l'agriculture espagnole fut canalisé presque en une seule direction : la *politique hydraulique*.

1932 essaye d'obtenir la transformation effective de certaines zones dominées par des grands ouvrages hydrauliques en réalisant les travaux secondaires de canalisation. Toutefois, les résultats n'ont pas répondu aux attentes. Les opérations de mise en irrigation ne seront pas entreprises d'une façon décisive jusqu'à la fin de la guerre civile, lorsque la famine généralisée demandait l'augmentation de la production agricole et que la Castille-Leon devenait le grenier de l'Espagne (Cabo Alonso, 1984).

D'autre part, la préoccupation pour les questions sociales se reflétait dans la "Loi-cadre de la Réforme Agraire" du 15 septembre 1933, contenant les mécanismes de redistribution de terres et leur occupation par les paysans. Pour la mettre en oeuvre, on créa l'Institut de Réforme Agraire (IRA). La réforme consistait à exproprier sans indemnités les terres de "señorío", et toutes celles qui appartenaient aux *Grands d'Espagne*. Les terres expropriées devenaient propriété de l'Institut de Réforme Agraire qui était chargé de l'administration (Tamames, 1988). Or, si l'existence des latifundia constituait le problème primordial dans le sud de l'Espagne, en Castille, la subdivision des terres les rendaient presque inutilisables. Cependant, ce problème devrait encore attendre pour être inclus dans les programmes de politique agricole.

Le début de la guerre civile de 1936 supposait un changement radical d'orientation politique. La plupart des terres occupées furent rendues à leurs anciens propriétaires et une nouvelle politique fut imposée : *la politique de colonisation et de remembrement rural*⁴, dont les principaux objectifs étaient le développement de l'irrigation et l'amélioration des structures agricoles⁵.

L'effort accompli par l'état dans le but d'améliorer la productivité et d'augmenter la production agricole fut énorme. La "Loi-cadre pour la colonisation de grandes étendues" du 26 décembre 1939 comme la "Loi de colonisation d'intérêt local" du 27 avril 1946 stimulaient l'irrigation de vastes superficies. Mais la plus importante de trois lois de colonisation fut celle du 21 avril 1949 sur la "colonisation et la distribution de la propriété des zones irrigables", qui soulignait le caractère social de la colonisation et laissait toutes les opérations de la mise en irrigation à la charge de l'état. Toutefois, l'application de cette loi fut très lente du fait qu'une grande partie des ressources était destinée à l'expropriation et à l'achat des propriétés. Les terres expropriées étaient exploitées par des "colonos"⁶, qui avaient accès à la terre en régime de concession administrative.

En ce qui concerne le remembrement rural, celui-ci traduit un effort pour remédier au morcellement excessif dont le principal inconvénient est le temps perdu pour aller d'une parcelle à l'autre. D'autre part, le morcellement, du fait du bornage, soustrait d'importantes étendues aux cultures et rend difficile, voire impossible, l'emploi de machines modernes et la mise en irrigation.

La fragmentation en parcelles revêtait une extrême gravité dans toute la moitié nord de l'Espagne, notamment dans les provinces de Castille-Leon, Galice et des Asturies. Au cours du XIX^e siècle, quelques dispositions légales stimulèrent le remembrement rural, mais elles eurent très peu d'efficacité. Ce fut seulement le 20 octobre 1952 que fut promulguée en Espagne la première loi de remembrement rural. Cette loi est comprise dans la "Loi de Réforme et Développement Agricoles" de 1973. En Castille-León, les opérations de remembrement commencèrent en 1956 et, comme le signale Cabo Alonso (1984), en 1970, le remembrement déjà avait réussi à réduire 8 fois le nombre de parcelles.

2.- L'essor de l'intervention de l'état : la politique de prix et de crédit

Les politiques de régulation des marchés agricoles se sont développées au fur et à mesure que l'objet des interventions étatiques n'était plus d'accroître la production mais de maintenir un niveau de vie équitable dans la campagne. A partir de 1936, diverses institutions envisageant de contrôler les marchés agricoles⁶ sont apparues en Espagne. La création, en 1968, du FORPPA (Fonds d'Orientation et de Régulation des Produits et des Prix Agricoles) vint donner une certaine cohérence à ce processus. Il ne fait aucun doute que cet organisme s'inspirait de manière très évidente du "Fond d'Orientation des Marchés Agricoles" qui, à l'époque, en France, avait aussi servi de modèle au Fonds Européen d'Orientation et de Garantie Agricole (FEOGA) (Tamames, 1988).

⁴ - Pour la mettre en oeuvre, deux institutions furent créées : l'Institut National de Colonisation (1939) et le Service National de Remembrement Rural (1951), rassemblés plus tard dans l'Institut de Réforme et Développement Agricole (1971).

⁵ - On appelle "colonos" les nouveaux exploitants agricoles.

⁶ - Comme le Service national de blé, puis des céréales et aujourd'hui des produits agricoles (SENPA).

Tous les ans, le FORPPA fixait, pour la saison, les prix des produits sous contrôle : céréales, betterave, vin, viande, lait, etc. Et, de manière directe ou indirecte, il intervenait ensuite sur les marchés, pour éviter que les prix réels ne s'effondrent en dessous des prix contrôlés, ou pour empêcher qu'ils ne les dépassent trop. Ceci a supposé un important transfert de ressources vers le secteur primaire qui, d'après Barceló (1991), aurait été excessif dans les années 60 et 70, favorisant le maintien d'une population agricole trop élevée et empêchant la formation d'un tissu d'exploitations familiales viables (comme dans le cas français).

S'il est vrai que dans les années 60 et 70 il y avait un excès de travail dans l'agriculture, il n'en est pas moins vrai que dans les années 80 le facteur excédentaire était le capital. En effet, tandis que la politique de prix atteignait un niveau plus adéquat, le système de crédit - avec la Banque de Crédit Agricole et les Caisses Rurales - donnait lieu à un suréquipement des exploitations agricoles. A la suite de ces considérations, l'intervention de l'Etat n'aurait pas été aussi positive qu'on l'espérait car, au moyen d'une protection incriminée, elle a en quelque sorte gêné la création d'entreprises agricoles compétitives.

Enfin, il nous reste à mettre en relief l'influence sur le secteur agricole du processus de décentralisation politique mené à bien en Espagne dans les années 80⁷. Ce processus a entraîné le transfert aux gouvernements régionaux d'une grande partie des compétences dans le domaine de l'agriculture, cherchant à mieux répondre aux besoins spécifiques de chaque région. Cependant, le degré de décentralisation est limité aux missions de gestion de la politique agricole, tout en laissant les fonctions de planification à la charge de l'état. Dernièrement, le gouvernement régional a reçu de plus en plus de compétences mais sa capacité de décision est toujours limitée du fait qu'il n'a pas une autonomie financière suffisante (cf. annexe 1).

3.- La progressive adoption de la politique agricole communautaire

Tandis qu'en Espagne on assiste à un processus de décentralisation de la politique agricole, l'entrée dans l'Union Européenne⁸ va signifier l'adoption progressive des mesures politiques communautaires. On ne peut pas omettre de souligner que l'Espagne est entrée dans l'Union Européenne lors de la remise en cause de la politique agricole communautaire. En effet, le Livre Vert de la Commission de 1985 soulevait la nécessité de faire face aux deux principaux problèmes dérivés de l'application de la PAC : la forte accumulation d'excédents provoquée par le "succès" des mécanismes de protection et l'accroissement des dépenses très au-dessus des disponibilités budgétaires (Bonete Perales, 1991). Pour remédier à cette situation, la politique agricole a évolué dans le sens d'une diminution de la protection communautaire au moyen notamment de l'établissement des stabilisateurs et de l'introduction de mesures de discipline budgétaire. Ce tournant de la PAC affecte négativement le développement agricole de Castille-León car les principales productions de la région ont des problèmes d'excédents au niveau européen.

IV.- L'agriculture régionale au cours des dernières décennies

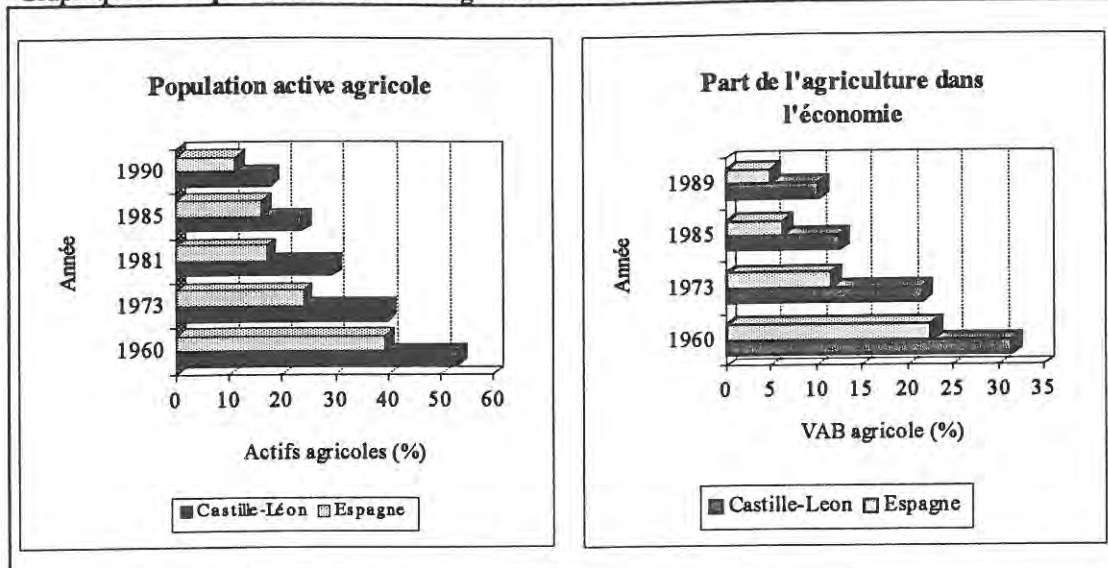
1.- L'agriculture au sein de l'économie

L'analyse de l'activité économique de la Castille-León nous amène à remarquer le rôle prépondérant de l'agriculture dans l'ensemble de l'économie régionale. Au début des années 60, les actifs agricoles représentaient 53,2% du total de la population active régionale (pour 39,4% au niveau national), et la part de l'agriculture dans la Valeur Ajoutée Brute régionale était de 31,4%, chiffre très au-dessus de la moyenne nationale (22,6%) (García Fernández, 1992). Bref, la Castille-Leon pouvait être considérée comme une région éminemment agricole. Son processus de développement s'est ensuite accompagné d'une transformation des structures productives, notamment dans le sens d'une diminution du poids relatif du secteur primaire par rapport aux autres secteurs d'activité (cf. graphique 2). Or, bien que l'expansion économique ait subi la même tendance que l'ensemble national, nous pouvons encore remarquer des différences très significatives. Ainsi, en 1990, le pourcentage d'actifs agricoles régionaux (17,8%) se situe 6,6 points au-dessus de la valeur nationale (11,2%), et la part de l'agriculture dans l'ensemble de l'économie (10,2%) est plus de deux fois celle de l'Espagne (5%).

⁷ - L'Espagne a décidé de s'articuler en régions autonomes en 1978 (Constitution de 27 décembre). Le processus d'autonomie de Castille-León commença en 1983 avec la promulgation du Statut d'Autonomie de Castille-León.

⁸ - L'Espagne fait partie de la Communauté Européenne depuis le premier janvier 1986.

Graphique 2.- Importance du secteur agricole dans l'ensemble de l'économie



Source : García Fernández, 1992.

On peut donc conclure que l'économie régionale a un caractère plus agricole que celui de l'ensemble du pays. L'importance du secteur agricole dans la région n'est pas seulement due au développement important de l'agriculture mais aussi au développement plus faible des autres secteurs économiques. Celui-ci a pour cause un niveau insuffisant de localisation des investissements industriels et l'éloignement géographique par rapport aux principaux centres d'activité économique. En effet, la trajectoire subie par l'économie régionale a été plus défavorable que celle de l'ensemble du pays, se traduisant dans un moindre rythme de croissance du Produit Intérieur Brut, une diminution de la population et un poids plus important du secteur agricole. Tous ces éléments expliquent la perte du poids relatif de la région par rapport à l'ensemble national. Seul le secteur primaire reste encore très important à l'échelon national. La Castille-León représente 18,7% du territoire national et produit 35% de la production nationale de céréales et plus de la moitié de la production totale de betterave à sucre.

Tableau 2.- Importance de l'agriculture régionale à l'échelon national (1989)

	Participation de la région dans l'agriculture nationale	
	Production (% total)	Surface (% total)
Céréales		
Blé	27.6	30.3
Orge	31.6	35.1
Maïs	6.5	5.2
Légumineuses		
Haricots secs	44.2	20.9
Lentilles	16.0	19.1
Pois chiches	20.7	11.6
Pomme de terre	17.5	14.0
Produits industriels		
Betterave	56.4	51.8
Tournesol	10.5	10.9
Produits d'élevage		
Bovin	14.5	21.8
Ovin	8.4	24.8
Porcin	10.1	15.3

Source : Anuario estadístico de Castilla y León, 1991.

⁹.- L'importance du secteur agricole est très variable dans les différentes régions espagnoles. Ainsi, tandis que la part de l'agriculture dans l'économie totale est supérieure à 10% dans les régions de Castille-León, Castille-La Manche et Extremadure, elle n'atteint pas les 2% dans les régions de Madrid, du Pays Basque et de Catalogne. (Source : EUROSTAT).

2.- Les orientations productives

Le retournement subi par l'économie espagnole dans les années 60 affecta tous les secteurs économiques. La concentration de la population dans les grandes villes et l'augmentation du revenu ont entraîné des modifications significatives de la consommation alimentaire et notamment un accroissement de la demande en produits d'élevage (García Fernández, 1992).

Devant ces modifications de la demande, les agriculteurs ont répondu en réorientant et en adaptant, bien que lentement, leurs productions, parce que l'administration garantissait des prix élevés pour certains produits dont la demande diminuait, favorisant l'accumulation des excédents. L'offre agricole a évolué donc dans le sens d'une moindre diversification des productions au fur et à mesure que celles-ci sont plus orientées vers le marché et d'un notable accroissement de l'offre des produits d'élevage (cf. annexe I).

Par conséquent, comme caractéristique fondamentale de l'agriculture régionale, nous remarquons la forte spécialisation dans un nombre réduit des productions, dont quelques-unes sont excédentaires dans l'Union Européenne. Les principales productions agricoles sont les céréales, la betterave à sucre, les légumes secs, la pomme de terre et la luzerne¹⁰. Quant aux activités d'élevage, qui représentent à peu près la moitié de la production finale agricole, on distingue les productions de bovins et ovins ainsi que la production de porcins, caractéristique de cette région (porcins ibériques).

Il faut souligner également le caractère non irrigué des productions agricoles : 14% de la superficie cultivée correspondent aux cultures irriguées. L'irrigation a cependant une importance considérable :

- * Elle affecte la moitié des exploitations de la région. Il faut signaler la coexistence dans ces exploitations de cultures irriguées et de cultures non irriguées ; la faible superficie de la partie irriguée par rapport à celle non irriguée explique le manque de représentativité au niveau des superficies.
- * L'introduction des cultures irriguées a permis à beaucoup d'agriculteurs d'éviter la perte de rentabilité dans leurs exploitations, car elles permettent d'assurer les rendements et de diversifier les productions pour s'adapter aux conditions de marché.
- * Les terres irriguées représentent plus de la moitié de la production agricole totale.

3.- La structure du secteur agricole

Nous allons analyser par la suite les changements produits dans le processus productif, notamment quant à l'utilisation relative des différents facteurs de production (la terre, le travail et le capital).

A.- Le système foncier comme facteur déterminant les modes de production agricole

Le système foncier dominant dans la région explique l'actuelle distribution de la superficie en exploitations de type familial, de dimension réduite et composées en général d'un grand nombre de parcelles, non contiguës.

En effet, un des principaux obstacles au développement agricole de la région a été la distribution de la superficie en exploitations de très petite taille, divisées en plusieurs parcelles. Les données cadastrales de 1959 nous permettront d'éclairer cette affirmation : la superficie moyenne par propriétaire était de 6,5 ha ; à peu près 99% des propriétaires possédaient moins de 50 ha et 91,3% des propriétaires n'atteignaient pas 10 ha (Cabo Alonso, 1984). Nous sommes conscients que propriété et exploitation agricole ne sont pas des concepts équivalents, mais étant donné la forte prédominance dans cette région du mode de faire valoir direct, l'analyse faite reste toujours valable.

A partir des années 60, deux éléments permettent d'améliorer la structure des exploitations : l'exode rural et le remembrement. En effet, l'exode rural a entraîné une rapide réduction du nombre d'exploitations et, comme conséquence, une augmentation de la taille moyenne. Pour sa part, le remembrement commencé en 1956 a connu un considérable succès. En 1978, il affecta environ 2,5 millions d'hectares et avait réussi à diminuer de 8 fois le nombre de parcelles (Cabo Alonso, 1984).

¹⁰.- La Castille-León produit plus de 30% de la production espagnole de céréales et plus de la moitié de la production nationale de betterave à sucre.

Mais, malgré ces acquis, la structure des exploitations continue d'être déficiente par rapport à d'autres régions espagnoles. D'après le dernier recensement agricole (1989), la dimension moyenne des exploitations de la région est de 34 ha.

Il y a encore une autre question qui concerne la distribution de la terre : la répartition de la surface en terres sèches et terres irriguées. La Castille-León possède environ 500.000 ha de terres irriguées qui équivalent à 14% des terres cultivées, et qui sont occupées fondamentalement par les céréales, la betterave à sucre, le tournesol, la pomme de terre et la luzerne.

La superficie encore susceptible d'être transformée en zone d'irrigation peut être de 300.000 ha, si l'on ajoute les 80.000 ha irrigables par l'utilisation de nappes phréatiques, l'étendue qui peut être encore irriguée devrait atteindre 380.000 ha. La superficie maximale irrigable est alors d'environ 880.000 ha. Les investissements effectués pour l'irrigation sont parmi ceux qui, dans la région, ont la plus forte rentabilité, du fait de l'élévation des rendements.

B.- Les conséquences du progrès technique

Nous abordons ici l'étude du troisième facteur de la production agricole, le capital, qui inclut les fertilisants, les machines agricoles et les produits phytosanitaires. Les faibles rendements par hectare ne pourront s'élever que grâce à des investissements dans ces trois secteurs et dans celui de l'irrigation (question que nous avons déjà soulevée).

Dans le cas des cultures sèches, l'insuffisance et l'irrégularité des pluies en Castille-León rendent difficile l'emploi des fertilisants ; la mise en irrigation a permis d'augmenter l'efficacité de la fertilisation. C'est pourquoi l'expansion de l'irrigation a considérablement élevé la consommation d'engrais.

Vers le milieu du XX^e siècle, le système d'exploitation s'est caractérisé par une importante utilisation de main-d'œuvre et l'absence presque totale de machines agricoles. Or, comme nous l'avons déjà remarqué, dans les années 60, il s'est produit une forte hausse des salaires agricoles qui amena les agriculteurs à mécaniser leurs exploitations. C'est donc à ce moment qu'on assiste à une importante augmentation du degré de mécanisation.

Ainsi, dans la période 1960-1973, le nombre de tracteurs s'est multiplié par 6; le processus de mécanisation a continué dans les années suivantes mais à un rythme inférieur (cf. annexe I). A l'heure actuelle, le degré de mécanisation de la région est très élevé ; on peut même dire que les exploitations sont suréquipées notamment quant à la puissance. (García Fernández, 1992).

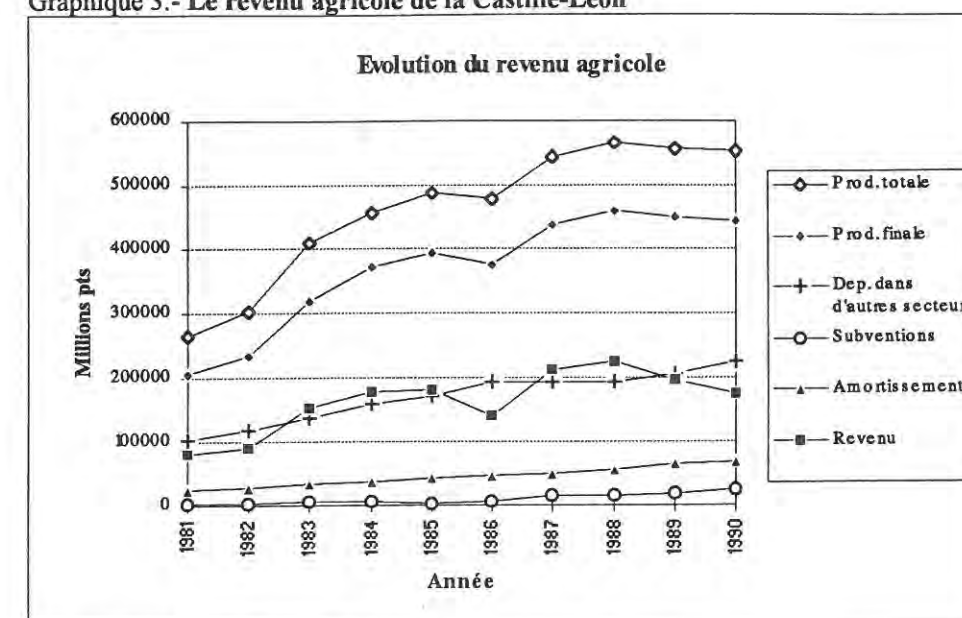
Dans le cas des terres irriguées, certes le rapport entre le capital et la taille des exploitations est élevé. Or, du fait de la petite taille des exploitations, ceci ne traduit pas un degré technologique important mais plutôt une certaine inefficience dans l'utilisation des facteurs de production, et, notamment, une sous utilisation des machines agricoles. Quant aux équipements d'irrigation, la plupart des exploitations régionales ont encore recours aux méthodes d'irrigation à forte utilisation de main-d'œuvre.

C.- Les résultats économiques de l'activité agricole

Pour caractériser l'activité agricole du point de vue économique, nous ferons appel au concept de *revenu agricole*, qui est calculé en soustrayant à la production agricole totale (mesurée dans des termes monétaires) les réutilisations, les dépenses dans d'autres secteurs et les amortissements, et en ajoutant les subventions à la production. L'utilisation de ce concept est intéressante parce qu'il est l'objet de la plupart des interventions de l'état.

L'évolution du revenu agricole présente une tendance positive, bien que le taux de croissance soit modéré. Malgré cela, on remarque des années avec de fortes diminutions de revenu, qui correspondent aux mauvaises années climatiques (1981, 1986 et 1989). Pour mieux comprendre cette évolution, nous allons étudier séparément les différentes variables concernées.

Graphique 3.- Le revenu agricole de la Castille-León



Source : Junta de Castilla y León, 1991.

D'une part, le progrès technique a entraîné la diminution des réutilisations et l'augmentation parallèle des dépenses dans d'autres secteurs ; celles-ci ont subi un accroissement spectaculaire dans la période 1964-73 - nommée "crise de l'agriculture traditionnelle", reflétant le fort processus d'introduction d'intrants (engrais, carburants) produit (García Fernández, 1992). Mais la variable qui s'est accrue le plus, c'est les amortissements, principalement en raison du processus important de mécanisation agricole.

D'autre part, les subventions à la production ont subi une évolution très irrégulière du fait de leur caractère compensatoire des pertes de revenus liées aux conditions climatologiques adverses. Elles ont triplé après l'adhésion à l'Union Européenne.

Par conséquent, le rapport entre le revenu agricole et la production totale a diminué au cours des dernières décennies. Cette tendance reflète la variation dans l'utilisation des facteurs de production, concrètement la substitution du facteur travail par le facteur capital.

Finalement, il faut signaler que le rapport entre revenu agricole et production totale est plus défavorable dans la région que dans l'ensemble national. Cela signifie que l'agriculture régionale est moins efficace : elle utilise une quantité supérieure d'inputs et de capital fixe pour la même production finale (García Fernández, 1992).

Les principaux aspects caractérisant l'activité économique du secteur sont les suivants :

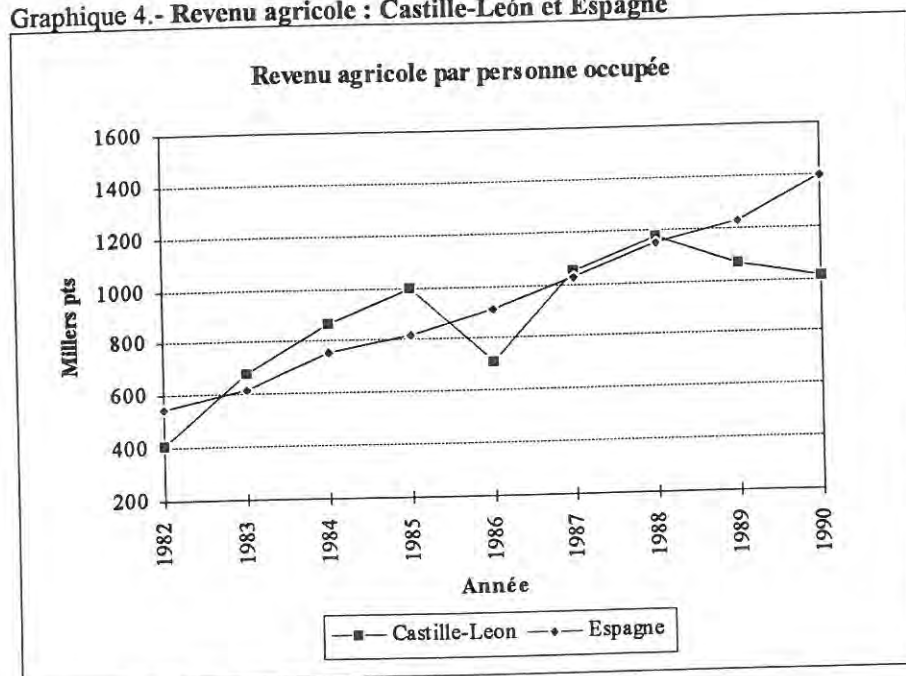
→ La participation de chaque sous-secteur dans la production finale montre un équilibre entre les productions agricoles et les produits d'élevage. En 1990, la production finale agricole représentait 47% de la production finale totale, et la production d'élevage atteignait 49,1%.

→ Le revenu agricole régional est basé sur un nombre réduit de productions, dont la plupart se trouvent dans une situation excédentaire dans l'Union Européenne. 75% de la production finale agricole correspondent aux dix principaux produits, dont quatre sont agricoles (orge, blé, betterave et pomme de terre) et le reste est constitué par des produits d'élevage (viande de porc et bovin, lait de vache, viande d'ovin, oeufs, et lait d'ovin) (Cabanillas, 1991).

→ Du fait du caractère sec de l'agriculture régionale, la production agricole est fortement dépendante de la climatologie, et plus particulièrement des pluies. Ceci implique des fortes variations de revenu d'une année à l'autre.

→ Le revenu agricole par personne occupée dans le secteur se trouve au-dessous de la valeur moyenne nationale et du reste des secteurs d'activité économique.

Graphique 4.- Revenu agricole : Castille-León et Espagne



Source : Junta de Castilla y León, 1991.

V.- Diagnostic du secteur agricole régional

L'agriculture régionale est caractérisée par la prédominance des exploitations de petite taille et le caractère familial de la production agricole.

L'assolement est déterminé par les conditions pédo-climatiques et orographiques : les rigoureuses caractéristiques du climat restreignent le choix à des cultures peu exigeantes en température (les céréales, la betterave à sucre, le tournesol) et le déficit hydrique estival donne lieu à une dépendance de l'irrigation. D'un autre côté, la haute altitude moyenne (90% de la surface régionale se trouve à plus de 600 mètres au-dessus du niveau de la mer) restreint aussi les possibilités productives.

C'est pourquoi l'irrigation a toujours été considérée comme un facteur important du développement agricole régional. En effet, elle a permis d'intensifier et diversifier les productions, même si l'assolement reste très restreint. De plus, l'irrigation favorise l'implantation de jeunes agriculteurs et stimule le développement d'activités économiques non agraires.

L'agriculture régionale a subi d'importantes transformations au cours des années 70, notamment :

- la mécanisation et l'intensification de la production, qui ont entraîné un notable incrément de la productivité et une drastique réduction de la main-d'œuvre ;
- l'augmentation de la superficie irriguée, permettant une diversification de la production ;
- des changements d'orientation de la production, le fort développement de la betterave à sucre étant le plus significatif.

Mais les progrès acquis dans les années 70 n'ont pas eu de continuité dans les années 80, décennie où la plupart des problèmes structurels de l'agriculture régionale sont restés irrésolus. Les limitations écologiques à la production (notamment les températures, le déficit hydrique et la haute altitude) et le manque de structures suffisantes sont donc les principaux facteurs qui conditionnent le développement du secteur.

VI.- Perspectives de développement

L'analyse régionale des problèmes agricoles nous amène à remarquer deux aspects principaux qui conditionnent le développement agricole de Castille-León : l'orientation de l'agriculture vers des productions excédentaires,

notamment les grandes cultures (les céréales, les oléagineux et les protéagineux) et les activités d'élevage bovin, ainsi que la forte dépendance du revenu des agriculteurs par rapport à la pluviométrie.

Le principal facteur limitatif de l'agriculture régionale est le climat. En effet, les rendements unitaires sont très dépendants des conditions climatiques, et tout particulièrement de la pluviométrie : ainsi, tandis que le rendement moyen de blé était de 1720 kg/ha en 1986 (une mauvaise année climatique), il atteignait 3510 kg/ha en 1988 (année très favorable)¹¹.

Cette variabilité des rendements entraîne de fortes fluctuations dans les revenus annuels des agriculteurs : le revenu agricole par personne occupée dans l'agriculture était de 708.200 pts en 1986, chiffre qui contraste avec les 1.172.100 pts en 1988.

Malgré cela, la région présente des potentialités agricoles importantes :

- Une capacité de production élevée, qui s'explique par la forte proportion de superficie cultivée (la SAU représente plus de 60% de la superficie géographique), et par l'abondance d'une ressource naturelle gratuite : le soleil. L'augmentation des investissements en irrigation permettrait de mieux utiliser ces conditions favorables.
- L'existence de ressources hydrauliques importantes : la superficie régionale coïncide à peu près avec le bassin du fleuve Douro, le plus large de l'Espagne. La distribution de la superficie régionale en zones plates et de montagnes permet la construction de barrages, nécessaires pour réguler l'utilisation de l'eau.
- L'adéquation des zones de plateau et des "dehesas" pour l'élevage de certaines espèces locales de très haute qualité (ovins de race Castillane, porcins ibériques).

Le gouvernement régional est conscient de l'importante limitation que le manque de pluviométrie entraîne pour le développement de l'agriculture dans la région. Cette préoccupation se reflète dans les dernières interventions publiques : le "Plan Stratégique pour le Développement du Secteur Agricole"¹² comme le "Plan Hydrologique du Bassin du Douro"¹³ accordent une importance fondamentale à l'amélioration des infrastructures d'irrigation et à l'utilisation plus efficiente des ressources hydrauliques.

¹¹ - C'est aussi intéressant de comparer ces résultats avec ceux de la Communauté : le rendement moyen communautaire de blé était de 5020 kg/ha en 1986 et de 5340 kg/ha en 1988.

¹² - Le "Plan Estratégico para el Desarrollo del Sector Agrario", dont l'objectif principal est de garantir la continuité de l'activité agricole et le soutien du potentiel productif.

¹³ - Le "Plan Hidrológico del Duero" prévoit la construction de 19 barrages, la réalisation de nombreux travaux d'infrastructure et l'augmentation de la superficie irriguée dans la région.

Chapitre II

Le rôle prépondérant de l'irrigation dans le développement rural régional

I.- Introduction

En regardant les données statistiques, nous pouvons caractériser l'agriculture régionale comme non irriguée. En effet, la superficie irriguée en 1989 fut seulement de quelques 520.000 ha, 83% correspondant aux terres cultivées et le reste aux pâturages ; l'irrigation représente 11% de la superficie cultivée et 14% de la surface de cultures herbacées. Néanmoins, durant cette même année, l'irrigation affecta à peu près la moitié des exploitations de la région : en raison de la faible pluviométrie et du fait du caractère familial de la production agricole, les agriculteurs de Castille-León ont trouvé dans l'introduction ou l'augmentation de surfaces irriguées la solution à la perte de rentabilité de leurs exploitations.

L'intérêt des exploitants agricoles pour tout ce qui concerne l'irrigation est partagé par les institutions politiques régionales. Ainsi, un des principaux objectifs des interventions que le gouvernement régional est en train de mettre en place¹ consiste à améliorer les infrastructures agricoles, notamment hydrauliques. Cet objectif n'est pas le seul : les pouvoirs publics régionaux sont aussi conscients de l'importance d'optimiser l'utilisation de la ressource la plus limitée de la région : l'eau.

II.- Disponibilités en eau d'irrigation dans le bassin du Douro

1.- Les ressources superficielles

Le Douro est la principale rivière de l'Espagne quant à l'étendue du bassin, avec 77.500 km², dont la presque totalité se trouve dans la région de Castille-León, et la deuxième quant au débit (570 m³/seconde).

Les pluies sont peu importantes et irrégulières : dans la période 1940-1985, les précipitations annuelles ont oscillé entre 350 et 825 mm, la valeur moyenne étant de 615 mm. Or, du fait de l'étendue du bassin et du régime pluvio-nival des apports, les ressources hydriques sont relativement importantes. L'apport moyen est d'environ 15.000 hm³ par an, chiffre qui représente 13% du total national (Díaz-Caneja, 1991).

Les données hydrauliques les plus significatives sont :

Barrages (nombre)	59
Volume retenue (hm ³)	7.660
Canaux d'irrigation (km ³)	1.600
Surface irrigable avec des eaux superficielles (ha).....	370.000
dont, surface irrigable étatique (ha)	230.000
surface irrigable des particuliers (ha)	140.000
Surface irrigable avec des eaux souterraines (ha)	140.000
Surface irrigable totale (ha)	510.000

Les structures hydrauliques existantes permettent la régulation de quelques 7.000 hm³, c'est-à-dire 50% des apports. Avec ce volume, on pourrait théoriquement irriguer environ 1.000.000 ha (Segura Graiño, 1993). Mais, à l'extrémité inférieure du bassin, la régulation ne permet que l'utilisation hydro-électrique.

En enlevant les barrages à usage énergétique, le volume régulé est de 3.750 hm³ (25% des apports). La demande en eau est de 3.600 hm³ annuels, dont 94% correspondent aux utilisations agricoles et seulement 6% aux utilisations urbaines et industrielles (Díaz-Caneja, 1991). De la comparaison de la demande avec les

¹.- Il s'agit des programmes compris dans "Le Plan Stratégique pour le Développement du Secteur Agricole", "Le Plan Hydrologique du Bassin du Douro", et "Le Plan de Développement Régional".

disponibilités de la ressource, il en résulte un certain excédent d'eau. Mais il faut signaler que la distribution des ressources à l'intérieur de la région n'est pas homogène, d'où le manque d'eau dans certaines zones.

La localisation des activités industrielles tout au long des cours fluviaux provoque des problèmes de pollution des eaux, mais à cause du faible développement industriel de la région, les effets sur la qualité des eaux ne sont pas aussi graves que dans d'autres régions espagnoles. L'activité agricole est aussi une source d'impacts sur la qualité des eaux : la pollution diffuse s'est accrue au fur et à mesure que l'utilisation d'engrais s'est généralisée; ce type de pollution a une incidence plus remarquable dans les zones irriguées (Junta de Castilla y León, 1991).

2.- Les eaux souterraines

Du point de vue hydrogéologique, la région est caractérisée par la présence d'une dépression tectonique placée sur des matières plus ou moins imperméables, d'où la richesse en ressources hydriques souterraines. Les irrigations avec des eaux souterraines ont subi un fort développement, notamment dans les régions du sud du Douro où la régulation des ressources superficielles est moins développée.

Les principaux problèmes dérivés de l'utilisation des eaux souterraines sont la surexploitation de la ressource et les effets négatifs sur la qualité des eaux (Ballester Rodríguez, 1986). La concentration des perforations a provoqué une descente progressive du niveau phréatique dans certaines zones irriguées, notamment la vallée d'Esgueva et la région de Moraña-Pinares, où le rythme de descente est d'environ deux mètres par an, ce qui entraîne une augmentation du coût de l'irrigation et oblige à réaliser des sondages de plus en plus profonds. En ce qui concerne la qualité des eaux, elle est menacée par des problèmes d'accumulation des sels au centre de la région (Olmedo et Villafila principalement), et par l'apparition de résidus azotés dans les nappes phréatiques là où l'activité agricole est plus intensive.

III.- Développement historique de l'irrigation dans la région de Castille-León

1.- Nécessité et difficulté de la mise en irrigation

Ce sera au cours du XVIII^e siècle, lors du démarrage de l'industrialisation et de la révolution démographique parallèle, que la nécessité de développer l'irrigation dans la région devient plus notoire. Déjà à la fin du XVIII^e siècle, Jovellanos avait constaté que la mise en irrigation des terres agricoles était *nécessaire et difficile*. Ces deux éléments, nécessité et difficulté, vont se retrouver tout au long de la problématique du développement des irrigations régionales (Ortega Cantero, 1984).

Comme nous l'avons déjà signalé, le climat régional présente des caractéristiques très limitantes pour la production agricole, notamment la haute altitude moyenne, le manque et l'irrégularité des précipitations, et la longue durée de la période de gelées. De ce fait, le sol régional a été traditionnellement occupé par des céréales sèches. D'ailleurs, le manque de pluviométrie exigeait la mise en jachère un an sur deux. Etant donné le caractère familial des exploitations, en général de très petite taille, les productions agricoles étaient destinées principalement à l'autoapprovisionnement.

Dans ces conditions, il est aisé de comprendre les difficultés des agriculteurs lors du passage à un système de production plus intégré au marché. Les agriculteurs régionaux ont bientôt compris que la mise en irrigation pouvait leur permettre d'accroître les rendements et d'assurer les récoltes. En effet, d'après les registres de 1890, le rendement moyen d'une culture irriguée était 1,5 fois celui de la même culture sèche pour le blé et de 1,3 fois pour l'orge. Mais, comme l'exploitation des terres sèches exigeait la mise en jachère un an sur deux, avec l'irrigation les rendements du blé étaient trois fois supérieurs (2,6 fois pour l'orge), (Cabo Alonso, 1984).

D'ailleurs, les conditions naturelles sont favorables à la mise en irrigation du fait de l'abondance des ressources hydriques superficielles et du relief doux des plateaux castillans. Toutefois, l'utilisation de ces ressources exige la réalisation d'ouvrages d'envergure considérable et donc très coûteux, d'où la difficulté de la mise en irrigation. Le principal obstacle pour la transformation est donc le manque de régulation des eaux fluviales. La régulation des débits, avec la construction de barrages, permettrait un développement considérable de l'irrigation. Mais celui-ci ne pourra être effectif qu'avec une volonté politique décidée.

2.- Aperçu historique de l'évolution de l'irrigation : interventions publiques et initiative privée

L'agriculture irriguée existe en Castille-León de très longue date. Sur la rive droite de l'Orbigo, dans la Ribera (petite région de León), les irrigations dites traditionnelles fonctionnent dès l'époque de la domination arabe (Sánchez López, 1986).

L'irrigation a toujours été un des principaux soucis des politiciens régionaux. A la demande des procureurs de Castille-León, un canal d'irrigation commença d'être construit à la fin du XVI^e siècle. Mais, à cause de la situation politique mouvementée, le Canal de Castille ne fut fini qu'en 1852.

Tout au long du XVIII^e siècle, à la suite des processus d'urbanisation et de modernisation agricole, la demande en eau s'est accrue rapidement, mettant en évidence la nécessité d'une meilleure utilisation et régulation des ressources disponibles. A ce moment-là, et en accord avec l'idéologie productiviste libérale en vigueur, il est apparu la volonté de mobiliser les ressources naturelles ; l'illusion pour l'utilisation des ressources hydriques pouvant être résumée par la phrase attribuée à Mendizábal selon laquelle "l'Espagne ne sera riche tant que les rivières se jettent dans la mer". La revendication d'une *politique hydraulique* se cristallisa dans une situation de défi : c'est la grande crise agricole de 1880.

Cette crise a eu pour origine le développement des transports, qui a permis la création d'un marché mondial de produits agricoles et l'arrivée des céréales américaines sur les ports européens. Elle a mis en évidence l'inadaptation des systèmes de production secs castillans aux conditions de la "seconde modernisation agricole"², basée sur l'intensification de la production au moyen notamment de l'utilisation de machines et d'engrais (Orti, 1984).

La chute des prix des céréales a été à l'origine de ce que l'on appelle le "régénérationisme hydraulique", mouvement qui considère l'eau comme le facteur le plus important pour le développement agricole. L'enthousiasme pour la politique hydraulique du politicien Costa, son principal promoteur, fut partagé dans notre région par Macías Picaña ; à la suite des incitations politiques, de nombreux puits furent ouverts dans la région (Sánchez López, 1986)³.

On retrouvera le point de vue proposé par l'idéologie régénérationiste lors de la Seconde République. Le réformisme républicain prêtait une attention résolue à la politique hydraulique : les interventions prétendaient résoudre les nombreuses difficultés historiquement posées dans ce domaine, notamment en ce qui concerne le financement des ouvrages. Ainsi, la "Loi des Travaux de Mise en Irrigation" du 13 avril 1932 reconnaissait qu'il ne suffisait pas d'effectuer seulement des travaux hydrauliques pour réaliser les transformations : outre les travaux de base, il fallait pouvoir faire les travaux secondaires (réseaux d'irrigation et drainage), qui ne pouvaient être laissés à la merci d'une initiative privée. Cette tendance à poser le problème de la mise en irrigation dans toute sa complexité, se retrouve dans le "Plan de Travaux Hydrauliques" de 1933 de Lorenzo Pardo (Ortega Cantero, 1984).

Mais c'est dans les années 50 et 60 que l'intervention de l'état, canalisée par l'Institut National de Colonisation, a été particulièrement importante. L'Institut National de Colonisation (INC) fut créé en 1939 et il est chargé de la transformation de grandes zones irrigables. Par le biais de cet Institut, de nombreux barrages ont été construits dans la région. Comme conséquence des interventions mentionnées, l'état contrôlait, en 1973, 7.367 hm³ dans le bassin du Douro, c'est-à-dire 58,8% de l'apport annuel moyen. A peu près la moitié de cette quantité est destinée à la production d'électricité, le reste correspondant à l'irrigation.

Simultanément, dans les zones éloignées des grands ouvrages de canalisation, les agriculteurs eux-mêmes ont entrepris la mise en irrigation de ses exploitations au moyen du captage des eaux souterraines. Cela a permis d'élargir les irrigations notamment dans la seconde moitié du XX^e siècle lorsque l'exode rural et le remembrement permettaient d'augmenter la taille des parcelles, rendant ainsi rentables les investissements en irrigation.

² - On appelle "première modernisation agricole" le développement agricole produit dans les années 1830-40 à la suite de la mise en culture des terres désamortisées.

³ - La politique hydraulique se vit pour la première fois reflétée officiellement par le "Plan des Travaux Hydrauliques de 1902". A cause des événements politiques qui suivirent, ce premier plan ne fut jamais mis en place, mais il sera le fondement de la politique hydraulique postérieure.

Par conséquent, on peut trouver en Castille-León trois systèmes d'irrigation différents :

- les irrigations traditionnelles, concernant environ 15.000 ha de la rive droite de l'Orbigo, qui utilisent les eaux de façon communautaire ;
- les irrigations avec des eaux souterraines, développées par l'initiative privée;
- les irrigations contrôlées par la Confédération Hydraulique du Douro.

3.- Expansion des irrigations dans la région

Du fait que la mise en irrigation s'avérait profitable pour assurer les récoltes, les agriculteurs eux-mêmes ont commencé, pendant le XIX^e siècle, à irriguer leurs exploitations en prenant l'eau des cours fluviaux ou en profitant des retenues des moulins à eau. Même s'il est difficile de préciser la superficie irriguée à ce moment-là, on calcule qu'à la fin du XIX^e siècle, il avait dans le bassin du Douro environ 102.800 ha irrigués.

L'intérêt des pouvoirs publics pour développer l'irrigation dans la région n'a cessé d'augmenter dès le début du XX^e siècle. Le Plan des Travaux Hydrauliques de 1902, prévoyait d'augmenter la surface irriguée de 102.800 ha à 152.600 ha. Mais l'efficacité des plans hydrauliques successifs sera presque nulle jusqu'à la fin de la guerre civile, quand le manque d'aliments a servi de moteur à une véritable politique d'irrigation. A ce moment, de nombreux barrages furent construits, permettant d'accroître la superficie irriguée jusqu'à 182.400 ha en 1954 et d'atteindre 288.300 ha en 1965 (Cabo Alonso, 1984).

Dans les années 70, l'initiative publique commence à perdre de l'importance tandis que les investissements privés augmentent. Le remembrement rural (qui permet de disposer de parcelles de taille suffisante pour mener à bien les investissements) ainsi qu'une conjoncture agricole favorable (de bonnes expectatives pour la betterave à sucre notamment) stimulèrent la prolifération de perforations. Ce phénomène se vit favorisé par les subventions accordées par l'Institut de Réforme et Développement Agricole (IRYDA). De ce fait, du total des 410.000 ha irrigués dans la région au début des années 80, 265.000 ha correspondaient aux irrigations particulières.

Enfin, dans les années 80, la tendance s'est inversée : le développement des irrigations privées décroît à cause de l'augmentation des coûts d'extraction de l'eau et par contre, les administrations publiques entreprennent des perforations collectives ainsi que l'amélioration des infrastructures d'irrigation étatique avec des eaux superficielles.

D'après les statistiques du Ministère de l'Agriculture, la surface irriguée en 1982 s'étend sur 499.500 ha, dont 81,5 % correspondent aux terres arables et le reste aux pâturages. Mais, du fait que les irrigations avec des eaux souterraines ne sont pas toujours déclarées en totalité par les agriculteurs, la surface réellement irriguée est supposée être très au-dessus de celle recensée par le Ministère de l'Agriculture. D'après F. Molinero, le chiffre correspondant à la surface irriguée doit être augmenté de 25%, ce qui est confirmé par les estimations de l'IRYDA (Cabo Alonso, 1984).

Ainsi, la surface irriguée en 1982 serait de quelques 600.000 ha, c'est-à-dire plus de 15% des terres labourables.

IV.- Situation actuelle et perspectives de développement

1.- Principales interventions publiques en matière d'irrigation

En Espagne, l'administration des ressources hydrauliques dépend de l'état. En matière d'irrigation, jusqu'à une date récente, le souci principal était celui d'augmenter la superficie irriguée. Mais, l'approbation de la Loi des Eaux de 1985 (Loi 29/1985, du 2 août) montre une prise de conscience de l'état par rapport à l'eau comme ressource naturelle rare dont l'utilisation doit être rationalisée. En effet, d'après cette loi, la planification hydraulique a pour objectifs de satisfaire la demande en eau et d'équilibrer le développement régional, tout en augmentant la disponibilité de la ressource, en protégeant la qualité et en rationalisant une utilisation compatible avec la protection de l'environnement.

A.- Les Plans Hydrauliques

La Loi des Eaux organise la planification hydraulique avec les Plans Hydrauliques de Bassin et le Plan Hydraulique National. Les Confédérations Hydrauliques sont les principales institutions chargées de la gestion des ressources hydrauliques. Elles sont chargées de l'élaboration des Plans Hydrauliques de Bassin et de l'administration et du contrôle des eaux publiques.

Les Plans Hydrauliques de Bassin contiennent les bases rationnelles pour une meilleure utilisation de la ressource eau. Tous les secteurs impliqués (l'administration centrale, les communautés autonomes et les communautés d'utilisateurs) interviennent dans l'élaboration de ces plans. L'ordre de préférence établi pour l'octroi des débits d'eau est l'approvisionnement de la population, les irrigations, et les autres utilisations. Dans le bassin du Douro, la Confédération Hydrologique contrôlait quelques 400.000 ha en 1985 (cf. tableau 3). Le projet de lignes directrices du Plan Hydrologique du Bassin du Douro envisage la transformation de 160.000 ha ; par conséquent, la superficie irriguée avec des eaux superficielles pourrait atteindre 585.600 ha en 2010. Les interventions en cours les plus importantes sont celles concernant le barrage de "Las Cogotas", qui permettra la mise en irrigation de 7.000 ha et le barrage de "Riaño" qui prévoit la transformation de 84.000 ha dans les années à venir.

Tableau 3.- Possibilités de développement de l'irrigation (ha)

	Superficie irriguée 1985	Superficie en transformation 1987	Superficie irriguée 2010	Superficie irriguée 2010
Bassin du Douro	409600	16000	160000	585600
Total national	3011300	227000	864000	4002400
% région/Espagne	13.60	7.05	18.52	14.63

Source : El agua en España (MOPU, 1986).

L'actuelle politique d'irrigation se reflète dans le Plan Hydrologique National récemment approuvé. Les principaux objectifs visés par ce Plan en ce qui concerne l'irrigation sont :

→ L'amélioration et la modernisation des systèmes d'irrigation existants. Cette ligne envisage d'affecter quelques 1.400.000 ha (dans l'ensemble du pays) dans un délai de 20 ans, dont il résulterait une épargne de 975 hm³/an. La modernisation des irrigations, outre l'amélioration et la modernisation des infrastructures, comprend des subventions à l'introduction de technologies d'irrigation plus efficaces.

→ La mise en irrigation de nouvelles terres agricoles pour faire face aux prévisions de la demande. Les projets de lignes directrices des Plans Hydrologiques de Bassins demandaient la transformation de 1.200.000 ha. Cet objectif a été ramené à 600.000 ha dans les 20 prochaines années (dont 90.000 ha dans la région de Castille-León). Cela signifie un incrément de 18% par rapport à la superficie actuellement irriguée. Cependant, il ne sera accepté qu'un incrément de 14% du niveau global des ressources, du fait des limitations établies dans les dotations.

→ L'amélioration de la qualité de l'eau. L'utilisation de l'eau dans l'agriculture, étant donné qu'il s'agit d'une ressource naturelle, doit être considérée sous une perspective de développement soutenable. La société demande de plus en plus l'intégration des coûts environnementaux dans tous les processus productifs. Dans ce sens, des études de viabilité économique, sociale et environnementale seront exigées pour les nouveaux projets d'irrigation.

B.- Le Plan des Irrigations de Castille-León

Dès la promulgation du Statut d'Autonomie, c'est le gouvernement régional qui doit administrer, dans le cadre de la Loi des Eaux, les ressources hydrauliques appartenant à la Communauté Autonome. Le gouvernement régional est conscient que le mauvais état des infrastructures d'irrigation rend difficile la bonne gestion d'une ressource de plus en plus estimée.

Les efforts de la Junte de Castille-León pour aborder ce problème se reflètent dans le Plan des Irrigations de Castille-León. Ce Plan cherche à connaître la situation actuelle des irrigations avec des eaux superficielles pour prévoir, en accord avec les ressources disponibles, la situation future à moyen et long terme. La détermination de la surface susceptible d'être transformée permettra de bien planifier les interventions nécessaires. Ce plan est donc conçu comme un bon outil permettant au gouvernement régional d'établir l'ordre de priorité des interventions en matière d'irrigation. Le plan envisage des interventions dans les zones irrigables contrôlées par les Confédérations Hydrauliques, la mise en irrigation à travers de petits barrages, l'amélioration et le développement des irrigations des Communautés de Cultivateurs, etc.

2.- Principaux éléments conditionnant les irrigations dans la région

Un des graves problèmes des irrigations régionales est la surexploitation des nappes aquifères, notamment dans les zones au sud du Douro. Cela a entraîné une diminution des perforations compensée par des interventions publiques stimulant l'utilisation des eaux superficielles.

Il faudrait aussi remarquer que la gamme de productions possibles n'est pas très vaste : outre les irrigations d'appoint des céréales (telles que le blé et l'orge), elle est restreinte aux cultures de betterave, tournesol, maïs, pomme de terre et luzerne. Or, les aspects qui conditionnent le plus l'utilisation des terres irriguées ne sont pas les limitations écologiques mais les conditions économiques, notamment la dimension réduite des exploitations qui ne permet pas d'atteindre un niveau technologique élevé.

Ainsi, tandis que le niveau de mécanisation est élevé, voire excessif, dans l'exploitation des terres sèches, dans le cas des irrigations, on remarque un niveau technologique bas. Les irrigations régionales⁴ sont caractérisées par l'emploi de beaucoup de main-d'œuvre et le manque de capital technique (les systèmes d'irrigation modernes ne sont pas très répandus).

3.- Perspectives de développement des irrigations régionales

A.- Pourquoi développer l'irrigation?

Le développement de l'irrigation entraîne des effets sur l'évolution de l'offre agricole et sur le mouvement de la population en milieu rural. Les besoins de main-d'œuvre des terres irriguées sont très au-dessus de celles correspondantes aux terres sèches. Lorsqu'il s'agit d'agriculture familiale (exploitations de taille réduite, main-d'œuvre familiale, rationalité de l'agriculteur basée sur les recettes de l'exploitation et non pas sur la rentabilité), l'irrigation, à cause de la grande quantité de main-d'œuvre qu'elle requiert, freine l'émigration rurale, assurant aux zones qui en disposent une densité de population plus élevée.

En ce qui concerne la production, la mise en irrigation permet d'élargir la gamme de cultures et d'accroître les rendements. Les productions sèches sont restreintes aux céréales, aux légumineuses et au tournesol. Bien que l'irrigation n'ait pas changé le caractère céréalié de la région, elle a permis de diversifier les productions. Au début, les surfaces irriguées étaient occupées par des cultures destinées à l'autoconsommation (pomme de terre, produits horticoles) ; à l'heure actuelle, l'orientation industrielle des surfaces irriguées est claire. En effet, les principales cultures irriguées en 1982 étaient la betterave à sucre (103.000 ha), l'orge (73.600 ha), la luzerne (51.800 ha), les pommes de terre (41.100 ha), le blé (40.700 ha) et les haricots secs (20.800 ha).

Quant aux rendements, dans la période 1978-82, l'irrigation a permis de multiplier par 2,9 les rendements que l'on a en culture sèche pour le tournesol, et par 2,3 ceux du blé et de l'orge (Cabo Alonso, 1984). Il faut également remarquer que les rendements des terres irriguées dans la région sont proches des rendements moyens nationaux.

Nous pouvons conclure que la mise en irrigation pourrait permettre d'accroître les rendements de culture, de diversifier les productions tout en introduisant des produits d'application plus industrielle, de stabiliser les revenus en diminuant les risques de production et de participer à éviter le dépeuplement de certaines zones rurales.

Mais pour répondre à la question qui intitule cette partie, il nous manque de mettre en rapport les avantages de l'irrigation avec les coûts économiques, sociaux et environnementaux que la transformation implique. Etant donné que la mise en irrigation exige la réalisation de coûteux projets d'aménagement hydraulique, la rentabilité des investissements est souvent mise en cause. Mais faut-il considérer l'irrigation du point de vue strictement économique ou bien faudrait-il tenir compte aussi des effets sociaux? Dans le deuxième cas, le problème se pose de mesurer les avantages de l'irrigation du point de vue du développement global du milieu rural. C'est pourquoi l'expansion des irrigations va notamment dépendre de la volonté politique.

B.- Quel développement de l'irrigation choisir?

En supposant que le développement de l'irrigation soit souhaitable, il faut se demander quelles mesures seront les plus performantes.

Faut-il promouvoir l'augmentation incriminée de la surface irrigable par le biais de la construction de nouveaux barrages? Serait-il préférable d'encourager l'utilisation des eaux souterraines? Et que peut-on dire quant à la réutilisation des eaux résiduaires?

Tous les méthodes mentionnées visent à accroître le niveau des ressources hydriques régulées. Mais il faudrait tenir compte aussi des mesures possibles envisageant une utilisation plus efficace des ressources actuellement disponibles. Notamment, l'amélioration des infrastructures existantes permet de réduire les pertes dans les systèmes de distribution. De même, l'encouragement de l'épargne de cette ressource et la défense de l'utilisation incontrôlée - source d'effets négatifs sur l'environnement - peuvent permettre d'augmenter les disponibilités en eau et donc la surface susceptible d'être irriguée.

A priori, aucune de ces lignes d'intervention ne peut être écartée. L'analyse de l'évolution de la demande en eau pourrait soulever celles qui s'adaptent le mieux aux conditions socio-économiques de la région.

⁴.- On parle évidemment à titre général ; on peut trouver aussi des grandes exploitations qui utilisent des systèmes de production modernes.

Chapitre III

Perspectives de développement de l'irrigation dans le cadre de la dernière réforme de la PAC

I.- Introduction

La réforme établie le 21 mai 1992 a supposé un changement d'orientation importante de la Politique Agricole Commune. Globalement, cette réforme a été une mutation radicale en ce sens qu'elle a marqué une rupture décisive par rapport au régime de soutien des agriculteurs par des prix garantis pour s'orienter vers un système de soutien sous forme de paiements directs accompagnés de mesures visant à influencer leurs méthodes de production.

Après la dernière réforme de la PAC, le secteur agricole a vu que son rôle n'était plus le même qu'avant. Jusqu'ici il s'agissait de capitaliser au maximum les exploitations afin d'accroître et diversifier l'offre agricole tout en augmentant la rentabilité des exploitations, et tout cela dans un cadre très protectionniste.

Désormais, du fait des surproductions générées en partie par la réussite des politiques agricoles, les objectifs politiques sont tout à fait opposés : il ne s'agit plus d'augmenter la production pour garantir l'offre alimentaire, mais de stimuler la baisse de la production et la diminution du nombre d'actifs agricoles, en subventionnant l'extensification, le gel de terres et la préretraite.

Il est bien vrai que ce nouveau cadre laisse ouverte la question de savoir quelles agricultures et quels types d'agriculteurs vont continuer à produire et, en conséquence, quelles agricultures et quels types d'agriculteurs seront amenés à disparaître. D'autre part, l'utilisation croissante de fertilisants et produits phytosanitaires, la surexploitation des ressources et l'augmentation du cheptel, génèrent des problèmes environnementaux et des conflits entre les différents acteurs qui interviennent dans la répartition de l'espace rural. Mais, ce n'est pas tout simplement la surexploitation qui est à l'origine des problèmes environnementaux ; les effets sur l'environnement dérivés de l'abandon des terres cultivées sont aussi remarquables.

II.- Le contenu de la réforme de mai 1992 de la PAC

1.- Objectifs de la réforme

Après la réforme établie le 21 mai 1992, l'Union Européenne est en train de mettre en place une Nouvelle Politique Agricole - qui représente un ajustement très profond de l'agriculture communautaire - donc l'objectif est de corriger les graves défauts causés par la politique de soutien de prix menée jusqu'à présent, notamment :

- ♦ L'augmentation de la production au-dessus la capacité d'absorption du marché ;
- ♦ Les fortes disparités que le système de soutien de prix a générées entre les régions et entre les agriculteurs (80% des aides du FEOGA sont destinées à 20% des exploitations agricoles). Ce système ne tient pas suffisamment compte des petites exploitations ;
- ♦ Le fort rythme d'accroissement du budget agricole ;
- ♦ La faible augmentation du pouvoir d'achat des agriculteurs dans la période 1975-1989, malgré la forte diminution de la population agricole ;
- ♦ Les effets négatifs sur l'environnement, provoqués par le développement de l'agriculture et l'intensification des systèmes de production.

En comparant, d'une part, le fort accroissement du budget agricole et, d'autre part, la faible augmentation du revenu des agriculteurs, on se rend compte que les mécanismes de la PAC ne sont plus appropriés pour atteindre les objectifs du Traité de Rome. Cette analyse n'est pas récente. Déjà en 1985, la Commission des Communautés Européennes donnait un ensemble d'orientations pour résoudre les problèmes de la PAC :

- ♦ Réduction progressive de la production dans les secteurs excédentaires ;
- ♦ Prise en compte d'une façon plus efficace des problèmes des petites exploitations ;
- ♦ Encouragement de la production agricole là où elle est nécessaire pour maintenir les équilibres sociaux et la protection de l'environnement ;
- ♦ Sensibilisation des agriculteurs par rapport aux problèmes de l'environnement ;

La considération de ces orientations a entraîné des modifications de la PAC entre 1985 et 1992, année où se produisit une réforme plus radicale affectant surtout la production de "grandes cultures", nouveau concept qui englobe les céréales (sauf le riz), les oléagineux (tournesol, colza, soja) et les protéagineux (pois, fèves, féveroles et lupins).

La réforme de la PAC du 21 mai 1992 essaie d'appliquer ces orientations à travers deux volets différents qui, selon Jacquet (1993), consistent en :

- Une réforme de l'organisation des marchés, avec la mise en oeuvre de trois principes :
 - une diminution importante des prix de soutien, notamment dans le secteur céréalier qui constitue le pivot de la réforme, et dans une moindre mesure dans le secteur des produits animaux ;
 - un accroissement des aides directes, avec notamment l'instauration d'aides à l'hectare afin de compenser la baisse des prix ;
 - l'obligation d'un gel des terres, pour bénéficier des aides compensatoires ;
- Des mesures dites "d'accompagnement" qui viennent compléter les mesures de marché. Elles concernent le régime de préretrait des agriculteurs, l'encouragement à la protection de l'environnement, et l'aide au boisement.

L'application de cette réforme a commencé dans la campagne 1993/94 et devrait finir en 1997 : on établit une période transitoire d'adéquation nécessaire pour atteindre les objectifs fixés.

Finalement, il nous reste à souligner le lien indiscutable entre la réforme et les négociations du GATT. Selon Tracy (1994), "il s'agit ici d'une réforme très importante qui modifie fondamentalement le caractère de la PAC. Le soutien des revenus des producteurs par les prix est en grande partie remplacé par le soutien direct au moyen des paiements compensatoires. La PAC se rapproche ainsi du système de soutien américain basé sur les "deficiency payments" et devient plus défendable sur le plan international". En effet, la proposition de réforme Mac Sharry I, permettrait, en janvier 1991, de relancer les négociations au GATT.

A la suite de l'accord du GATT décidé en décembre 1993, une question se pose : la réforme permettra-t-elle de maintenir les engagements signés ? Certaines estimations indiquent que la réforme réduira les exportations de blé (grâce, à la fois, à une plus grande consommation et à une plus faible production) dans une mesure plus que suffisante pour satisfaire les obligations souscrites au GATT ; d'autres études affirment qu'il est peu vraisemblable que la réforme suffise à résoudre nos problèmes commerciaux et que les obligations souscrites au GATT, concernant les volumes exportés, imposent de nouvelles réformes de la PAC (Josling, 1994).

2.- La réforme dans le secteur des cultures herbacées

En ce qui concerne les cultures herbacées, la nouvelle réglementation vise à "gérer conjointement les céréales, les oléagineux et les protéagineux (COP) compte tenu des interdépendances des trois cultures et du report de l'une vers l'autre suivant les années. L'objectif est, à terme, de réaliser une OCM conjointe régie par les mêmes mécanismes de base" (Ekelmans, 1993).

La réforme de la PAC dans le secteur des cultures herbacées¹ projette un rapprochement progressif des prix communautaires aux cours mondiaux. Pour atteindre cet objectif, il a été établi la baisse progressive des prix indicatifs et d'intervention des céréales, dans les termes suivants :

¹ - Nous n'allons prendre en considération que les principales mesures adoptées. Pour une information plus précise, se reporter aux Règlements du Conseil des Communautés Européennes n° 1765/92, 2353/89 et 3887/92.

Tableau 4.- Prix institutionnels de céréales (ECU vert par tonne)

Campagne	Prix indicatif	Prix d'intervention	Prix de seuil
1993/94	130	117	175
1994/95	120	108	165
1995/96	110	100	155

De même, pour les oléagineux, il est prévu un prix de référence de 163 ECU/tonne.

Pour éviter que la diminution des prix agricoles se reflète négativement sur les revenus des agriculteurs, un mécanisme spécial a été établi : les paiements compensatoires. Le nouveau système se fonde donc sur "une baisse du prix des céréales compensée par un paiement compensatoire à l'hectare, à la condition toutefois que l'exploitant accepte de se soumettre à une mise en jachère d'un certain pourcentage de ses grandes cultures (céréales + oléoprotéagineux = surface COP)" (Ekelmans, 1993).

a. Les paiements compensatoires

Il est introduit un système de paiements directs qui devront compenser les pertes de revenus liées aux réductions des prix institutionnels. Ces versements qui ne sont pas liés au volume de production, se font à l'hectare et sont basés sur un rendement moyen régional.

Les états membres doivent réaliser une régionalisation productive des rendements des céréales par des zones homogènes, pouvant différencier les superficies sèches et irriguées. Le montant des paiements compensatoires est calculé en fonction des rendements de référence de chaque zone homogène, à partir d'une quantité de base qui, pour le cas de l'Espagne, est la suivante :

Tableau 5.- Aides à l'hectare

Campagne	Paiement compensatoire (ECU/tonne)		
	Céréales	Tournesol	Set-aside
1993/94	25	118	45
1994/95	35	124	57
1995/96	45	78	57

Note : Le tournesol profite d'un régime spécial jusqu'à la fin de la campagne 1994/95, d'où les valeurs plus élevées des aides correspondantes aux deux premières campagnes.

La superficie qui a droit aux paiements compensatoires est limitée : chaque Etat membre doit déterminer la superficie de base, celle-ci étant définie comme le nombre moyen d'hectares d'une région consacrée aux grandes cultures et à la jachère quinquennale en 1989-90-91. Les différents états membres ont le choix entre une surface de base individuelle ou régionale.

En Espagne, la superficie de référence pour toutes les cultures herbacées est de 9.200.000 ha (le rendement moyen est de 2,5 tonnes de céréales par hectare). Il a été adopté une superficie de base régionale : dix-huit régions différentes ont été considérées, dix-sept régions sèches qui coïncident avec les communautés autonomes (la surface de base correspondante à la Castille-León est de 2.458.900 ha), et une région embrassant toutes les terres irriguées de la nation. A l'intérieur de cette dernière, on différencie une superficie régionale pour le maïs irrigué (408.000 ha) et une autre pour le reste de cultures herbacées (720.000 ha).

A partir de la campagne 1994/1995, une modification concernant la région "terres irriguées" a été apportée : on établit une superficie de base concernant toutes les cultures irriguées (y compris le maïs), à l'intérieur de laquelle on différencie une superficie de base maximum pour le maïs :

- Superficie de base pour l'ensemble de terres irriguées 1.128.000 ha
- Superficie de base maximum pour le maïs 408.000 ha

b. Gel de terres

Pour bénéficier des aides compensatoires, les agriculteurs - sauf les petits producteurs² - doivent réaliser un gel de terres rotatoire concernant 15% du total de la superficie de grandes cultures.

Certaines modifications ont été apportées au cours de l'année 1993 en vue de conférer une plus grande souplesse aux dispositions en vigueur, sans nuire en aucune façon à leur efficacité. La première mesure décidée par le Conseil fixe le pourcentage de terres à geler hors rotation à un niveau supérieur de 5 points (en pourcentage) à celui fixé pour les terres gelées par rotation. D'autres modifications aux dispositions relatives au gel de terres ont été adoptées. Elles portent sur les changements à apporter à la méthode à suivre pour établir les plans de régionalisation, sur une augmentation de la compensation au titre du gel de terres à partir de la campagne de commercialisation 1994/95, pour la porter à l'équivalent de 45 à 57 écus par tonne de céréales, sur la possibilité de combiner le gel par rotation et le gel hors rotation, mais à un taux supérieur pour ce dernier, et, dans certains cas, sur la possibilité de transférer les obligations de gel (Commission Européenne, 1993).

3.- L'importance de la politique agro-environnementale

Un des éléments déterminant la nouvelle orientation politique est la croissante importance accordée aux aspects environnementaux. En effet, la réforme qui vient d'être adoptée comporte une série de mesures en faveur d'une meilleure prise en compte de l'environnement dans les pratiques agricoles.

La politique agro-environnementale est définie dans le Règlement CEE 2078/92 du 30 Juin sur les méthodes de production agricole compatibles avec les exigences de la protection de l'environnement et la conservation de l'espace rural. Ce règlement "complète la réforme de la Politique Agricole Commune et confirme le tournant radical opéré par rapport aux objectifs fixés à l'agriculture par le Traité de Rome, objectifs considérés comme atteints et, dans le cas du volume des productions, dépassés de manière perverse. Au triptyque initial des fondateurs de la CEE (assurer l'auto-provisionnement alimentaire de la Communauté par le développement de la productivité, le soutien des marchés et la préférence communautaire, permettre aux producteurs agricoles de dégager un revenu équitable de leur activité, maintenir un niveau de prix satisfaisant pour le consommateur) se substitue un nouveau projet, visant à rétablir l'équilibre entre le volume des productions et le niveau des marchés solvables, maintenir les revenus des producteurs et prendre en compte les exigences de protection de l'environnement" (Deverre, 1993).

Les mesures visées par le présent règlement doivent inciter les agriculteurs à souscrire des engagements concernant une agriculture compatible avec les exigences de la protection de l'environnement et l'entretien de l'espace naturel. En Espagne, le Ministère de l'Agriculture, en collaboration avec les gouvernements régionaux, envisage de mettre en place plusieurs programmes agro-environnementaux à niveau national ainsi que des programmes zonaux visant à aborder des problèmes particuliers (España, M.A.P.A., 1994). Le montant total des aides est proche de 250.000 millions pesetas, à dépenser en 5 ans, affectant un total de 5 millions d'hectares (Sumpsi, 1994).

En ce qui concerne les programmes nationaux, l'Espagne a présenté à la fin de 1994 quatre mesures dont les objectifs sont :

- Maintien des races autochtones de bovins pour éviter leurs disparitions et amélioration des conditions d'exploitation ;
- Formation des agriculteurs et des cadres agricoles qui participent ou peuvent participer aux programmes agro-environnementaux ;
- Affermissement de l'agriculture écologique là où elle est développée et expansion à d'autres zones ;
- Maintien de la jachère traditionnelle comme pratique culturelle compatible avec la protection de l'environnement et la préservation de l'espace rural dans des zones de culture extensive de céréales.

Quant aux programmes zonaux, en Castille-León se développe actuellement le Plan de Protection des Outardes (1993-97), visant à protéger les écosystèmes régionaux des steppes céréalières.

² - Les petits producteurs, ceux dont la production est inférieure à 92 tonnes de céréales (quantité équivalente à 20 hectares communautaires et 37 hectares espagnols), ne sont pas obligés d'arrêter des cultures sur une partie de la superficie.

III.- Impact de la réforme de la PAC dans la région

1.- Les effets attendus de la réforme de la PAC

Les agriculteurs espagnols auront certainement à affronter des difficultés pour se conformer à la réforme, étant donné le degré déficitaire de modernisation du secteur agricole par rapport à d'autres régions européennes. Dans le cas de l'Espagne, il faut signaler que la réforme n'a eu lieu que six ans après son adhésion à l'Union Européenne³. L'agriculture espagnole "n'a pas bénéficié de la politique de prix et de structures qui a permis aux agriculteurs des pays fondateurs de transformer la dimension de leurs exploitations et d'introduire des innovations technologiques, ce qui les situe dans des conditions beaucoup plus favorables pour affronter la réforme." (Ceña Delgado, 1992).

L'agriculture espagnole n'a pas achevé le processus de modernisation des exploitations agricoles, mais elle doit se soumettre aux mesures qui l'empêchent d'augmenter sa productivité ; celle-ci est très en dessous de la moyenne communautaire, ce qui est dû aux conditions agronomiques défavorables pour la production de grandes cultures et aux caractéristiques structurelles. De plus, le processus d'extensification proposé par la réforme s'avère difficile à mettre en oeuvre dans un pays comme l'Espagne où la population agricole représente 10,5% de la population active totale (une des valeurs les plus hautes de l'Europe) et le taux de chômage occupe la deuxième place dans la Communauté (18%). Et, bien que cela soit valable pour toutes les régions espagnoles, cette situation s'avère particulièrement dramatique pour la région de Castille-León puisque la réforme concerne ses productions les plus significatives.

Dans ce sens, le volet de la réforme affectant le plus la Castille-León est celui qui concerne les "grandes cultures herbacées" : les céréales, les oléagineux et les protéagineux (Belén Miranda, 1992). Les céréales sont sans aucun doute la principale production régionale. La superficie consacrée aux céréales reste autour de 2,4 millions d'hectares⁴ depuis 1986 jusqu'à 1992 (cf. Annexe I). 82% des exploitations céréalières cultivent une superficie inférieure à 30 hectares⁵ et représentent 36,6% de la surface totale ; ce groupe correspond aux "petits producteurs" qui ne sont pas soumis au gel de terres. La réforme obligeant à geler 15% de la surface des exploitations de plus de 30 ha, le gel de terres pourrait donc affecter quelques 250.000 ha dans la région.

Quant aux oléagineux, le tournesol est la culture la plus répandue dans la région. Elle a subi un développement considérable ces dernières années : tandis qu'en 1987, la superficie cultivée était de 100.000 ha, elle dépassait 300.000 ha en 1992. En raison du régime des aides, on prévoit une augmentation de la superficie consacrée à cette culture, car la surface maximum garantie pour l'Espagne (1.411.000 ha) est supérieure à celle actuellement cultivée (1.000.000 ha en 1992).

En ce qui concerne les légumineuses, des effets défavorables sont attendus du fait que la réforme ne prend pas en considération quelques produits traditionnels de cette région (lentilles, pois chiches et haricots).

2.- Premiers résultats : tentative d'analyse des conséquences de la réforme

Nous allons essayer d'analyser les résultats d'application de la réforme de la PAC dans la campagne de commercialisation 1993/94 (première campagne d'application). En Castille-León, la superficie bénéficiant des aides à l'hectare atteint les 2.740.000 hectares, dont 92% sont des terres sèches. La répartition de ces superficies est montrée dans le tableau 6. Des 102.507 agriculteurs qui ont demandé des aides, 73.070 (les 71,3%) ont opté pour le système simplifié⁶ et les 19.180 restants (18,7%) pour le système général.

³ - L'Espagne fait partie de la Communauté Européenne depuis le premier janvier 1986.

⁴ - Même si la superficie totale de céréales reste inchangée, la superficie consacrée au maïs a subi un fort développement, de 16.000 ha en 1986 jusqu'à plus de 40.000 ha en 1992.

⁵ - Ces données correspondent à la dernière "Enquête sur la Structure des Exploitations Agricoles" de 1987.

⁶ - Le système simplifié concerne plus de 70% des agriculteurs et moins de 35% de la superficie déclarée.

Tableau 6.- Surfaces bénéficiant des aides à l'hectare (campagne 1993/94)

Culture	Superficie sèche		Superficie irriguée		Superficie totale	
	ha	%	ha	%	ha	%
Céréales	1731098	68.59	139816	64.33	1870914	68.25
Mais	787	0.03	42161	19.40	42948	1.57
Autres	1720233	68.16	97286	44.76	1817519	66.31
Blé dur	10078	0.40	369	0.17	10447	0.38
Oléagineux	490352	19.43	59874	27.55	550226	20.07
Protéagineux	2415	0.10	777	0.36	3192	0.12
Gel de terres	299955	11.88	16860	7.76	316816	11.56
Total	2523820	100.00	217327	100.00	2741148	100.00

Source : España, Junta de Castilla y León, 1994.

Le principal aspect à remarquer est la forte augmentation de la superficie occupée par des oléagineux par rapport aux campagnes antérieures. Ceci est dû notamment au fait que le montant de l'aide à l'hectare a été particulièrement élevé, le tournesol bénéficiant d'un régime spécial pour l'Espagne et le Portugal jusqu'à la campagne 1994/95. Ceci a entraîné le dépassement de la superficie maximale garantie pour l'Espagne et la pénalisation correspondante, et a amené le gouvernement espagnol à établir une réglementation complémentaire visant à réduire la superficie cultivée d'oléagineux⁷. Cependant, malgré la diminution enregistrée pour la campagne 1994/95, la superficie maximale a été aussi dépassée.

D'autre part, l'impact de la réforme sur les revenus des agriculteurs n'a pas été si défavorable qu'on l'attendait. Trois facteurs ont joué dans le sens d'une atténuation des effets des nouvelles mesures : des productions très élevées dans la région, du fait des conditions climatologiques très favorables ; la dévaluation subie par la monnaie espagnole, entraînant une augmentation du montant des aides et une diminution des importations ; et le maintien des prix des produits au-dessus des valeurs prévues. De ce fait, les recettes totales dans le secteur agricole restent presque inchangées ; elles ont subi une augmentation de 0,05% en 1993 par rapport à 1992.

Il faudrait aussi tenir compte qu'en 1992 les aides ont représenté 12,4% du total des recettes tandis qu'en 1993 elles atteignaient 22,8%. Ceci implique une diminution importante du risque auquel l'agriculteur doit faire face.

En ce qui concerne la campagne actuelle (1994/95), le nombre de demandes d'aides a été de 99.300, c'est-à-dire, 33% correspondant au système général et 67% au système simplifié. La superficie déclarée se situe autour de 2.800.000 ha, c'est-à-dire, 100.000 ha au-dessus de la campagne 1993/94.

En regardant les résultats pour la campagne 1994/95, l'aspect le plus frappant est la forte augmentation de terres sèches bénéficiant des aides à l'hectare. Justifier cette évolution est assez difficile (surtout s'il s'agit de résultats provisoires) mais on peut signaler comme causes probables la mise en culture de nouvelles superficies et l'incorporation des superficies consacrées auparavant à des cultures qui n'étaient pas concernées par la réforme.

Ceci a entraîné le dépassement de la superficie de base régionale ; cependant, du fait qu'au niveau national la superficie de base pour les terres sèches n'a pas été atteinte, les pénalisations pourraient être évitées.

⁷.- Cette réglementation implique la restriction des aides à l'hectare pour les régions dont le rendement de référence en céréales sèches est supérieur à 2 t/ha.

Tableau 7.- Surfaces bénéficiant des aides à l'hectare (campagne 1994/95)

Culture	Superficie sèche		Superficie irriguée		Superficie totale	
	ha	%	ha	%	ha	%
Céréales	1841678	69.91	161489	72.98	2003167	70.15
Mais	0	0.00	54909	24.82	54909	1.92
Autres	1833633	69.60	106391	48.08	1940024	67.93
Blé dur	8045	0.31	189	0.09	8234	0.29
Oléagineux	343048	13.02	37912	17.13	380960	13.34
Protéagineux	33650	1.28	4247	1.92	37897	1.33
Gel de terres	416068	15.79	17618	7.96	433686	15.19
Total	2634444	100.00	221266	100.00	2855710	100.00

Source : España, Junta de Castilla y León, 1994 (données provisoires).

La superficie irriguée en Espagne a été supérieure de 150.000-200.000 ha à celle garantie. Or, comme la superficie de terres sèches a été inférieure à la limite, le gouvernement espagnol est en train de négocier à Bruxelles un incrément de la superficie de base irriguée. Au cas où cette augmentation serait accordée, des pénalisations excessives affectant les cultivateurs irrigants pourraient être évitées.

IV.- Quels enjeux représente l'application de la nouvelle PAC pour les irrigations régionales?

La politique agricole menée jusqu'à présent a poussé l'agriculture régionale sur le chemin de l'intensification. De nombreux projets d'irrigation ont ainsi vu le jour car ils permettaient une augmentation importante des rendements. La réforme de la PAC vient désormais contrecarrer cette évolution : elle découple les aides de la production effective pénalisant ainsi les producteurs qui recherchaient des rendements très supérieurs à la moyenne. Le déséquilibre croissant entre l'offre et la demande en eau, qui génère des conflits entre usagers et des problèmes environnementaux, vient se rajouter à ce phénomène.

1.- Politique d'irrigation et politique agricole commune

La politique d'irrigation actuelle se reflète dans le Plan Hydrologique National, qui a été conçu conformément à la politique agricole en vigueur avant la dernière réforme de la PAC, c'est-à-dire avec une politique qui promeut le développement du secteur agricole tout en favorisant l'intensification de la production et la modernisation du secteur. Dans ce sens, le Plan Hydrologique du Bassin du Douro envisageait la mise en irrigation de plus de 94.000 ha pour l'année 2002 (les interventions envisagent 190.000 nouveaux hectares irrigués pour l'année 2012).

Or, la récente réforme de la PAC implique un changement radical d'orientation politique, et la question qui se pose actuellement est de savoir si, dans ce nouveau cadre politique, les objectifs de la politique d'irrigation sont toujours valables. Dans ce nouveau contexte, nous allons nous demander si l'évolution prévisible du secteur agricole coïncide ou s'oppose à la politique d'irrigation en vigueur, et si les résultats d'application de cette politique compensent les coûts économiques, sociaux et environnementaux que la mise en irrigation entraîne. La réforme de la PAC rend difficile l'approbation du plan hydrologique : les négociations quant à la nécessité de nouveaux ouvrages de régulation sont spécialement problématiques. En revanche, il existe un consensus sur la nécessité d'améliorer les structures existantes en vue d'une meilleure utilisation de la ressource.

Etant donné que les tarifs d'irrigation sont appliqués sur la surface irriguée et pas sur le volume d'eau utilisé, le système en vigueur ne stimule pas l'épargne de la ressource. Un des volets polémiques du nouveau plan

hydrologique est précisément celui de la nécessité d'une modification du régime économique-financier de l'utilisation des ressources hydriques.

2.- Possibilités de développement de l'irrigation dans le nouveau cadre politique

Dans ce nouveau contexte, quelle sera l'évolution prévisible des irrigations régionales? D'après Josling (1964), "Il y a de bonnes raisons de croire que le passage d'un paiement à la tonne à un paiement à l'hectare constitue un changement radical dans l'incitation à produire. En effet, ce système découple l'aide des rendements. L'agriculteur décidera d'accroître le volume des intrants et donc les rendements que si cela est profitable aux nouveaux prix du marché. En d'autres termes, le nouveau prix du marché deviendra le revenu marginal déclenchant le niveau d'utilisation des intrants productifs. Ce découplage partiel, s'il se confirme toutefois dans la pratique, constituera une avancée majeure dans le mécanisme de la PAC". Une aide découplée des rendements ferait donc baisser les rendements en encourageant les agriculteurs à diminuer la consommation d'intrants de manière à aligner les coûts sur la baisse des prix de marché.

Les mesures stimulant une diminution de la production sont opposées aux incréments de productivité que la mise en irrigation entraîne. Cependant, la FAO prévoit pour les prochaines années une amélioration considérable de la sécurité alimentaire et la nutrition mondiales, due aux incréments locaux des productions et, par conséquent, les possibilités d'exportation sont limitées.

Enfin, il ne faut pas négliger l'importante contribution de l'irrigation pour éviter le dépeuplement des vastes zones rurales. La rationalisation de la consommation d'eau (diminution de pertes dans les systèmes de distribution, épargne de la ressource, augmentation de l'efficacité d'irrigation) peut permettre d'atténuer les conflits de répartition de l'eau entre les différents usagers.

L'activité agricole connaît depuis longtemps d'importantes interventions de l'état. Les mesures de politique agricole essaient de guider les décisions prises par les agriculteurs. Dans ces derniers temps, elles envisagent de maintenir un revenu agricole équitable tout en minimisant les effets négatifs d'une intervention excessive. Tout au long de l'histoire agricole, de nombreux programmes politiques ont connu l'échec faute de ne pas avoir tenu compte de la réponse des agriculteurs face aux mesures adoptées. Ceci a été particulièrement onéreux dans le cas des vastes aménagements d'irrigation qui n'ont bénéficié à personne parce que les agriculteurs n'étaient pas prêts à adopter de nouvelles techniques de production.

Lors d'une nouvelle mesure de politique agricole, c'est l'agriculteur lui-même qui va décider de changer ou pas changer ses techniques et modes de production. Et il n'est pas toujours aisé de comprendre les raisons pour lesquelles un entrepreneur agricole va décider d'adopter un certain plan de production et non pas un autre considéré plus rentable par les hommes politiques. Comme l'on a déjà signalé, il existe une volonté politique de développer l'irrigation dans la Castille-León, mais la réussite des mesures entreprises va dépendre de la réponse des agriculteurs. D'où l'intérêt d'analyser les attitudes des agriculteurs face aux mesures de cette politique. L'objectif de notre recherche sera donc d'explicitier le comportement des agriculteurs face aux mesures de politique agricole afin de pouvoir faire des prévisions sur l'évolution de l'irrigation dans la région.

Deuxième partie

L'analyse des irrigations régionales

Chapitre IV

L'analyse des systèmes de production agricole

I.- L'approche méthodologique retenue

Comme nous venons de le dire, nous nous sommes attachés à expliciter le comportement des agriculteurs irrigants face aux mesures de la politique agricole. Dans le présent chapitre, nous allons réfléchir à la méthode d'analyse à utiliser. Etant donné que les décisions de production sont prises au sein des exploitations agricoles, il est naturel de commencer l'analyse au niveau de l'exploitation. Comme Solow (1967) l'indique, la théorie de la production est par essence micro-économique du fait qu'elle s'occupe d'inputs et d'outputs qui peuvent être différenciés du point de vue physique. Toutefois, ceci n'empêche que l'étude des problèmes de décision dans l'exploitation agricole puisse nous permettre par la suite d'en tirer des conséquences globales.

La théorie de la production agricole, dans une approche traditionnelle, consiste à envisager la production d'un certain nombre d'outputs à partir d'un nombre plus ou moins grand d'inputs (Boussard, 1987). D'une façon sommaire, les problèmes de décision dans l'exploitation consistent à maximiser une fonction d'utilité soumise à la vérification d'un certain nombre de contraintes. Etant donné le vecteur de volumes d'outputs (q) et celui des inputs (z) nécessaires pour les obtenir, le problème peut s'écrire :

$$\begin{array}{ll} \text{maximiser} & u(q, z) \\ \text{sous la contrainte} & f(q, z) = 0 \end{array}$$

où :

f représente l'ensemble de relations techniques qui font correspondre une production possible à un ensemble de quantités de facteurs, c'est-à-dire, f est une *fonction de production*. Le concept de fonction de production a été emprunté aux sciences physiques et biologiques, où les rapports *input-output* sont générés moyennant des processus supposés bien connus. Dans ce contexte, ce type de fonctions de production peut décrire les lois de la nature. L'application de cette idée aux processus non biologiques aboutit aux **fonctions de production d'ingénieur** (Chenery, 1949).

Une telle analyse exige, tout d'abord, que l'on puisse déterminer les situations structurelles et financières des exploitations (les disponibilités de terre, matériel, main-d'oeuvre, ressources financières, droits de production, etc.). Or, "les exploitations d'une région sont généralement nombreuses et il est impossible de construire un échantillon exhaustif ou de les inclure toutes dans un modèle" (Hazel et Norton, 1986). Il faut alors sélectionner quelques *exploitations-types* représentant les systèmes de production existants ; ce point fera l'objet du chapitre suivant. Ensuite, il faudrait connaître les fonctions de production associées à ces exploitations, c'est-à-dire, les relations entre les produits obtenus et les facteurs utilisés, ainsi que les contraintes auxquelles sont soumis les entrepreneurs agricoles. Finalement, il nous faudrait disposer d'une méthode d'analyse permettant de déterminer, pour chaque exploitation représentative, la combinaison optimale d'activités en fonction des divers scénarios politiques possibles.

L'analyse proposée comporte des éléments agronomiques, économiques et politiques. La méthode d'analyse permettant de tenir compte de tous ces aspects à la fois est la *simulation*. Nous allons chercher à décrire le comportement des entrepreneurs agricoles à l'aide de **modèles de simulation technico-économiques**.

Cette approche méthodologique consiste à utiliser simultanément des modèles de simulation de croissance des plantes et la programmation mathématique. Elle permet de tenir compte à la fois des aspects socio-économiques et écologiques de la production agricole ainsi que de fournir des éléments pour l'élaboration de politiques cohérentes¹. Une des originalités de cette approche repose sur l'utilisation d'un modèle de simulation de croissance des plantes comme source des coefficients techniques nécessaires à l'analyse économique. L'utilisation de données simulées permet de mesurer les effets produits par l'incorporation de nouvelles techniques de production.

¹.- Pour une justification plus complète du choix de cette méthode, se reporter à Boussemart et al. (1994).

Le développement de cette approche est très récent. Celle-ci est utilisée depuis 1985 par le Center for Agricultural and Rural Development (CARD) aux Etats Unis sur un modèle sectoriel de l'agriculture américaine. Des modèles qui empruntent cette méthodologie pour l'évaluation des politiques agricoles commencent à se développer en Europe². Comme le signale Flichman (1986), "ce type d'approche peut aider à mieux comprendre les implications de l'application de nouvelles politiques sur les différents types d'exploitations, ainsi que de fournir des éléments pour proposer d'autres alternatives politiques".

II.- La modélisation technico-économique comme outil d'analyse des systèmes agricoles

1.- Introduction

Avant de nous pencher sur les aspects spécifiques de la méthode retenue, nous allons faire quelques considérations sur l'utilisation de modèles dans l'analyse économique. "Les modèles sont des caractérisations simplifiées de la réalité" (Tietenberg, 1988). Dans ce sens, pour construire un modèle, nous devons admettre un certain nombre d'hypothèses nous permettant de faire des simplifications des phénomènes observés.

"En économie, les modèles utilisés sont toujours des modèles mathématiques : une formule mathématique lie des variables exogènes et permet d'en déduire les valeurs numériques prises par les variables endogènes (celles que le modèle détermine). Dans la plupart des cas, de nombreuses variables interagissent entre elles, et sont liées par de multiples relations" (Boussard et Daudin, 1988).

Avant d'appliquer un modèle, "la validation est une étape essentielle pour décider si le processus de simulation est arrivé à reproduire le monde réel" (Blaskovic, 1992). Valider un modèle consiste à vérifier s'il représente la réalité. Pour cela, il faut d'abord s'assurer de sa cohérence interne, mais cela n'est pas suffisant. Il est donc nécessaire de trouver un moyen de comparer les résultats du modèle avec ceux qu'il donnerait s'il fonctionnait parfaitement.

Evidemment, les modèles de simulation n'arrivent jamais à reproduire la réalité dans toute sa complexité. Toutefois, du fait qu'ils permettent une certaine approximation des phénomènes réels, et connaissant les hypothèses sur lesquelles ils reposent, ils peuvent être considérés comme un moyen très utile pour l'analyse économique. L'étalonnage peut nous permettre de détecter les points faibles et de définir les limites du modèle, ce qui est indispensable pour une interprétation correcte des résultats obtenus.

2.- Le modèle de simulation agronomique

L'analyse agronomique exige le traitement d'un grand nombre de données mettant en rapport les rendements des cultures avec les facteurs qui conditionnent la production (climat, sol, itinéraires techniques, etc.). Les fonctions de production d'ingénieur s'appuient sur l'information technologique des unités de production individuelles, qui peut être fournie par les agronomes. Néanmoins, la recherche agronomique a souvent des objectifs très différents de la recherche économique et génère un type d'information peu intéressante pour les économistes.

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

L'utilisation de modèles de simulation de croissance des plantes présente quelques avantages vis-à-vis de la recherche expérimentale. En effet, étant donné la nature de l'expérimentation agronomique, elle est forcément limitée à un petit nombre de rotations et d'itinéraires techniques. Par contre, les modèles de simulation

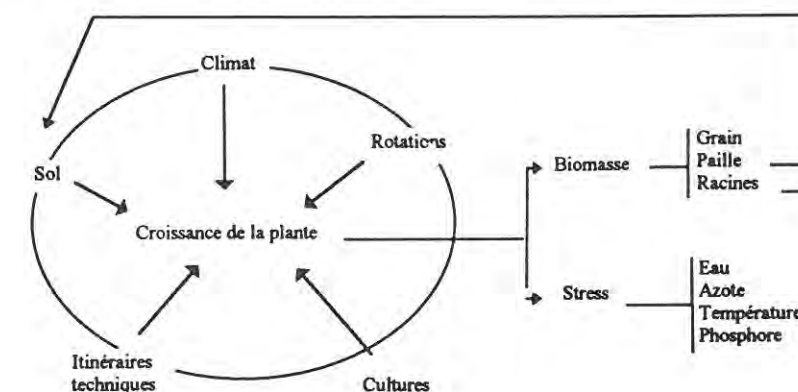
² - Le projet européen POLEN, "Analyse des impacts socio-économiques des différentes politiques dans certaines régions européennes : compétitivité et protection de l'environnement", est en train d'être développé actuellement par des chercheurs travaillant dans cinq pays différents de l'Union Européenne, dont le coordinateur scientifique est Guillermo FLICHMAN, directeur de cette recherche.

permettent l'obtention de données dans le cadre de scénarios très divers, aussi bien réels que potentiels; d'où son utilité pour mesurer les changements de pratiques culturales.

C'est pourquoi nous avons décidé d'utiliser les résultats donnés par un modèle de simulation. Le modèle choisi, EPIC, Erosion Productivity Impact Calculator³ permet d'estimer le rendement de différentes cultures en fonction des conditions agro-écologiques, des techniques utilisées, des travaux réalisés et des rotations considérées. "Selon Putman et Dyke (1987), EPIC est un modèle sophistiqué de fonction de production qui simule l'interaction entre le processus du sol, de la plante et de la conduite de cultures dans la production agricole. Or, le modèle EPIC permet de simuler la croissance d'environ 70 espèces végétales en fonction, d'une part, des conditions pédologiques et climatiques des régions considérées et, d'autre part, des variables spécifiques de chaque culture ainsi que des itinéraires techniques employés sur le terrain. C'est ainsi que, partant d'une série de contraintes physiques, le modèle optimise (en termes techniques et non économiques) le rendement agronomique des diverses cultures : EPIC est donc une vraie fonction de production. Cela veut dire que les rendements obtenus, moyennant l'utilisation d'EPIC, sont l'optimum du point de vue agronomique" (Vicien, 1989).

Les composantes d'EPIC sont réunies en 8 sous-modèles interdépendants qui permettent de simuler : le climat, l'hydrologie, l'érosion, le cycle de nutriments, la croissance des plantes, les propriétés du sol, les itinéraires techniques de chaque culture et le contrôle de l'environnement des cultures (Williams, Jones et Dyke, 1988).

Schéma 1.- Interactions dans un modèle de croissance de plantes



Source : Putman et Dyke, 1987.

"Les différents modules : sol, climat, itinéraires techniques, cultures et rotations, sont composés de multiples fonctions liées entre elles à l'intérieur de chaque module et entre les modules. A partir des données réelles (ou simulées à partir des moyennes régionales) concernant le climat, température, pluviométrie, humidité ; etc., le comportement du sol est estimé en tenant compte du type d'itinéraire technique (la gestion du sol). Cette simulation donne une indication sur les disponibilités en nutriments et en eau pour la plante. La croissance de la plante est donc estimée en fonction de deux grands types de variables : celles qui concernent le climat (température, radiation solaire, humidité ambiante, etc.), et celles qui décrivent les caractéristiques du sol (teneurs en nutriments et en eau) et celles qui décrivent la gestion du sol. La croissance est estimée pendant la période végétative et, quand la plante atteint le niveau de maturité, la récolte est simulée et le rendement estimé comme une proportion de la biomasse produite" (Deybe, 1992).

³ - Le logiciel EPIC a été mis au point par le United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service and the Texas A&M University, Blacklands Research Station, Temple, Texas.

Les résultats obtenus avec EPIC comprennent, entre autres, les rendements des cultures, les stress (d'eau, de température, d'azote, de phosphore) subis par les végétaux et la perte du sol due à l'érosion. Les résultats peuvent être générés d'une façon journalière, mensuelle ou annuelle.

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

Un des handicaps du modèle est la simulation des traitements phytosanitaires ; en effet, il ne permet pas de tenir compte d'une façon satisfaisante des effets des maladies sur les rendements.

3.- Le modèle d'optimisation économique

Nous allons chercher à décrire le comportement des entrepreneurs agricoles à l'aide de techniques d'optimisation telles que la programmation mathématique.

"La programmation linéaire est un instrument particulièrement bien adapté aux problèmes qui se posent dans l'activité agricole" (Boussard et Daudin, 1988). Cet outil mathématique permet la résolution de problèmes dans lesquels une fonction d'utilité doit être optimisée (maximisée ou minimisée) sous un certain nombre de contraintes. En pratique, ceci correspond à la recherche d'une combinaison optimale d'activités pour un ensemble des conditions technico-économiques données. L'utilisation d'un tel modèle permet de "visualiser les effets de la variation de certaines données (le prix de denrées, le capital disponible, le prix de produits, le taux d'intérêt, etc.) sur le choix d'activités productives" (Deybe, 1989).

La matrice de programmation linéaire fournit des solutions déterminées par les contraintes techniques, économiques et politiques. Ces solutions peuvent être utilisées d'une façon normative, comme outil d'aide à la décision. Cependant, l'utilisation descriptive nous semble beaucoup plus appropriée pour notre étude. L'objectif des modèles descriptifs est de simuler le comportement réel des agriculteurs : ils permettent de comprendre ce comportement et son rapport avec les politiques agricoles en vigueur.

Mathématiquement, la formulation d'un programme linéaire statique est :

$$\begin{aligned} &\text{maximiser } U = cx \\ &\text{sous les contraintes } Ax \leq b \\ &\quad \quad \quad x \geq 0 \end{aligned}$$

où :

x : est le niveau des activités praticables,

A : est une matrice de coefficients techniques,

b : est le vecteur qui exprime les disponibilités des ressources.

Dans les modèles statiques, on ne tient pas compte du temps. Or, pour traiter les questions relatives aux investissements, le temps est une variable essentielle, car les décisions sont prises en vue d'obtention d'une certaine rentabilité des investissements. Il en est de même pour la plupart des décisions de production. En général, l'agriculteur ne réfléchit pas à un plan de production pour une année sans tenir compte des années à venir.

L'utilisation d'un modèle dynamique nous permettra de tenir compte de ses interdépendances. Ce type de modèle inclut plusieurs périodes dans lesquelles les décisions sont prises. Pour l'analyse des systèmes de production agricole, il est utile de définir des périodes annuelles.

Si l'on intègre la dimension temporelle dans le problème, les activités étant datées, x_n représente le niveau des activités de l'année n . De même, il faudrait tenir compte que les disponibilités de ressources de l'année n vont

dépendre des décisions prises l'année $n-1$ (ou même des décisions prises plusieurs années avant, dans le cas des investissements), c'est-à-dire que le vecteur b n'est plus fixe mais dépend des solutions antérieures :

$$b_n = B * x_{n-1}$$

où X_n représente l'ensemble des niveaux d'activité de l'année n , et B est une matrice de transfert. L'ensemble de contraintes peut donc s'écrire :

$$A * x_n - B * x_{n-1} \leq 0$$

La matrice A intègre les contraintes techniques et économiques représentant les conditions de la production agricole.

La prise en compte des contraintes techniques, économiques et financières nous permettra de représenter l'environnement technico-économique des exploitations.

III.- L'efficacité dans l'utilisation de l'eau en agriculture

Du point de vue économique, l'eau peut-être considérée comme input. Or, il est bien connu que l'entrepreneur, en concurrence parfaite - modèle de marché qui reflète le mieux le comportement des petites unités de production agricole -, devrait utiliser ses facteurs de production de façon que la productivité marginale soit égale au prix de l'intrant. Mais, quelle est la valeur de la productivité marginale de l'eau dans les processus de production agricole ? Il est évident que cette valeur dépend de l'activité agricole considérée, du climat, du sol, etc. Si on disposait des fonctions de production où l'input eau aurait été suffisamment contrôlé (par des expérimentations agronomiques concernant chaque culture), il serait aisé de déterminer l'utilisation économique de la ressource eau (Jiménez Díaz, 1986).

L'utilisation du simulateur agronomique EPIC nous permet de mettre en rapport le niveau d'utilisation d'eau et le rendement de culture pour les principales productions de la région. En employant par la suite des critères économiques, on pourrait déterminer l'utilisation efficiente de l'eau d'irrigation. Or, l'efficacité dans l'utilisation de la ressource eau ne peut pas être étudiée d'une façon isolée. L'agriculteur ne prend pas des décisions pour une certaine activité sans tenir compte du reste. Toutes les activités à l'intérieur de l'exploitation sont interdépendantes. D'autre part, les décisions de production en agriculture sont très dépendantes des mesures de politique agricole. Pour cela, les modèles de programmation mathématique nous semblent très appropriés pour aborder les questions concernant l'efficacité dans l'utilisation de l'eau en agriculture.

L'analyse sera faite dans le cadre des décisions individuelles. On supposera que les agriculteurs cherchent à optimiser leur utilisation de la ressource, ce qui affecte sa disponibilité. Pour cela, même si l'analyse reste au niveau micro-économique, elle nous permet de tirer des conclusions globales au niveau régional.

Chapitre V

La délimitation du champ d'étude

I.- Introduction

Le besoin de centrer l'analyse au niveau de l'exploitation agricole nous incite à restreindre l'étude à une zone déterminée, sans que cela implique une perte de représentativité du travail. Cette tâche ne paraît pas très difficile à accomplir du fait de la relative homogénéité des irrigations de la région. Cependant, la délimitation du champ d'étude a été une question délicate. Au début, nous avons choisi une zone assez représentative de l'ensemble de l'agriculture irriguée régionale : les irrigations du bassin moyen du Tormes. Mais bientôt on s'est rendu compte que ce choix présentait des inconvénients insurmontables : le manque d'informations statistiques concernant cette zone et l'impossibilité de réaliser une enquête exhaustive (qui pourrait être faite dans de futurs développements de ce travail) nous ont amenés à élargir le champ d'étude à la "petite région agricole" embrassant cette zone irriguée.

En effet, en ce qui concerne les statistiques du Ministère de l'Agriculture, la région de Castille-León est divisée en 59 *régions agricoles*, entités géographiques définies sur la base d'un critère d'homogénéité du point de vue agricole. D'autre part, le mode d'application de la politique agricole communautaire nous amène aussi à ce choix ; c'est, en effet, dans le cadre administratif des régions agricoles qu'est fixé le niveau des rendements et donc le montant des aides à l'hectare. La région agricole retenue, Salamanca-Armuña, se situe dans le secteur sud-ouest de la région de Castille-León et embrasse un ensemble de communes placées aux alentours de la ville de Salamanca, représentant une superficie de 146.000 ha.

II.- Caractérisation agricole des exploitations de la zone d'étude

Nous allons faire par la suite une description sommaire des caractéristiques agricoles de la région retenue¹, à l'aide des données statistiques des deux derniers recensements agricoles (1982 et 1989) et de l'analyse des enquêtes à titre qualitatif réalisées sur le terrain. Pour avoir des informations complémentaires, se reporter à l'annexe 2.

1.- Potentialités agricoles de la zone retenue

La région de Salamanca-Armuña se situe dans l'unité environnementale nommée "Campagnes méridionales du Douro", dont la caractéristique principale est la présence des matériaux fins qui ont été à l'origine de vastes plaines. La rivière Tormes traverse la zone. L'altitude moyenne est de 800-1000 mètres. Le climat a un caractère continental froid : des températures basses en hiver et très élevées en été. La température moyenne annuelle est de 12°C. Le régime des pluies est caractérisé par des niveaux de précipitation assez bas (la précipitation moyenne annuelle est de 375 mm) et très irréguliers. A titre d'orientation, le tableau 8 montre les rendements moyens de céréales des cinq dernières années.

Tableau 8.- Rendement moyen de céréales (tonnes/ha)

	Terres sèches		Terres irriguées	
		Maïs	Autres	Total
Zone d'étude	2.7	8.8	3.5	4.9
Castille-León	2.3	8.0	3.7	4.4
Espagne	2.1	7.3	4.3	5.6

Source : Plan de Régionalización Productiva (MAPA, 1992)

¹ Au cours de l'été 1993, nous avons réalisé un stage sur le terrain. Des informations concernant les modes et techniques de production ont été collectées auprès des agriculteurs de la région, des chercheurs, des représentants syndicaux et des cadres techniques et hommes politiques de la "Consejería de Agricultura de la Junta de Castilla y León"

On distingue dans cette région trois zones de vocation agricole différente :

- * Le secteur central (La Armuña), où se situent les sols de meilleure qualité, sols argilo-sableux profonds. Cette zone présente de bonnes aptitudes pour les cultures d'hiver (céréales et légumineuses).
- * Le secteur occidental, correspondant à la vallée du Tormes, où l'irrigation est localisée. Les aptitudes des sols sont assez faibles sauf pour les cultures d'été irriguées (betterave à sucre, maïs, tournesol).
- * Le secteur méridional, avec des sols plus superficiels et d'une qualité inférieure. Dans cette zone, le système de production est moins intensif et l'élevage a plus de signification.

2.- L'utilisation du sol

L'orientation agricole de la région est incontestable : plus de 85% de la superficie totale correspondent à la superficie agricole utilisée. On remarque les cultures herbacées (plus de 75% de la SAU), notamment les céréales et les cultures industrielles.

Tableau 9.- Répartition générale de la superficie

	Zone d'étude		Castille-León		Espagne	
	ha	%	ha	%	ha	%
Sup. géographique	146000	100.00	9401033	100.00	50471255	100.00
Sup. agricole totale	134000	91.78	8104166	86.21	42939197	85.08
Sup. agricole utilisée	124817	85.49	4931564	52.46	24740506	49.02
Superficie labourable	96390	66.02	3344299	35.57	16247700	32.19
Prairies et pâturages	28427	19.47	1587258	16.88	8492796	16.83
Autres superficies	9193	6.30	3172609	33.75	18198701	36.06
Sup. non agricole	12000	8.22	1296867	13.79	7532058	14.92

Source : Censo Agrario 1989 (Instituto Nacional de Estadística, 1991).

3.- Principales cultures

La région est spécialisée dans un nombre réduit de productions. Nous allons différencier les cultures sèches des cultures irriguées. Les terres sèches sont occupées fondamentalement par des céréales (66% du total des cultures herbacées), des cultures industrielles et des légumineuses. La répartition des superficies n'a presque pas changé entre les deux recensements agricoles considérés.

L'irrigation permet une certaine diversification des productions. Ici, les cultures industrielles sont les plus répandues, notamment la betterave à sucre et le tournesol, suivis des céréales, des cultures fourragères et des pommes de terre (cf. graphique 6).

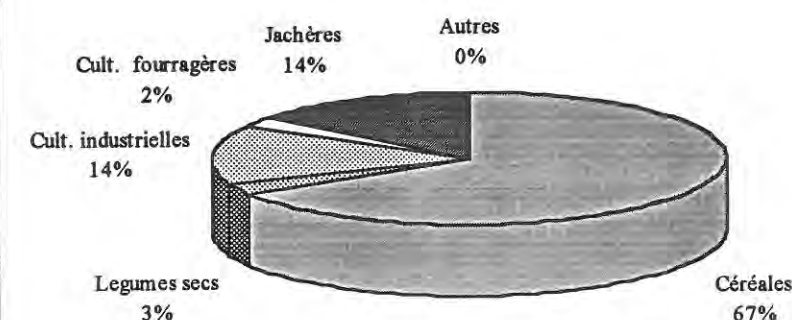
Les principales rotations culturales pratiquées dans la région sont :

- maïs/tournesol
- maïs/maïs
- betterave/maïs/tournesol/céréales/betterave

L'élevage est peu significatif dans cette zone. Il est souvent conçu comme complément des activités agricoles. On observe une importante amélioration de la structure des exploitations d'élevage au cours des dernières années : le nombre d'exploitations a subi une forte diminution mais celles qui restent ont une taille beaucoup

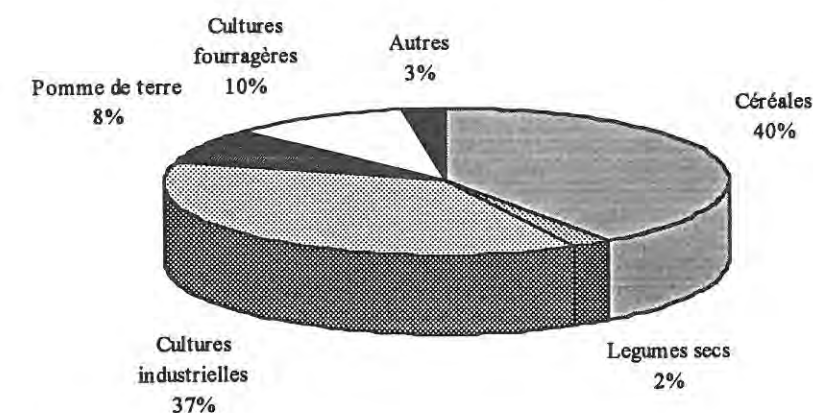
plus importante. L'élevage bovin est souvent lié aux exploitations de grande taille. Ainsi, 40% des exploitations de plus de 50 ha font ce type d'élevage, et le pourcentage augmente avec la taille de l'exploitation.

Graphique 5 - Cultures herbacées sèches (1989)



Source : Censo Agrario 1989 (Instituto Nacional de Estadística, 1991).

Graphique 6 - Cultures herbacées irriguées (1989)



Source : Censo Agrario 1989 (Instituto Nacional de Estadística, 1991).

4.- La structure des exploitations

La taille moyenne des exploitations est de 36 ha, et la SAU moyenne est de 33 ha. Bien que ces valeurs soient au-dessus de la moyenne nationale, elles montrent le manque de structure des exploitations de la région. D'ailleurs, du fait de l'irrégulière distribution de la superficie, ces données ne sont pas très représentatives : plus de 60% des exploitations ont moins de 20 hectares. Les exploitations sont en général divisées en plusieurs parcelles. Le degré de morcellement est important : le pourcentage d'exploitations ayant une parcelle n'atteint pas les 20%. En dépit des efforts de remembrement réalisés par les pouvoirs publics, on ne remarque pas une diminution de degré de morcellement dans la période étudiée.

Le mode de faire-valoir direct est prédominant dans les petites exploitations (jusqu'à 50 ha). Le fermage prend de l'importance dans le cas des exploitations moyennes (50-100 ha), mais dans les grandes exploitations ce système n'atteint pas les 30% du total de la superficie. Le système de métayage n'a presque pas d'importance dans cette zone.

5.- Main-d'oeuvre et matériel

Sauf pour des exploitations de grande taille, le travail salarié n'a aucune importance. En effet, en ce qui concerne les exploitations de moins de 100 ha, 90% du travail dans l'exploitation est familial. Les taux de travail (le nombre d'UTA par exploitation et par hectare cultivé) sont en général très élevés dans les exploitations de petite taille, et diminuent au fur et à mesure que la taille de l'exploitation augmente. Le degré de mécanisation est assez élevé, non seulement quant au nombre de machines mais aussi quant à la puissance moyenne.

6.- Irrigation

D'après les données statistiques, la superficie irriguée ne représente que 12% de la SAU, mais l'importance de l'irrigation est grande du fait qu'elle intéresse plus de la moitié des exploitations de la région. D'ailleurs, il faut signaler que, d'après les informations collectées dans la région auprès des agriculteurs et des représentants syndicaux, la surface réellement irriguée est très supérieure à la superficie recensée.

La plupart de la superficie irriguée se trouve dans la zone irrigable du bassin du Tormes, où la distribution de l'eau est parfaitement régulée.

Tableau 10.- Importance de l'irrigation dans la zone du Tormes

Zone	Géographique	Superficie (ha)		Irriguée
		S.A.U.	Cultivée	
Canal Babilafuente	21460	19055	18416	4773
Canal Villagonzalo	11900	8778	6811	3943
Canal Florida	4080	3264	3037	2114
Canal Villamayor	3880	1078	996	773
Total	41320	32175	29260	11603

Source : Sánchez López, 1986.

III.- Exploitations représentatives de la zone d'étude

1.- Les exploitations régionales : principales caractéristiques

Nous allons commencer par signaler que, dans ce travail, nous n'envisageons que les exploitations dont l'activité principale est l'agriculture. Ainsi, les exploitations orientées vers des productions d'élevage ne seront pas prises en considération. L'analyse des données statistiques du Ministère de l'Agriculture et les enquêtes à titre qualitatif faites auprès des agriculteurs et des agronomes de la région nous amènent à faire les considérations suivantes :

→ Dans cette zone, les terres irriguées sont consacrées à des cultures de betterave à sucre, maïs, tournesol, pomme de terre et luzerne (outre les irrigations d'appoint du blé et de l'orge). La superficie consacrée à la pomme de terre est en train de diminuer ; en revanche, on remarque une augmentation des superficies de maïs et de tournesol.

→ En général, il s'agit d'exploitations de petite taille (entre 30 et 50 ha). Du fait de la rigidité du système de fermage et de la presque absence d'un marché foncier, il en résulte une très grande difficulté pour les agriculteurs d'accroître la taille de leurs exploitations.

→ Bien que la méthode d'irrigation par aspersion soit en train de se développer rapidement, les méthodes d'irrigation par écoulement sont encore très répandues.

→ Les systèmes de production irrigués se caractérisent par une utilisation accrue de main-d'oeuvre et un niveau de capitalisation plutôt bas. Cela est dû notamment au manque de structure des exploitations.

2.- Le choix des exploitations-types

Les réflexions qui précèdent montrent la diversité des exploitations agricoles dans la zone retenue. Pour faciliter l'analyse, on essaiera de définir quelques exploitations-types, déterminant les conditions de la production dans la région. Etant donné que nous n'avons pas fait d'enquêtes exhaustives sur le terrain, nous n'avons pas la prétention de faire une typologie des exploitations. La détermination des exploitations représentatives de la zone d'étude est basée sur des informations collectées dans la région - auprès des institutions publiques, des instituts de recherche et des syndicats agricoles - et sur l'analyse des enquêtes qualitatives réalisées auprès des hommes politiques et des agriculteurs de la région.

Comme on vient de le voir, les productions envisagées sont semblables d'une exploitation à l'autre. On peut donc se baser sur des critères tels que la taille de l'exploitation et la disponibilité en facteurs de production, notamment la main-d'oeuvre et l'équipement d'arrosage. Comme nous l'avons déjà signalé, les aspects qui conditionnent le plus le développement de l'irrigation ne sont pas les limitations écologiques mais les caractéristiques socio-structurelles des exploitations, notamment la taille, la disponibilité en main-d'oeuvre et le niveau de capitalisation. En tenant compte de ces facteurs, on arrive à la classification suivante :

Tableau 11.- Exploitations représentatives

Facteurs de production disponibles	Exploitations		
	Type 1	Type 2	Type 3
Terre (ha)	<10	10-50	>50
Terre en fermage (%)	10	30	40
Travail familial (UTA)	1	1	1
Droit d'arrosage (%p Sup)	100	50	40
Représentativité : % Exploitation région	45	43	12
: % SAU région	14	50	36

En laissant de côté les exploitations de moins de 10ha (qu'on ne peut pas qualifier d'exploitations professionnelles) et celles de plus de 50ha (très peu nombreuses dans cette zone), nous allons centrer l'analyse sur les exploitations du Type 2 ou type dominant dans la région. Du fait de la relative homogénéité trouvée tant au niveau des productions pratiquées que des structures d'exploitation, nous allons essayer de représenter le type d'exploitation dominante, qui a une superficie de 40ha dont 20ha ont droit d'arrosage. Dans le modèle, nous allons considérer que toutes les exploitations peuvent augmenter la superficie irriguée. Dans la pratique, il est nécessaire d'avoir un contrat avec la Confédération Hydrologique pour pouvoir disposer d'eau pour irriguer.

Une fois achevée la classification et la détermination des ressources et des contraintes des exploitations représentatives, nous passons à la construction des modèles représentatifs.

Chapitre VI

L'obtention des coefficients techniques

I.- Le modèle de simulation EPIC

1.- La construction d'un modèle de base

Le modèle de simulation de croissance de plantes va nous permettre de reproduire le comportement agronomique des exploitations représentatives de la région. L'application du modèle de simulation EPIC peut permettre l'obtention de données très diverses en fonction des objectifs visés. Dans le cadre de cette recherche, nous n'allons envisager que les résultats concernant les rendements de culture et la percolation de nitrates. La région sera caractérisée par un ensemble de données concernant les conditions techniques de la production agricole. Il faut souligner que, pour assurer la cohérence des résultats obtenus à partir du modèle EPIC, il est indispensable de disposer de données très complètes et précises relatives au climat, au sol, aux itinéraires techniques, etc.

Tout d'abord, il a fallu tenir compte des conditions pédo-climatiques. Nous avons introduit des **données climatiques journalières** relatives à la température maximale, la température minimale, la précipitation et la radiation solaire correspondantes aux quinze dernières années (1978-1992). Pour le reste des paramètres de climat (humidité relative, vitesse du vent, etc.), nous avons utilisé les valeurs moyennes mensuelles¹. Quant au sol, nous avons utilisé des données réelles - issues des analyses réalisées dans la zone d'étude lors d'un travail de recherche antérieur² - concernant, pour chaque horizon, la densité, la granulométrie, la quantité de carbone organique, le pH, etc.

Ensuite, nous avons sélectionné les **paramètres physiologiques** décrivant le comportement des variétés culturales considérées compte tenu des conditions naturelles de la zone. De cette façon, on dispose d'un modèle de base qui peut nous permettre d'analyser l'évolution des rendements de culture en fonction des techniques culturelles utilisées. Mais, avant d'utiliser ce modèle, il a fallu vérifier qu'il reproduisait la réalité.

2.- La validation du modèle EPIC

La validation consiste à simuler les pratiques culturales courantes et à comparer les résultats calculés avec ceux réellement obtenus dans la région. Etant donné qu'EPIC calcule les rendements optimaux pour une combinaison d'inputs donnée, la comparaison avec des données statistiques présente quelques difficultés. Il est donc préférable de comparer avec des données expérimentales supposées de représenter des exploitations efficientes.

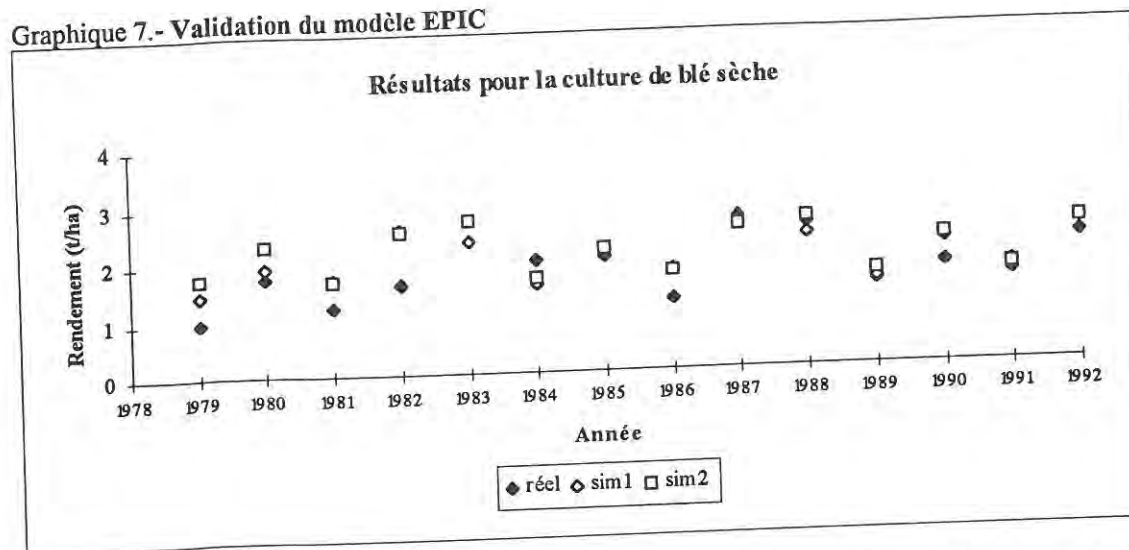
Tout d'abord, nous avons introduit dans le modèle des itinéraires techniques relatifs à la culture de blé non irriguée dont on connaissait les rendements. Nous avons fait ensuite tourner le modèle pour regarder l'évolution des rendements tout au long des 15 années climatiques considérées. La comparaison des données simulées avec les données réelles nous a permis de vérifier que le modèle représente assez fidèlement les conditions pédo-climatiques de la région. La première étape de la validation s'est faite en utilisant une culture sèche parce que cela permet de mieux s'apercevoir de la sensibilité du modèle face aux variations climatiques³.

¹.- Les données climatiques utilisées proviennent d'une Station Météorologique placée à l'intérieur de la zone retenue. Elles sont donc supposées représenter assez fidèlement les conditions climatiques de la zone d'étude.

².- Blanco de Pablos (1982).

³.- L'appui qui nous a été accordé par M. Cabelguenne et M. Debaeke (chercheurs à l'INRA de Toulouse) a été fondamental pour le bon développement de cette partie du travail.

Graphique 7.- Validation du modèle EPIC



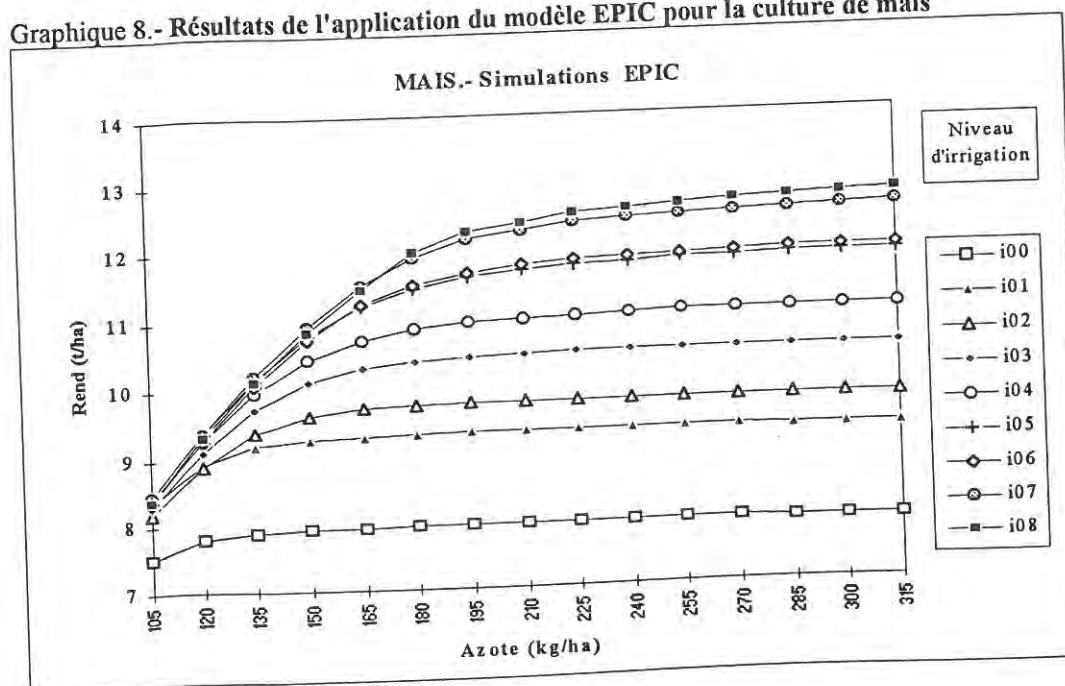
Ensuite, nous avons restreint le nombre d'années climatiques à cinq années représentatives, et nous avons procédé à la validation du modèle pour le reste des cultures, tout en comparant les données simulées avec des données réelles issues des informations collectées dans la région.

3.- L'utilisation du modèle comme fonction de production agricole

Une fois le modèle validé, nous avons réalisé des centaines des simulations afin d'obtenir les coefficients techniques nécessaires à l'analyse économique. Nous avons donc pris comme point de départ l'information collectée dans la région concernant les techniques de culture courantes. Trois niveaux d'intensification relatifs à la densité de semis, les opérations culturales et les traitements phytosanitaires, ont été considérés. Ensuite, la paramétrisation des principaux éléments conditionnant la production (le niveau de fertilisation et le niveau d'irrigation) nous a permis d'obtenir des milliers de résultats concernant l'univers de techniques potentielles.

A titre d'exemple, le graphique 8 montre les effets sur les rendements des changements dans les quantités de fertilisants et les niveaux d'irrigation correspondants à la culture de maïs. Pour chaque niveau d'irrigation considéré, le modèle nous permet d'obtenir une courbe de réponse à la fertilisation (l'ensemble des résultats obtenus avec le modèle EPIC se trouve dans l'annexe III).

Graphique 8.- Résultats de l'application du modèle EPIC pour la culture de maïs



Les résultats montrent le rôle décisif de l'eau comme facteur de production, étant donné qu'elle permet l'assimilation par les plantes des autres éléments nutritifs. Les simulations rendent compte des variations inter-annuelles des rendements - pour la même combinaison d'inputs - en raison des aléas météorologiques. Par conséquent, EPIC permet aussi d'évaluer le risque technique au niveau de l'exploitation agricole. En effet, il nous permet de calculer les variations de rendement auxquelles doit faire face l'exploitant agricole.

II.- Les coefficients techniques obtenus

1.- Le choix des techniques de production

L'application du modèle de croissance des plantes nous a permis d'obtenir des paramètres techniques concernant un large éventail de techniques de production, toutes efficaces du point de vue agronomique. Ensuite, l'analyse économique pourrait nous permettre de déterminer les techniques à utiliser en fonction des divers environnements économiques. En effet, nous n'avons pas de problème pour admettre qu'"une technique est efficace lorsqu'elle figure dans une matrice de programme linéaire, si, pour une fonction économique donnée, il existe un second membre telle que cette technique apparaisse dans la solution optimale correspondante" (Boussard et Daudin, 1988).

Or, est-il nécessaire d'introduire dans le modèle économique plus d'une centaine des techniques différentes pour chaque culture considérée? Nous pourrions, certes, obtenir la fonction de production représentant les rapports inputs-outputs, mais cela n'est pas toujours facile du fait de la non continuité de certains facteurs (la quantité d'eau employée, par exemple, va dépendre du nombre d'opérations d'irrigation, et ne peut pas, pour autant, être représentée par une fonction continue); et, de plus, on ne peut pas toujours affirmer que les fonctions de production mathématisées représentent au mieux les conditions de décision en agriculture.

Une autre façon de procéder serait de choisir certaines techniques définies a priori. Les activités seront définies donc comme des cultures avec une technique de production associée. Dans ce cas, le problème qui se pose est celui de décider quelles techniques - parmi toutes celles qu'on obtient avec EPIC - introduire dans le programme. Comme on vient de le signaler, on dispose d'un vaste éventail de techniques, aussi réelles que potentielles, pour chaque culture considérée. Le choix des techniques de production à utiliser dans notre modèle s'avérerait assez compliqué. De ce fait, nous avons cru pertinent d'introduire des critères économiques dans le choix de techniques.

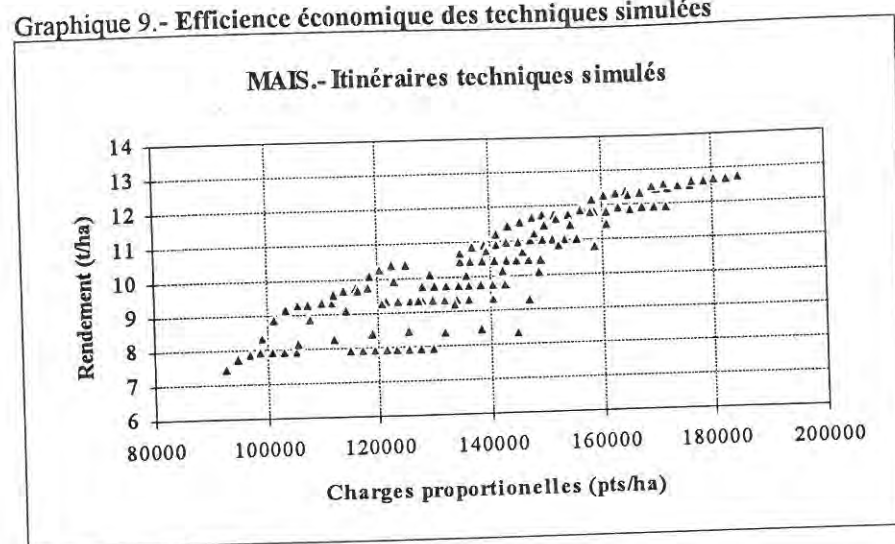
D'ailleurs, il faut prendre en considération que "la notion d'efficacité dépend du contexte dans lequel une technique donnée est susceptible d'être employée. Pour cela, la sélection des techniques efficaces est très difficile. L'expérience prouve que les spécialistes ont souvent tendance à fournir un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

Dans notre cas, nous avons envisagé un éventail de techniques assez vaste pour essayer de représenter au mieux le changement technologique. Mais un problème se pose lorsque nous parlons a priori du caractère efficace ou non efficace des techniques de production. Nous allons essayer d'aborder cette question en utilisant un critère d'efficacité économique en fonction de la structure de prix relatifs des facteurs de production.

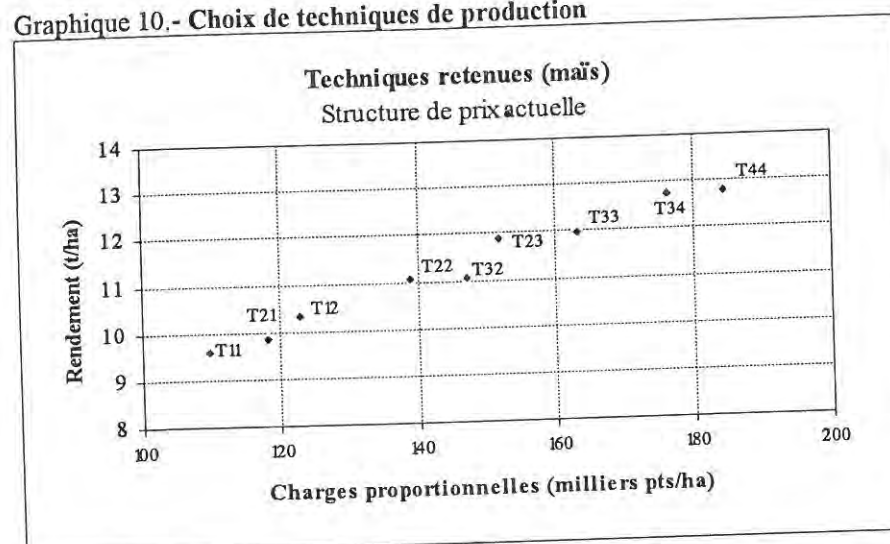
Soit T_i ($i = 1, 2, \dots, k, \dots, n$) un ensemble de techniques de production, et C_i les coûts de production par hectare associés à ces techniques. On établit que la technique T_k est efficace si toutes les techniques T_i telles que $C_i < C_k$ produisent des rendements $Y_i < Y_k$. En d'autres termes, on peut donner la définition suivante : les techniques efficaces sont celles qui, pour une structure de prix donnée, produisent un rendement plus élevé que toute autre technique ayant un coût de production par hectare inférieur (Flichman, 1990). Le graphique 9 montre les résultats de l'application de ce critère à la culture de maïs.

Comme on peut le remarquer, cette analyse nous permet d'obtenir la frontière des techniques efficaces pour une structure de prix donnée. Or, si les prix relatifs des facteurs varient, le groupe de techniques efficaces est censé changer. Néanmoins, on peut en principe écarter les techniques qui s'éloignent beaucoup de la frontière d'efficacité. De cette façon, nous avons restreint le nombre de techniques à neuf (cf. graphique 10.).

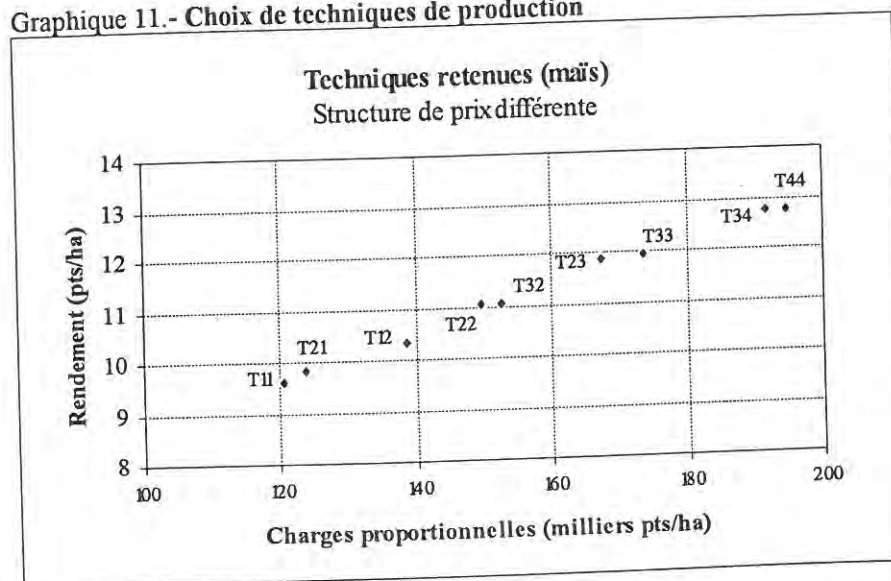
Graphique 9.- Efficience économique des techniques simulées



Graphique 10.- Choix de techniques de production



Graphique 11.- Choix de techniques de production



L'intérêt du choix de techniques apparemment inefficaces (par exemple la technique T32) provient du fait qu'elles pourraient devenir efficaces lors d'un environnement économique différent. Pour mettre en évidence ce phénomène, nous avons modifié le rapport de prix, tout en faisant simultanément augmenter le coût de

l'irrigation et diminuer le coût de la fertilisation. Le rapport entre les coûts de production et les rendements de culture dans cette nouvelle situation se reflète dans le graphique 11.

2.- La prise en compte des rotations culturales

Une fois les techniques de production choisies, il faut réfléchir au fait que l'ordre dans lequel les activités occupent le sol n'est pas indifférent. En général, on admet que le rendement d'une culture dépend de la culture précédente. D'ailleurs, il se peut qu'une certaine culture ne puisse pas être suivie d'une autre du fait de l'imbrication des périodes végétatives.

Les rotations culturales nous permettent de décrire la succession des différentes activités dans le temps sur le même champ. Nous avons associé à chaque activité son précédent cultural. *Chaque activité est définie comme une culture avec une technique et un précédent cultural associés.*

Un des avantages de l'utilisation du modèle EPIC est précisément qu'il nous permet de considérer l'influence du précédent cultural sur les rendements de cultures. Nous avons considéré des rotations bisannuelles et nous avons fait tourner le modèle pour tous les croisements possibles des cultures, techniques et précédents culturaux. Cela nous a permis d'obtenir les coefficients techniques nécessaires à l'analyse économique; nous avons retenu plus particulièrement les données de rendements de cultures et la percolation de nitrates pour toutes les activités considérées et pour chacune des cinq années climatiques représentatives.

III.- Les limites du modèle EPIC

Certes le modèle EPIC nous a permis d'obtenir des résultats satisfaisants mais il ne faut pas négliger les déficiences trouvées dans le modèle tout au long de notre recherche.

D'une part, la réponse à l'irrigation n'est pas tout à fait satisfaisante. Cela est principalement dû au fait qu'EPIC considère que les cultures ont les mêmes besoins en eau tout au long du cycle végétatif. En réalité, ces besoins présentent des variations significatives selon les différentes phases de croissance des plantes. En ce sens, après avoir fini le travail avec EPIC, on a été mis au courant de l'existence d'une nouvelle version du logiciel permettant tenir compte de ces variations⁴. Nous avons essayé d'utiliser cette nouvelle version et vérifié qu'elle reproduisait plus précisément la croissance de plantes dans des conditions de stress hydrique, mais le manque de temps nécessaire pour recommencer cette partie du travail nous a amené à renoncer à notre propos. Toutefois, on compte utiliser cette version - ou d'autres plus performantes qui pourraient exister - dans de futurs développements de cette recherche.

D'autre part, bien qu'EPIC simule parfaitement la croissance de la plupart de cultures herbacées (et notamment des céréales), il n'est pas tout à fait adapté pour simuler des cultures avec un développement important des racines, telles que la betterave à sucre. Dans ce sens, malgré tous nos efforts, nous n'avons pas réussi à valider le modèle pour cette culture. Nous avons eu connaissance que d'autres essais ont été faits (notamment en Italie) sans pour autant avoir obtenu des résultats satisfaisants.

A cause du manque de résultats du modèle EPIC pour la culture de la betterave à sucre, notre recherche se trouvait dans l'impasse. Au début, ayant besoin de garder une certaine cohérence, nous avons réfléchi à la possibilité d'exclure la betterave à sucre de notre analyse. Mais cette alternative nous semblait peu pertinente du fait qu'il s'agit de la principale culture de rente dans la zone étudiée. De ce fait, en attendant de trouver un modèle qui puisse nous permettre de simuler la croissance de cette plante, nous avons décidé d'utiliser des données issues des expérimentations agronomiques. Certes l'information dont on dispose est moins riche que pour le reste des cultures, notamment quant à l'influence du précédent cultural sur les résultats, mais cette solution nous a semblé plus appropriée que l'exclusion de cette culture de l'analyse. Enfin, il nous reste à signaler l'impossibilité de mesurer les nuisances provoquées par les herbicides.

⁴.- Il s'agit de la version EPIC-PHASES, mise au point à l'INRA de Toulouse. Ce modèle divise la période végétative en quatre phases et tient compte des différents besoins de la plante dans chaque phase de croissance.

Chapitre VII

Le modèle de comportement des agriculteurs face à des mesures de politique agricole

I.- Introduction

Pour chaque type d'exploitation, un modèle d'optimisation traduit les choix de production et les techniques adoptées, compte tenu des disponibilités en facteurs de production (terre, main-d'oeuvre, eau d'irrigation, etc.), pour obtenir une utilité maximale.

Les paramètres techniques des modèles ont été obtenus moyennant l'utilisation d'un modèle de simulation de la croissance des plantes. Le modèle d'optimisation économique nous donnera l'ensemble d'activités efficaces pour les divers environnements économiques considérés.

II.- Le modèle dynamique de base

D'une façon sommaire, le modèle consiste à maximiser une certaine fonction d'utilité, sous des contraintes techniques (disponibilités de terre, de main-d'oeuvre, d'équipement, de droits de production), financières (disponibilités de trésorerie et recours à l'emprunt), économiques (prix des produits et des inputs, valeur de l'argent) et politiques (aides et limitations à la production, subventions aux investissements).

Il s'agit d'un modèle multipériodique comprenant dix périodes annuelles dans lesquelles les décisions sont prises. Dans un tel modèle, le plan de production choisi pour une année restreint les possibilités pour les années ultérieures. On part d'une situation initiale et on choisit des plans de production pour les années à venir en tenant compte de toute l'information disponible sur le futur. Ceci oblige à fixer un horizon de planification, au-delà duquel aucune décision n'est prise. Décider le nombre de périodes à inclure dans le modèle, c'est-à-dire l'ampleur de l'horizon de planification, est une question délicate. En utilisant un horizon de planification plus long, on assure une solution convergente vers un équilibre, mais ceci élargit considérablement le modèle.

Pour chaque période, le modèle détermine la combinaison optimale d'activités en fonction des conditions technico-économiques et politiques. On distingue des activités de production, des niveaux d'utilisation d'inputs, des investissements en équipement d'irrigation par aspersion, comme des emprunts à court et long terme.

Chaque activité de production, X_{itkmn} , est définie en fonction de cinq éléments différents :

i : culture (blé, orge, maïs, betterave, tournesol, jachère),
t : niveau d'intensification de la production (9 techniques différentes),
k : précédant cultural,
m : méthode d'irrigation (sans irrigation, irrigation par surface, irrigation par aspersion),
n : année où l'activité se produit.

Pour que le modèle conduise à des solutions admissibles, il faut définir avec précision ce que cherchent à maximiser les agriculteurs dont on s'occupe et sous quelles contraintes. Dans le cas des modèles multipériodiques, il est classique de maximiser la valeur actuelle des consommations futures, soit :

$$\max U = \sum_{n=1}^N (\bar{C}_n - \phi r_n) / (1 + ta)^{n-1}$$

où :

C_n : est le prélèvement pour la consommation de l'année n , c'est-à-dire, le résultat de l'entreprise après avoir prélevé les coûts de production et financiers, et l'autofinancement.

N : l'horizon de planification,

ϕ : un coefficient d'aversion au risque supposé caractéristique d'un agriculteur donné,

r_n : un paramètre de mesure du risque,
 ta : le taux d'actualisation.

Le taux d'actualisation exprime la préférence du décideur pour le présent par rapport à l'avenir. Elle permet tenir compte des coûts et des bénéfices futurs en les ramenant à une base de comparaison.

III.- Les contraintes pluriannuelles

Les contraintes dynamiques nous permettent de traduire l'influence du choix d'un certain plan de production pour une année sur ceux des années suivantes. Elles reflètent le besoin d'assurer la rotation des cultures sur une même parcelle et le transfert des liquidités et des facteurs de production fixes d'une année sur l'autre.

1.- Les rotations culturales

Il faut pouvoir expliciter comment le plan de production choisi une année conditionne la solution de l'année suivante. Les contraintes de rotation montrent que la superficie avec un précédent cultural k pour l'année n ne peut pas être supérieure à celle consacré à cette culture l'année $n-1$:

$$\sum_i \sum_t \sum_m X_{itkmn} \leq \sum_i \sum_k \sum_m X_{itkmn-1}$$

De plus, la somme des superficies consacrées aux différentes activités de production doit être inférieure à la quantité de terre disponible. Nous allons considérer que les disponibilités de terre sont fixes pour chaque type d'exploitation. Ceci correspond à peu près avec la réalité, du fait que le marché de terres est quasi inexistant. D'autre part, du fait que la disponibilité de terres sur le marché est très réduite et non homogène dans le temps, la modélisation du marché foncier devient une question délicate. Etant donné SAU_n la superficie de l'exploitation, la contrainte de terre s'exprime par :

$$\sum_i \sum_t \sum_k \sum_m X_{itkmn} \leq SAU_n$$

2.- Les investissements

Nous allons supposer que la disponibilité de terre et de matériel des exploitations est fixe tout au long de l'horizon de planification. Pour cela, les seuls investissements à considérer seront ceux qui correspondent à l'achat d'équipement d'arrosage.

L'investissement en équipement d'aspersion l'année n consomme des ressources durant cette année. Cette activité génère des ressources au cours des J années suivantes, J étant la durée de vie de l'équipement. La disponibilité en équipement d'irrigation par aspersion dépend donc des disponibilités initiales et du niveau d'investissement. Ceci est exprimé par la relation suivante :

$$\sum_i \sum_t \sum_k X_{itkn}(m_3) \leq EQI + \sum_j AEQ_{n-j} - \sum_j VEQ_{n-j}$$

avec $j = 0, 1, \dots, J$

L'agriculteur dispose d'un niveau d'équipement initial (EQI). Il a la possibilité d'en acheter (AEQ_n), en augmentant de cette façon la disponibilité pour la durée de vie de l'investissement. La perte de valeur de l'équipement d'irrigation est prise en compte en considérant la possibilité de vente de l'équipe (VEQ_n) à un prix décroissant tout au long de sa durée de vie (la valeur résiduelle de l'investissement).

L'investissement en équipement d'arrosage peut être financé par des immobilisations à long terme sur les recettes de l'exploitation ou bien par des emprunts à long terme.

3.- Les contraintes de trésorerie

Des activités telles que l'achat des facteurs de production, la consommation des membres de la famille et le remboursement des emprunts contractés antérieurement, ont des exigences de financement qui doivent être satisfaites pour chaque période considérée. Les sources de financement sont la vente des récoltes antérieures, la liquidation d'actifs et les emprunts à court et long terme :

$$C_n = \sum_i \sum_t \sum_k \sum_m (MP_{itkmn} * X_{itkmn}) + EMCT_n + VEQ_n * pveq$$

$$- \sum_i \sum_t \sum_k \sum_m (ChF_m * X_{itkmn}) - (1 + pct) * EMCT_{n-1} - \sum_e (EMLT_{n-e} * ann)$$

$$- \sum_p (HTS_{pn} * pts) - UTP_n * ptp + SOLD_{n-1} - SOLD_n - IMMO_n$$

où :

C_n : est le prélèvement pour la consommation de l'année n ,

MP_{itkmn} : la marge proportionnelle correspondante à chaque activité,

ChF_m : les charges fixes d'exploitation,

$EMCT_n$: l'emprunt à court terme,

$EMCL_n$: l'emprunt à long terme,

$SOLD_n$: le solde de trésorerie,

$IMMO_n$: les immobilisations à long terme,

HTS_{pn} : heures de travail saisonnier par période,

UTP_n : unités de travail permanent,

VEQ_n : la vente d'équipement d'aspersion,

pts : prix horaire du travail saisonnier,

ptp : prix annuel du travail permanent,

pct : le taux d'intérêt de l'emprunt à court terme,

ann : taux de l'annuité de l'emprunt à long terme,

$pveq$: la valeur résiduelle de l'équipement d'aspersion,

La formulation des contraintes financières exige d'affecter les ressources disponibles aux dépenses qu'ils peuvent financer. Ainsi, l'achat des facteurs de production peut être financé par des prélèvements sur les liquidités de l'exploitation ou par des emprunts à court terme. La contrainte de financement à court terme est exprimée par l'équation suivante :

$$SOLD_{n-1} + EMCT_n + VEQ_n * pveq \geq \sum_i \sum_t \sum_k \sum_m (ChP_{itkm} * X_{itkmn})$$

$$+ \sum_i \sum_t \sum_k \sum_m (ChF_m * X_{itkmn}) + \sum_p (HTS_{pn} * pts) - UTP_n * ptp$$

$$- (1 + pct) * EMCT_{n-1} - \sum_e (EMLT_{n-e} * ann) - IMMO_n$$

De même, les sources de financement des investissements sont les immobilisations sur la trésorerie annuelle ou les emprunts à long terme.

$$IMMO_n + EMLT_n \geq AEQ_n * peq$$

Le traitement des emprunts à long terme est similaire à celui des investissements. L'emprunt génère des ressources financières la première année et consomme des ressources tout au long de la période de remboursement.

IV.- Contraintes d'irrigation

Pour irriguer, l'exploitant est contraint d'avoir un contrat avec la Confédération Hydraulique, où il est spécifié le nombre d'hectares susceptibles d'être irrigués, auxquels un certain volume d'eau est associé. La contrainte d'irrigation exprime donc que les besoins en eau de l'ensemble des activités de production ne peuvent pas dépasser les disponibilités d'eau d'irrigation.

$$\sum_i \sum_t \sum_k \sum_m (BI_{ctm} * X_{itkmn}) \leq QEAU_n$$

Or, le volume d'eau contracté n'est pas toujours assuré ; en effet, la disponibilité d'eau dans l'exploitation va dépendre de la quantité retenue dans les barrages, et celle-ci est fortement dépendante de la climatologie. De ce fait, l'exploitant n'est jamais sûr de pouvoir disposer d'une quantité d'eau suffisante pour irriguer son exploitation. Il a donc intérêt à épargner la ressource. Pour exprimer cette incertitude sur la quantité d'eau disponible, nous avons considéré deux scénarios différents, l'un avec la dotation disponible et l'autre avec la dotation espérée lors d'une mauvaise année climatique (calculée en fonction de données statistiques). Faute d'autres hypothèses, cette approximation nous semble correcte du fait que les agriculteurs tiennent compte de la possibilité de souffrir des restrictions en eau lorsqu'ils prennent les décisions sur le long terme.

Deux méthodes d'irrigation ont été prises en compte : l'irrigation par écoulement et l'irrigation par aspersion. La première ne requiert pas d'équipement spécial, étant donné que l'agriculteur reçoit l'eau dans la partie la plus haute des parcelles. En revanche, la superficie qui peut être irriguée par aspersion dépend de la disponibilité en équipement d'arrosage.

V.- Les contraintes de travail

Du fait du caractère saisonnier de l'activité agricole, cette contrainte doit s'écrire non seulement pour chaque type de travail, mais encore pour chaque période de l'année susceptible de devenir un goulot d'étranglement pour l'utilisation de cet input. Ceci entraîne des nombreuses conséquences pour l'évaluation du coût d'opportunité des inputs agricoles (Boussard, 1987).

Il est difficile de programmer le calendrier des activités agricoles : les conditions climatiques vont déterminer la possibilité de réaliser telle ou telle opération culturale. De cette façon, le calendrier des travaux est dépendant de la climatologie. Nous avons considéré des périodes bimensuelles ($p1, p2... p6$) et nous avons affecté un nombre moyen de jours de travail disponibles (DTR_p) pour chaque période considérée¹. Pour chaque période de l'année, il faut pouvoir satisfaire les besoins de travail (BTP_{itmp}) des activités de production :

$$\sum_i \sum_t \sum_k \sum_m (BTP_{itmp} * X_{itkmn}) - HTS_{pn} - UTP_n * DTR_p \leq HTF_{pn}$$

Pour cela, l'exploitation dispose d'une unité de travail familial, qui fournit une quantité de travail HTF_{pn} . Normalement, on n'aura besoin de main-d'oeuvre additionnelle que dans une certaine période de l'année. Il arrive que l'on puisse recruter de la main-d'oeuvre saisonnière (HTS_{pn}). Toutefois, ceci entraîne des coûts supplémentaires et une certaine incertitude sur la possibilité réelle d'obtenir la quantité de travail désiré au moment propice.

Faute de pouvoir recruter de la main-d'oeuvre temporaire, il faut recruter de la main-d'oeuvre permanente (UTP_n). Si la main-d'oeuvre n'est réellement limitante que dans une partie de l'année, cela signifie que le travailleur sera sous-employé la plupart du temps et, d'autre part, le recrutement n'aura lieu que si la productivité marginale du travail à la période de pointe est assez grande pour rembourser l'entretien d'un travailleur supplémentaire toute l'année. Finalement, il faut considérer que la main-d'oeuvre temporaire consomme des liquidités. Après ces considérations, il est aisé de comprendre que la valeur duale d'une heure de travail à une période donnée soit différente du prix de marché de cette main-d'oeuvre.

¹ - Le choix de périodes bimensuelles est en partie dû à la disponibilité de données. Nous disposons de données moyennes de nombre d'heures de travail correspondant à la zone d'étude, facilitées par M. G. Arévalo, chercheur à l'Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca

Une conséquence importante de la saisonnalité des travaux agricoles est la difficulté de la spécialisation. En effet, l'agriculteur a intérêt à étaler les pointes de travail. Cela justifie le choix des techniques ou des cultures en apparence moins efficaces que d'autres. Les agriculteurs choisissent leurs plans de production de manière à étaler la récolte et la plupart des opérations culturales sur une période la plus longue possible.

L'imbrication des calendriers culturels conduit donc à diversifier les assolements. Mais ce n'est pas ce phénomène tout seul, ni la nécessité d'assurer les rotations culturales, qui expliquent la diversification des productions. Elle est due en grande partie à la prise en compte du risque. Ce point, qui mérite une attention spéciale, fera l'objet du paragraphe suivant.

VI.- La prise en compte du risque

Une des questions délicates, et des plus difficiles à traiter, est le comportement de l'entrepreneur face au risque associé à la production. Toute activité économique entraîne un risque dérivé de l'incertitude par rapport au prix des produits et même à la possibilité de vendre la production. Dans le cas de l'activité agricole, à ce risque économique vient s'ajouter un risque technique, non moins important, provoqué par la forte dépendance des rendements par rapport à la climatologie.

Ignorer le risque dans le modèle conduit souvent à des résultats inacceptables pour l'agriculteur ou qui sont peu concordants avec les décisions qu'il prend. Face à ce problème, plusieurs techniques permettant d'incorporer le risque dans les modèles de comportement des agriculteurs sont en train de se développer ces derniers temps (Hazel et Norton, 1986).

Une des méthodes classiques pour introduire le risque dans un modèle de programmation mathématique consiste à maximiser une fonction d'utilité définie comme une combinaison linéaire du risque et du revenu espéré (Boussard, 1980). Dans le cas d'un modèle multipériodique, cela se traduit par :

$$\max u = \sum_n (\bar{C}_n - \phi r_n) / (1 + ta)^{n-1}$$

où :

$\bar{C}_n$: est l'espérance du revenu,

ϕ : un coefficient d'aversion au risque supposé caractéristique d'un agriculteur donné,

r_n : un paramètre de mesure du risque,

ta : le taux d'actualisation.

Markovitz (1952) a suggéré d'utiliser la variance du revenu comme paramètre de mesure du risque. Dans notre modèle, nous allons mesurer le risque par l'écart type (au lieu de la variance), car il a l'avantage d'être un concept dimensionnellement équivalent au revenu.

Les fonctions d'utilité quadratiques sont une des formulations possibles pour traiter les problèmes de décision soumis aux contraintes de risque. Comme nous l'avons déjà signalé, nous allons essayer de décrire le comportement de l'agriculteur face au risque en utilisant une formulation proposée par Markovitz (1952).

Le choix entre des plans de production alternatifs ne dépend pas seulement des niveaux de consommation qu'ils permettent mais aussi de la variabilité inter-annuelle des consommations. Cette méthode suppose que l'agriculteur est prêt à une certaine perte de revenu en échange d'une diminution du risque, ce qui l'amène à diversifier les productions. Comme mesure de dispersion de la variable consommation, nous allons utiliser l'écart type. En tenant compte du risque, le problème consiste à :

$$\max u = \sum_n (\bar{C}_n - \phi \sigma_n) / (1 + ta)^{n-1}$$

où :

$\bar{C}_n$: est la valeur espérée de la consommation annuelle,

ϕ : un coefficient d'aversion au risque supposé caractéristique d'un agriculteur donné,

σ_n : l'écart type par rapport à l'espérance de la consommation,

ta : le taux d'actualisation.

L'écart type est calculé à partir des déviations par rapport à la consommation espérée :

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{(C_n - C_{vwn})^2}{S}}$$

étant donné C_{vwn} la consommation pour chaque état de la nature (v représentant la variabilité climatique et w la variabilité des prix des produits), qui est déterminée de façon endogène à partir des données de rendements obtenus avec EPIC et des variations des prix de produits calculés à partir de séries historiques dans la région d'étude :

$$C_{vwn} = \sum_i \sum_k \sum_t \sum_m (MPI_{itkmvwn} * X_{itkmn}) + EMCT_n + VEQ_n * pveq \\ - \sum_i \sum_t \sum_k \sum_m (ChF_m * X_{itkmn}) - (1 + pct) * EMCT_{n-1} - \sum_e (EMLT_{n-e} * ann) \\ - \sum_p (HTS_{pn} * pts) - UTP_n * ptp + SOLD_{n-1} - SOLD_n - IMMO_n$$

Cette formulation permet tenir compte du rapport entre la situation financière de l'entreprise agricole et le comportement face au risque. Ceci permet d'intégrer dans la variabilité de résultats non seulement l'incertitude sur les rendements de culture et sur les prix, mais aussi le risque dérivé de l'impossibilité de satisfaire aux exigences de main-d'oeuvre et de l'insuffisance de ressources financières de l'entreprise agricole.

Le paramètre de dispersion σ_n est calculé de façon endogène. A partir des variations de rendements et de prix espérés, le modèle calcule le prélèvement pour la consommation pour chaque état de la nature. Du fait que la variable C_n englobe tant les recettes de l'exploitation que les variables financières, cette formulation permet de tenir compte de l'influence du niveau de capitalisation sur le comportement face au risque. Il y a toujours un rapport entre l'aversion au risque et la situation financière du décideur. On est prêt à admettre que l'aversion au risque dépend fortement du niveau d'endettement.

Pour compléter la construction du modèle, il nous reste à faire quelques considérations. D'une part, la maximisation du profit est un objectif raisonnable pour les entrepreneurs agricoles, notamment dans les pays industrialisés. Mais, dans le cas des petites unités de production, le désir de profiter du temps libre atteint une importance remarquable. De plus, l'activité agricole requiert de plus en plus de temps de gestion, et les agriculteurs ont, en général, intérêt à réduire le temps de travail manuel. L'importance donnée par le cultivateur au temps libre sera prise en compte en introduisant dans le modèle le coût d'opportunité de la main-d'oeuvre familiale.

D'autre part, il nous reste encore d'assigner des valeurs finales aux investissements dont la durée de vie dépasse la dernière période.

Chapitre VIII L'analyse des résultats

I.- Introduction

La région se caractérise par une grande homogénéité tant au niveau des productions pratiquées que des structures d'exploitation. Nous allons essayer de représenter le type d'exploitation dominante, qui a une superficie de 40 ha, dont 20 ha sont irrigués. Le travail est assuré par l'entrepreneur agricole lui-même. Les coûts fixes (y compris la charge foncière) sont évalués à 600.000 pts. Les hectares irrigués sont soumis au paiement du tarif d'irrigation, estimé en 15.000 pts/ha. Le montant maximum de crédit à court terme est de 1.500.000 pts. et la liquidité initiale est de 3.000.000 pts.

Le volume d'eau accordé par la Confédération Hydrologique est de 7.500 m³/ha, mais le volume réel disponible chaque année dépend du volume retenu dans les barrages et donc des aléas climatiques. En regardant les séries historiques de disponibilités d'eau d'irrigation, nous pouvons affirmer que l'agriculteur sera soumis aux limitations d'eau deux années sur cinq.

Pour tenir compte de l'incertitude quant à la disponibilité d'eau, on pourrait procéder de la même façon que pour la variabilité des rendements. Mais, du fait des contraintes technologiques nous empêchant d'élargir le modèle, nous avons considéré deux scénarios d'eau différents : un scénario favorable, en supposant que l'agriculteur dispose du volume contracté et un scénario défavorable, en faisant l'hypothèse que l'agriculteur raisonne en fonction du volume minimum disponible. Cette dernière hypothèse nous semble assez pertinente pour traiter les questions concernant les investissements à long terme.

Quant aux interventions de politique agricole, deux situations ont été considérées : un scénario avec réforme de la PAC et un scénario sans réforme.

II.- La simulation du comportement des agriculteurs

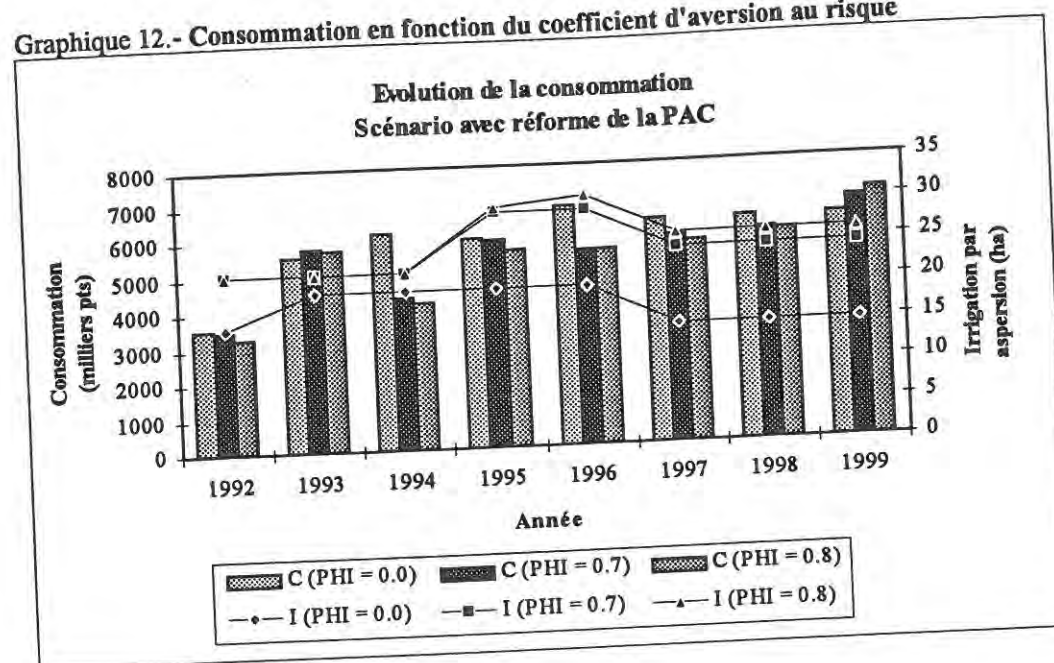
Une fois qu'on a pris en compte toutes les disponibilités et les contraintes qui déterminent les conditions de la production pour l'exploitation de référence, le modèle est supposé représenter le comportement rationnel des agriculteurs. Mais il est pratiquement impossible de faire cela de façon théorique. Bien qu'il soit aisé d'admettre que l'entrepreneur agricole cherche à maximiser le bénéfice de l'exploitation, il est difficile d'exprimer sa préférence entre des activités très productives risquées et des activités moins productives mais avec un risque moindre. Il est de même difficile de décider si l'agriculteur cherche un bénéfice à court terme ou bien sur le long terme.

Par conséquent, nous allons considérer que le modèle a une qualité acceptable lorsqu'il conduit à des plans de productions voisins de ceux effectivement réalisés dans la situation initiale connue. La première étape est donc la validation du modèle pour refléter les conditions initiales de la production, le coefficient d'aversion au risque étant le principal paramètre nous permettant de refléter le comportement rationnel des entrepreneurs agricoles.

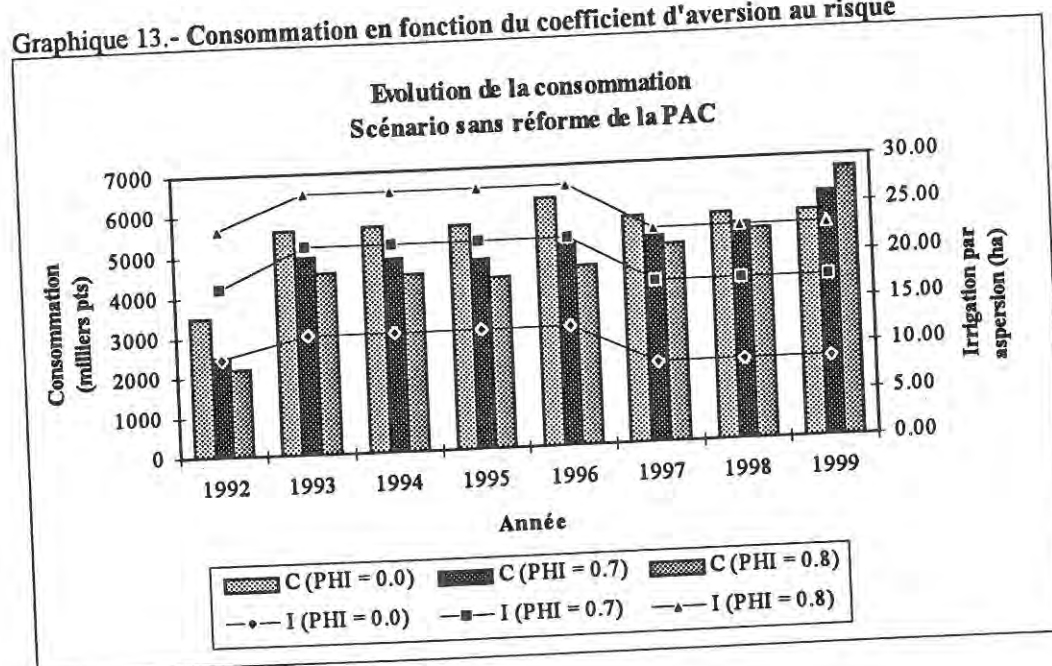
Les graphiques 12 et 13 montrent les résultats obtenus en fonction de trois coefficients différents. Il est clair qu'une augmentation de la valeur du coefficient d'aversion au risque entraîne une perte de consommation. Ce qui nous paraît important à signaler est que cette perte de consommation est moins accusée dans le scénario avec réforme de la PAC, ce qui pourrait indiquer que ce scénario est plus sûr ou moins risqué. Cela ne paraît pas très improbable du fait qu'une partie des recettes des agriculteurs n'est pas soumise aux aléas climatiques ni à la variabilité des prix des produits.

L'étalonnage des solutions simulées avec la situation réelle nous a amené à choisir un coefficient d'aversion au risque $\phi = 0.7$. Il nous semble important de souligner qu'on arrive à des résultats voisins des réels avec des coefficients d'aversion impliquant une petite perte de consommation.

Graphique 12.- Consommation en fonction du coefficient d'aversion au risque



Graphique 13.- Consommation en fonction du coefficient d'aversion au risque

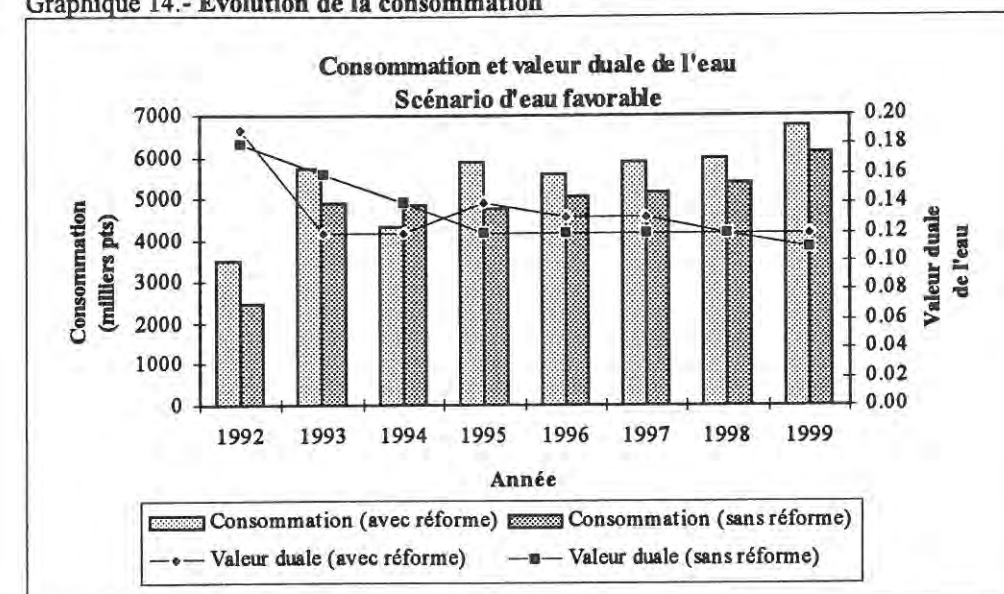


III.- Evolution de la consommation

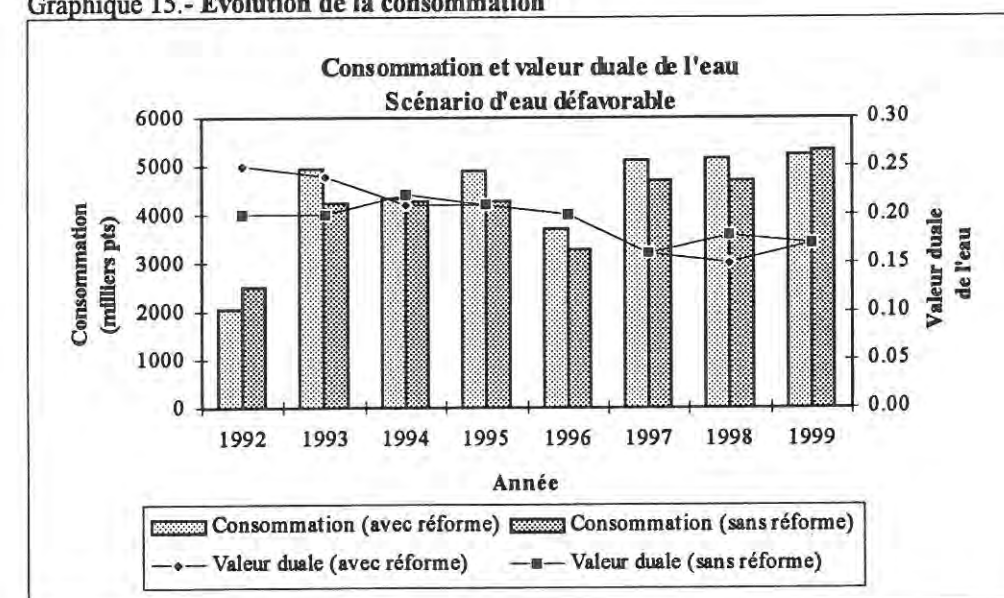
En général, les valeurs des prélèvements pour la consommation sont légèrement supérieures avec la réforme de la PAC. Il en est de même pour les investissements en équipement d'irrigation par aspersion.

En comparant les scénarios d'eau favorable et défavorable, on regarde des niveaux de consommation plus bas dans le deuxième. Les données de la valeur duale de l'eau (13pts/m³ dans le scénario d'eau favorable et 16pts/m³ dans le scénario d'eau défavorable) montrent une estimation supérieure de l'eau d'irrigation dans le cas d'une moindre disponibilité de la ressource.

Graphique 14.- Evolution de la consommation



Graphique 15.- Evolution de la consommation



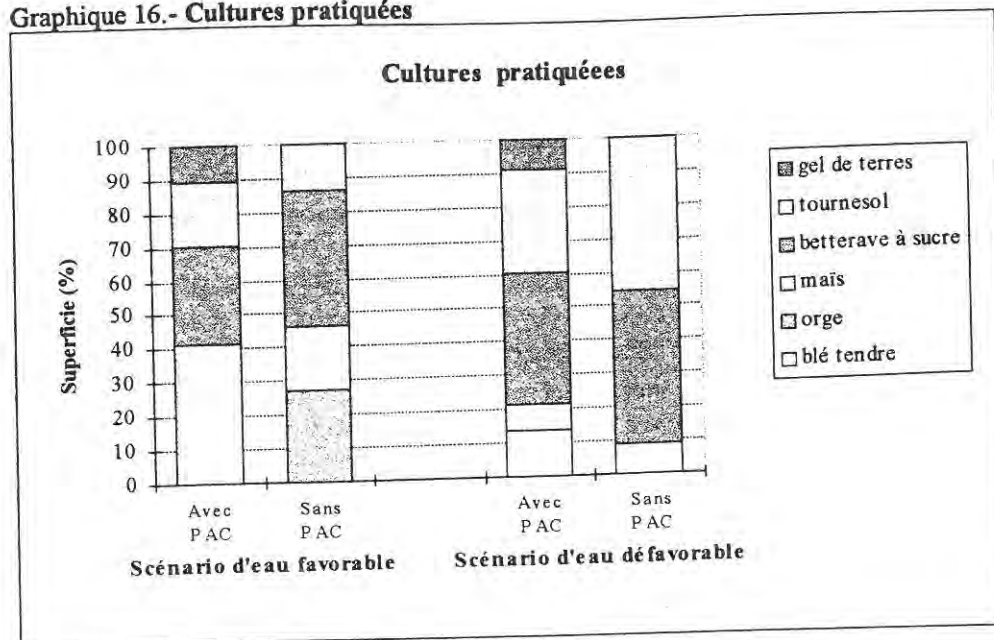
IV.- Evolution des activités de production

1.- Evolution des cultures pratiquées

Le principal aspect à remarquer est la forte dépendance du choix de cultures par rapport aux disponibilités d'eau. Dans le cas du scénario favorable en eau, on remarque un passage net aux cultures irriguées et une diminution, voire une disparition, du blé et du tournesol de l'assolement. Dans ce sens, le scénario défavorable est supposé représenter plus fidèlement le comportement réel observé.

En revanche, l'évolution de l'assolement est similaire pour les deux scénarios politiques retenus. La seule différence à remarquer - outre l'obligation de geler des terres - est la forte augmentation de la superficie consacrée au tournesol les deux premières années d'application de la réforme.

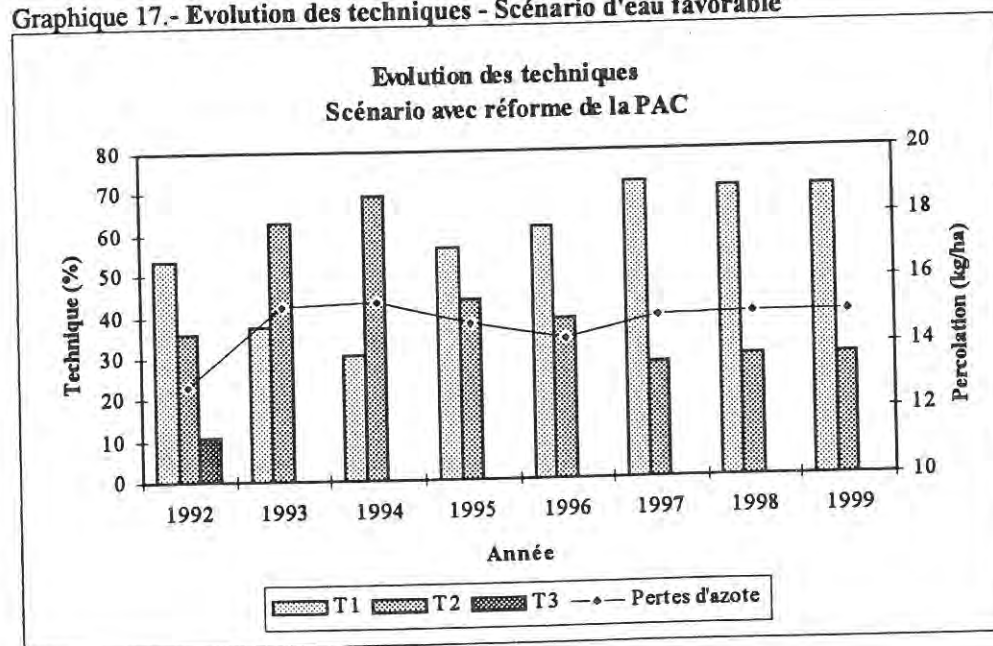
Graphique 16.- Cultures pratiquées



2.- Evolution des techniques de production

Le modèle choisit des techniques plus extensives de celles réellement pratiquées pour la première année. Ceci peut être dû au fait que les agriculteurs utilisent des niveaux de fertilisation et irrigation supérieurs à l'optimum. Comme les Services de Vulgarisation Agraire sont en train de le vérifier actuellement, une diminution des niveaux d'intrants peut conduire à des meilleurs résultats économiques, même avec une diminution des rendements. Une autre raison pourrait être que le modèle ne tient pas compte du coût de supervision que les techniques extensives exigent, ni de la variabilité des rendements qui est supérieure à cause des effets des maladies.

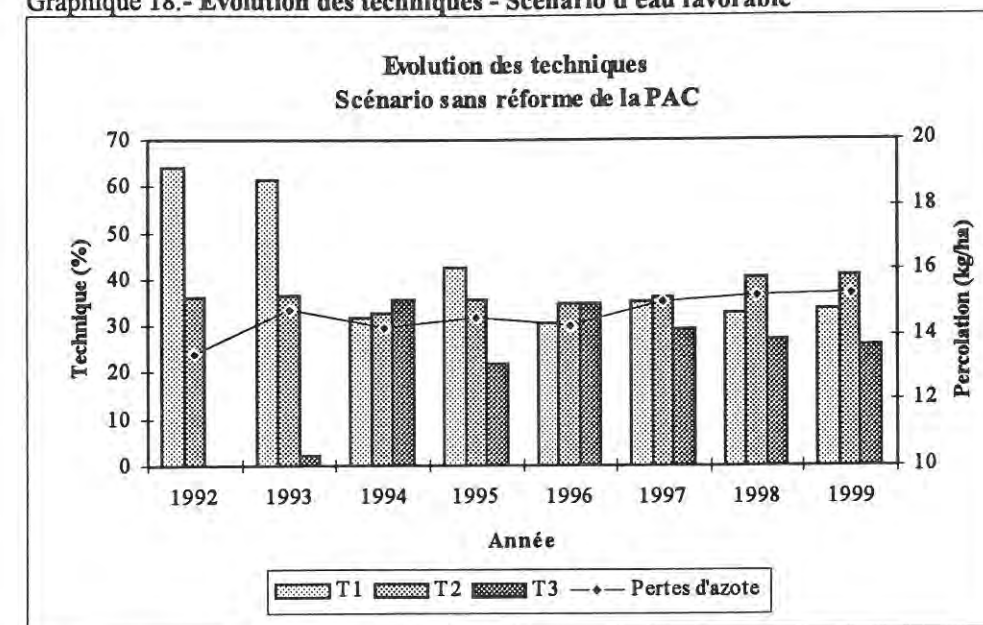
Graphique 17.- Evolution des techniques - Scénario d'eau favorable



En comparant les deux scénarios politiques considérés, on remarque une tendance à l'utilisation des techniques plus extensives* avec la réforme de la PAC.

* Le niveau d'intensification est mesuré en tenant compte des différences dans l'application d'intrants (engrais,...)

Graphique 18.- Evolution des techniques - Scénario d'eau favorable



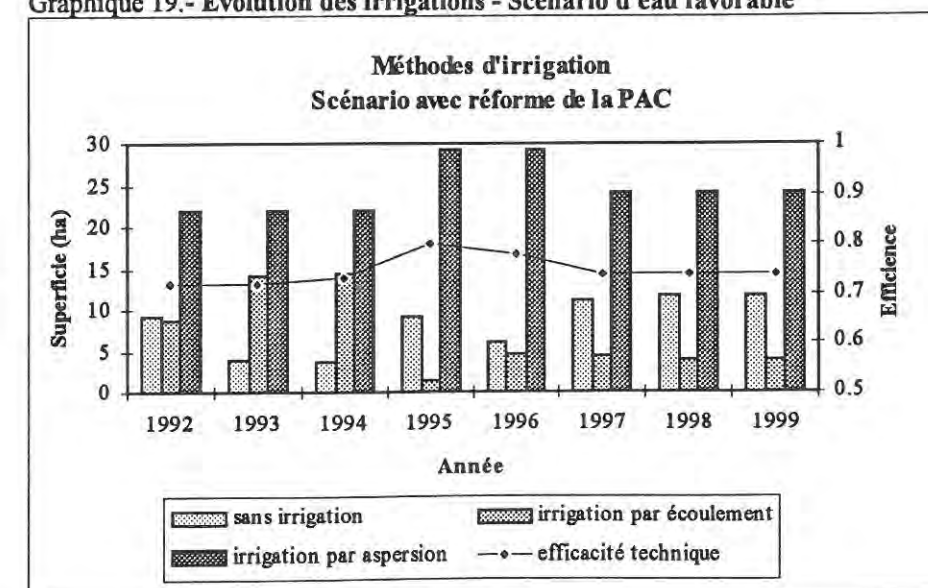
3.- Evolution des méthodes d'irrigation

L'analyse des valeurs duales de l'eau nous permet de déterminer la tarification que l'agriculteur est prêt à payer pour augmenter la superficie irriguée. Les valeurs duales sont plus élevées dans le scénario d'eau défavorable, montrant la prédisposition de l'agriculteur à payer un prix plus élevé au fur et à mesure que la ressource devient plus rare.

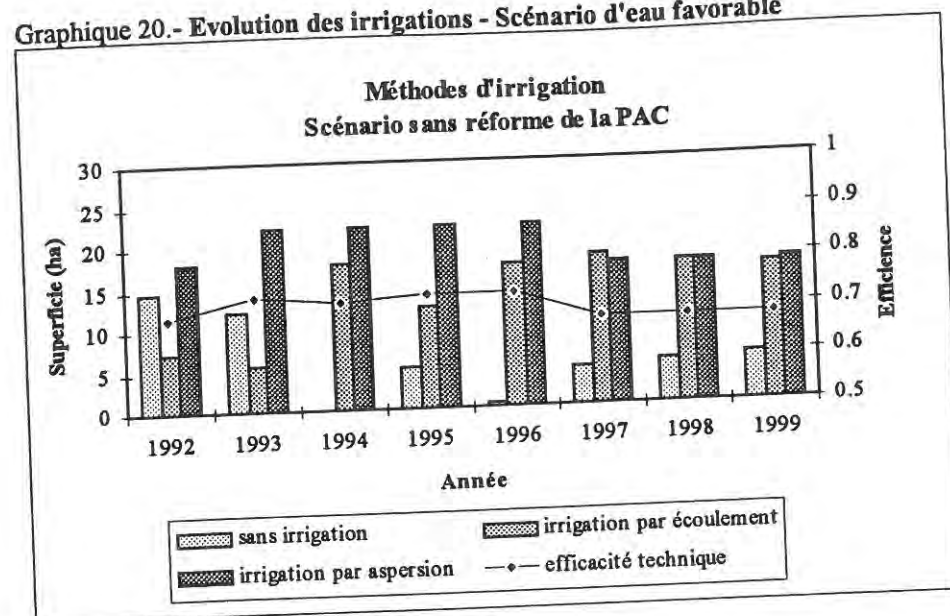
L'influence de la PAC sur les valeurs duales est mise en évidence les deux premières années, où les valeurs duales sont plus hautes dans le scénario avec réforme. Dans les années suivantes, ces valeurs ont tendance à se rapprocher.

Le scénario avec réforme de la PAC implique une augmentation des investissements en équipements d'irrigation par rapport au scénario sans réforme.

Graphique 19.- Evolution des irrigations - Scénario d'eau favorable



Graphique 20.- Evolution des irrigations - Scénario d'eau favorable



V.- Les limites du modèle

Il serait intéressant de faire une analyse de sensibilité par rapport à certaines variables (prix de l'équipement d'irrigation, niveau de capitalisation).

Nous avons tenu compte tant du risque technique (variabilité des rendements) que du risque économique (variabilité des prix). Dans ce sens, la réforme de la PAC implique un scénario "moins risqué" du fait qu'une partie des recettes des agriculteurs est assurée par les paiements compensatoires, qui sont accordés à la superficie et non pas à la production. Bien qu'on considère qu'en réalité l'agriculteur perçoit la réforme comme une situation "plus sûre", on se demande si on n'aurait pas du tenir compte de l'incertitude sur les aides à l'hectare.

Conclusions générales et développements futurs

Les résultats montrent que la réforme entraîne une légère augmentation du niveau de consommation comme une augmentation des investissements en équipement d'aspersion. Les tendances montrent un accroissement de l'utilisation de la ressource hydrique, partout où cela est possible, et suggèrent que cette tendance continuera jusqu'aux limites permises par les contraintes économiques et les techniques disponibles.

D'autre part, il y a encore des possibilités d'augmenter l'efficacité productive et économique de l'irrigation. On peut noter de manière évidente que l'utilisation de la méthode par aspersion permet une plus importante économie d'eau.

Par conséquent, il nous semble que la politique agricole commune, telle qu'elle est conçue en ce moment, n'empêche pas le développement des irrigations régionales.

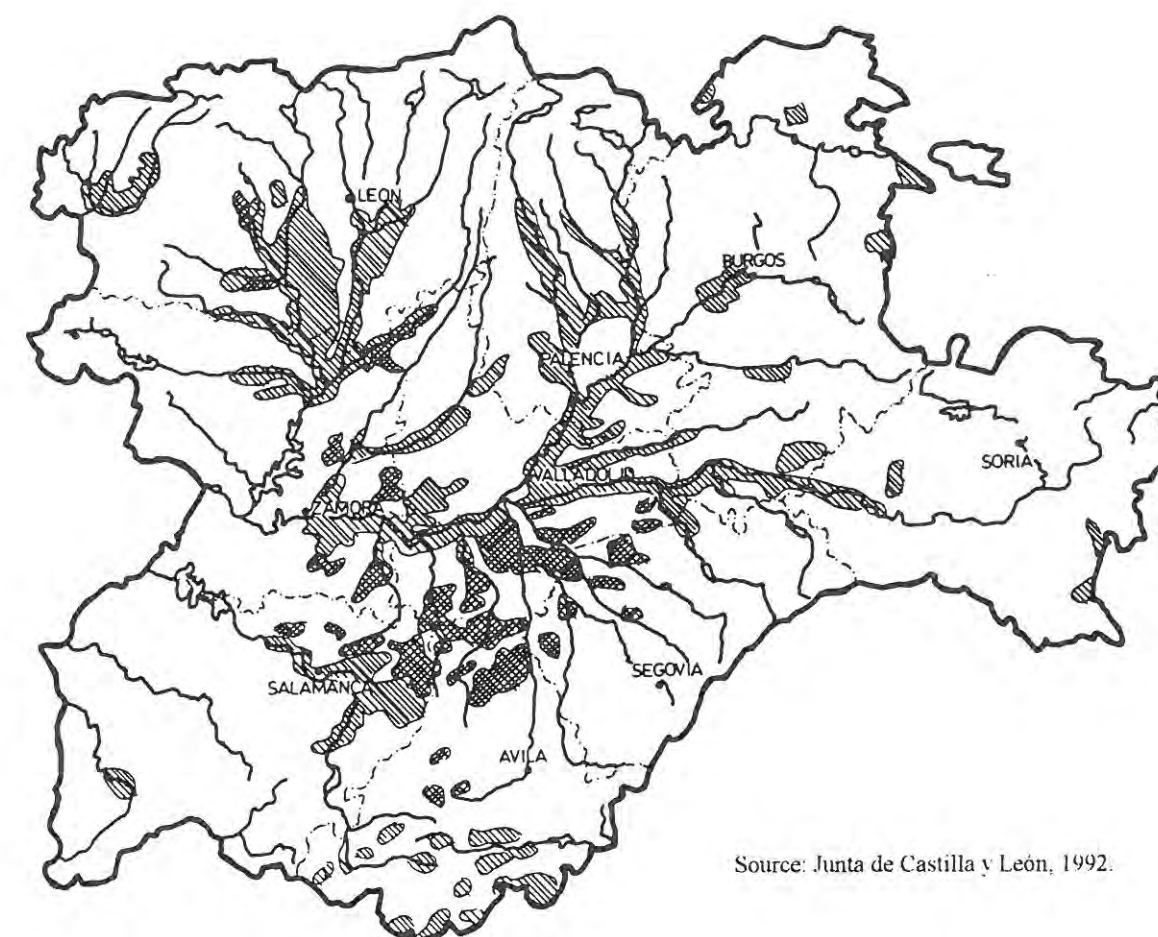
Les résultats du modèle semblent être d'accord avec les objectifs de la réforme de la PAC dans le sens d'une tendance à l'utilisation des techniques plus extensives. Cependant, comme nous venons de le dire, la réforme entraîne une augmentation des investissements en équipements d'irrigation. Cette apparente contradiction pourrait s'expliquer parce que les investissements se voient favorisés dans une situation de risque moindre.

Nous voulons finir en soulignant l'intérêt d'utiliser ce type d'analyse pour l'étude de l'évolution des systèmes agricoles. Nous sommes conscients que notre travail est sans conclusion, mais il nous a permis de réfléchir aux questions posées. Puisque nous comptons continuer cette recherche, nous avons réfléchi à la possibilité d'introduire la récursivité dans le modèle afin qu'il représente plus précisément le comportement des entrepreneurs agricoles. Enfin, l'analyse reste au niveau micro-économique. Dans le futur, il serait souhaitable de passer à un modèle agrégé.

La gestion des ressources hydriques en agriculture implique non seulement les aspects techniques concernant les méthodes d'irrigation et les technologies relatives mais aussi des aspects législatifs à propos de la conservation des ressources en eau. Il paraît utile de mener des études économiques visant à définir les instruments pour la mise en place d'une juste politique concernant l'irrigation dans le domaine de l'agriculture.

Annexe I
Principales données caractérisant
l'agriculture de Castille-León

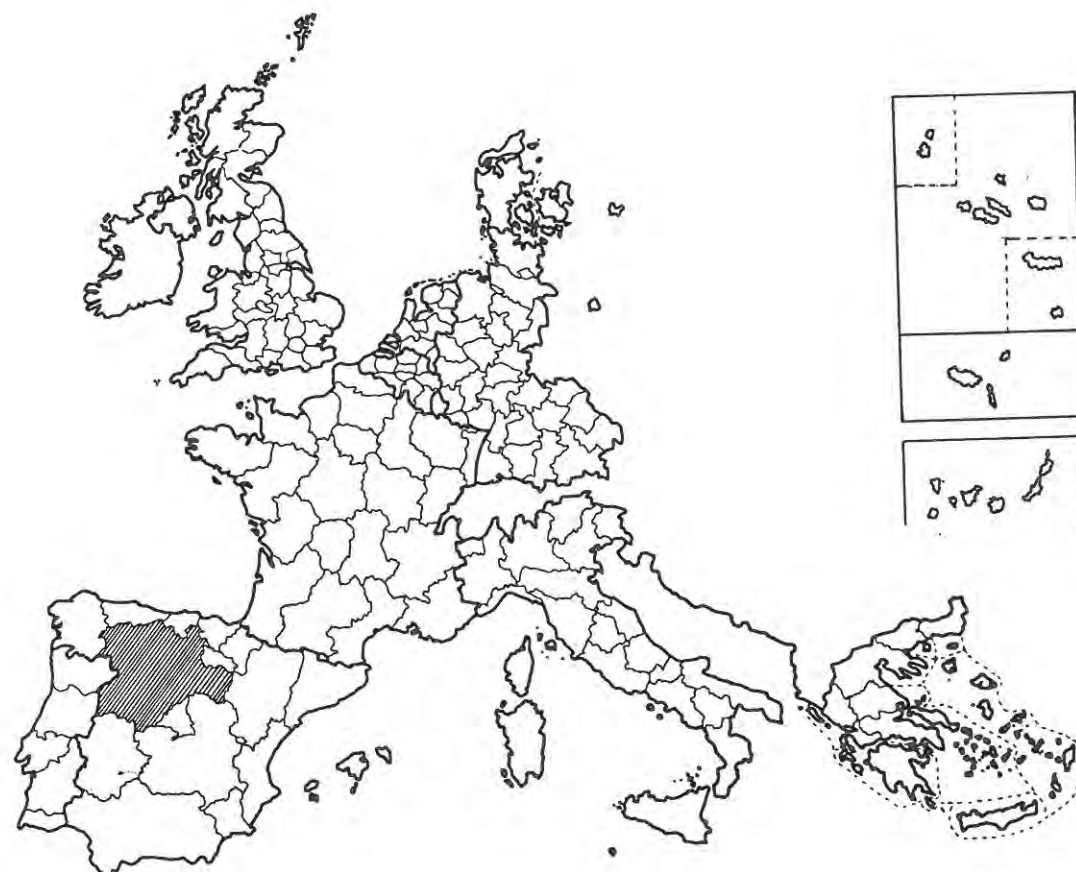
Localisation des surfaces irriguées dans la Castille-Léon



Source: Junta de Castilla y León, 1992.

-  Irrigations avec des eaux superficielles
-  Irrigations avec des eaux souterraines

Situation de la Castille-Léon dans la CEE (1988)



Données 1988	CEE	Espagne	Castille-Léon
Superficie (km ²)	2.253.497	504.790	94.193
Densité de population (hab/km ²)	144	77	28
Population active agricole (%)	6,6	10,5	17,8
Part de l'agriculture dans l'économie (%)	2,6	4,7	10,7

Source: EUROSTAT, 1988.

Tableau I.1.- Participation de chaque produit à la production finale agraire (%)

	Année			
	1960	1973	1981	1989
Produits agricoles				
Céréales	19.22	15.17	12.29	19.93
Légumineuses	3.34	3.04	1.4	0.93
Tubercules	7.39	6.39	7.5	3.61
C. Industrielles	8.52	5.74	11.75	7.69
Légumes	4.23	2.9	3.1	2.71
Fruits	3.27	3.05	0.98	0.6
Vin	5.08	3.12	1.81	0.57
Autres	1.56	4.19	1.96	1.69
Produits d'élevage				
Bovin	5.51	10.22	8.77	10.06
Ovin	6.4	7.46	4.29	6.07
Caprin	0.42	0.25	0.17	0.23
Porcin	7.58	7.01	9.15	16.82
Volailles	2.46	6.07	1.84	1.68
Lait	7.97	12.78	15.21	12.2
Autres	9.23	8.28	14.32	3.69
Total agricole	52.61	43.6	40.78	50.01
Total d'élevage	39.57	52.06	53.75	48.04
Bois	7.82	4.34	5.47	1.95
Prod. finale agraire	100	100	100	100

Source : García Fernández, 1992.

Tableau I.2.- Les ressources hydriques superficielles en Castille-León

Bassin	Communes n°	Sup. en C.L.		Sup. total ha	Sup. en C.L. % bassin
		ha	% sup.reg.		
Douro	1933	77271	82.15	77417	99.81
Ebro	160	8325	8.85	85550	9.73
Norte	48	4472	4.75	53180	8.41
Tajo	110	3996	4.25	55769	7.17
C.L.	2251	94064	100.00		

Source : El agua en España (MOPU, 1986).

Tableau I.3.- Utilisation des ressources en eau (année 2010)

	Bassin du Douro	Espagne	% Région/Espagne
Disponibilités (hm3/an)	10461	66634	15.70
Ressources sup.	9862	59629	16.54
Eaux souterraines	599	7205	8.31
Demande en eau (hm3/an)	5136	43675	11.76
Utilisation agricole	4801	28675	16.74
Utilisation urbaine et ind.	335	15134	2.21
Retours	800	5398	14.82
Superficie irriguée (ha)	585600	4012300	14.60
Volume moyen (m3/ha)	8200		
Bilan (hm3/an)			
Excédents en eau	6525	32635	19.99
Déficit en eau	400	4102	9.75

Source : El agua en España (MOPU, 1986).

Tableau I.4.- Perspectives de développement de l'irrigation (ha)

	Sup.irriguée 1985	Sup.en transformation 1987	2010	Totale
Bassin du Douro	409600	16000	160000	585600
Total national	3011300	227000	864000	4002400
% région/Espagne	13.60	7.05	18.52	14.63

Source : El agua en España (MOPU, 1986).

Tableau I.5.- Cultures herbacées (COP). Superficies (ha) et productions (tonnes).

Culture		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Céréales	Surface	2405445	2440506	2477064	2454223	2442426	2507782	2323745	2023369
	Product	3831842	6522541	7785256	5030003	6075599	5326711	3137246	7946454
Blé	Surface	619610	683614	758855	702847	623006	689182	694031	637000
	Product	1067076	1868505	2497141	1509790	1613138	1493903	1048064	2500840
Orge	Surface	1566032	1537386	1484564	1513878	1591048	1601866	1426441	1187350
	Product	2475491	4172776	4698111	2966034	3901026	3206601	1485061	4733160
Maïs	Surface	16342	18540	30270	27477	30633	48860	47406	44692
	Product	113667	150744	207664	215110	256495	400180	417876	355402
Autres céréales	Surface	203461	200966	203375	210021	197739	167874	155867	154327
	Product	175608	330516	382340	339069	304940	226027	186245	357052
Légumineuses	Surface	43645	46779	38850	37941	48683	48362	40626	27983
	Product	27690	39983	32172	25002	39046	28423	13803	30315
Protéagineux	Surface	2120	1611	1408	1750	2048	2446	2320	1557
	Product	2092	1938	1750	2048	3165	2126	805	4680
Oléagineux	Surface	100882	109622	95374	107599	142386	161883	379691	554753
	Product	77300	120567	89752	98057	138820	153405	194825	283790
Tournesol	Surface	100672	108498	94863	107056	141441	161206	378924	550226
	Product	77170	118669	89056	97158	137227	152331	193251	276116
Soja	Surface	0	0	183	253	287	87	60	61
	Product	0	0	360	595	721	243	81	82
Colza	Surface	210	1124	328	290	658	590	707	4466
	Product	130	1898	336	304	872	831	1493	7592

Source : Junta de Castilla y León, 1994.

Tableau I.6.- Evolution des prix perçus par l'agriculteur (pts/ha)

	Année							
Culture	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Blé	29.3	27.6	25.9	25.3	24.8	27.3	25.9	25.1
Orge	24.8	22.6	22.3	22.8	22.2	22.6	23.0	22.0
Avoine	24.1	23.4	23.5	23.5	20.6	21.8	24.0	22.4
Seigle	25.5	23.5	22.5	22.5	21.2	21.9	22.7	21.3
Maïs	28.8	26.8	27.0	25.1	25.1	27.6	26.6	26.2
Tournesol	68.6	50.6	56.3	57.6	55.6	60.4	14.6	31.5

Source : Junta de Castilla y León, 1994.

Aides publiques au secteur agricole régional

Plan d'appui au secteur betteravier de Castille-León (1993-1995)

Objectifs :	Adaptation des structures des exploitations betteravières aux conditions de marché, au moyen de deux lignes d'aides : aides aux revenus agricoles et aides directes à la production. Augmentation de la production de betterave pour atteindre le quota de production décidé à Bruxelles pour notre région : 4.407.280 tonnes, quota qui devra être révisé après la campagne 1993/94.
Bénéficiaires :	Exploitants agricoles castillans ayant un contrat en vigueur avec une sucrerie.
Montant :	800 pts/tonne de betterave à sucre A+B livrée en sucrerie, jusqu'à un total de 2000 tonnes par exploitant.
Financement :	Ces aides font partie du Programme d'Aide aux Revenus Agricoles (PARA) financé conjointement par le FEOGA et le gouvernement régional.
Réglementation :	Décret 104/1993 du 12 Mai de la <i>Consejería</i> d'Agriculture de Castille-León. Ordre du 21 Mai de la <i>Consejería</i> d'Agriculture de Castille-León.

Aides à la culture de légumineuses

Objectifs :	Stimuler la culture des légumes secs dans la région, notamment la culture de lentilles, un des produits ayant une dénomination "d'Appellation d'Origine Contrôlée".
Bénéficiaires :	Cultivateurs de légumineuses (lentilles, pois chiches).
Montant :	130 Ecu/ha pour la campagne 1994/95. Ces aides sont attribuées à l'hectare et ne dépendent pas du rendement moyen de la région. Il sera établi, à partir de la campagne 1995/96, une surface maximale garantie de 400.000 ha.
Réglementation :	Règlement CEE 2353/89.

Plan de reboisement

Objectifs :	Encourager les investissements en reboisement des superficies agricoles et l'amélioration des superficies boisées.
Bénéficiaires :	Exploitants agricoles.
Montant :	75% du total est financé par l'Union Européenne et les 25% restant doivent être apportés par les administrations nationales (Ministère de l'Agriculture et <i>Consejería</i> de l'Environnement).
Réglementation :	Ordre du 22 juillet 1993 de la <i>Consejería</i> de l'Environnement, concernant les normes d'attribution des aides dans la région. Décret royal 378/1993 du 12 mars du Ministère de l'Agriculture, qui développe le Règlement 2080/1992 de la CEE et établit qu'il revient aux Communautés Autonomes d'élaborer les Programmes Régionaux et Zonaux d'application des mesures.

Plan de protection des Outardes (1993-1997)	
Objectifs :	Protection des écosystèmes régionaux, et notamment le maintien de la jachère traditionnelle comme pratique culturelle compatible avec la protection de l'environnement et la préservation de l'espace rural dans des zones de culture extensive de céréales.
Bénéficiaires :	Agriculteurs des steppes céréalières de Castille-León adoptant des techniques de production compatibles avec la protection de la faune locale. Le plan concerne quelques 1.700.000 ha.
Montant :	Les aides dépendent du compromis souscrit par l'exploitant ; il existe quatre programmes différents.
Financement :	Ce plan fait partie du Programme des zones sensibles de l'Union Européenne, disposant d'un budget de 22.500 millions pts dont 25% du total devraient être apportés par les administrations nationales (Ministère de l'Agriculture et <i>Consejería</i> de l'Environnement).
Réglementation :	Règlement (CEE) 2078/92 Ordre du 10 octobre 1994 de la <i>Consejería de Presidencia</i> et Ordre du 16 novembre 1994 de la <i>Consejería de Presidencia</i> .

Plan de préretraite	
Objectifs	Encourager la préretraite dans la profession agricole .
Bénéficiaires :	Exploitants de plus de 60 ans.
Montant :	La participation du FEOGA-Garantie dans ce programme est de 75% du budget total (pour les zones de l'objectifs n°1), le reste étant cofinancé par le Ministère de l'Agriculture et la Communauté Autonome.
Financement :	Décret royal 477/93 du 2 avril du Ministère de l'Agriculture, qui développe le Règlement 2079/1992 de la CEE, par lequel le régime des aides à la préretraite est établi.

Annexe II

Caractérisation agricole de la zone d'étude retenue (Salamanca-Armuña)

Tableau II.1.- Caractéristiques du climat (1978-92)

	Température (°C)			Précipitation		Humidité rel. (%)	Vitesse du vent (m/s)
	Moyenne maximale	Moyenne minimale	Moyenne	mm	nombre jours		
Janvier	7.85	-0.78	3.53	29.39	12.53	82	3.15
Février	10.46	0.54	5.50	33.44	13.27	74	3.78
Mars	13.80	1.79	7.79	21.97	11.33	64	4.09
Avril	15.26	3.55	9.41	41.07	14.80	63	4.20
Mai	19.58	6.68	13.13	44.83	12.47	59	3.81
Juin	25.09	10.65	17.87	32.05	8.93	55	3.65
Juillet	29.66	13.08	21.37	14.23	4.53	46	3.17
Août	29.09	12.66	20.87	12.55	4.53	50	2.78
Septembre	25.81	10.72	18.26	29.68	6.73	58	2.52
Octobre	18.21	6.24	12.23	36.19	11.53	71	3.33
Novembre	12.71	2.56	7.64	41.09	11.47	79	2.63
Décembre	9.08	0.74	4.91	37.81	13.53	84	3.72
Moyenne	18.05	5.70	11.88	374.29	125.67	66	3.40

Source : Instituto Nacional de Meteorologia.

Tableau II.2.- Caractéristiques du sol

	Sol 1	Sol 2	Sol 3
Zone	San Morales	Cabezabellosa	Florida de Liébana
Type de sol			
Texture	Argilo-sableuse	Sableuse en surface	Equilibrée
Profondeur	Relativement profond	Profond	Très profond
PH du sol	6,9	6,1	6,5
Drainage	Bon	Excessif en surface	Bon

Source : Blanco de Pablos, 1982.

Tableau II.3.- Répartition générale de la superficie

	Zone d'étude		Castille-León		Espagne	
	ha	%	ha	%	ha	%
Sup. géographique	146000	100.00	9401033	100.00	50471255	100.00
Sup. agricole totale	134000	91.78	8104166	86.21	42939197	85.08
Sup. agricole utilisée	124817	85.49	4931564	52.46	24740506	49.02
Superficie labourable	96390	66.02	3344299	35.57	16247700	32.19
Prairies et pâturages	28427	19.47	1587258	16.88	8492796	16.83
Autres superficies	9193	6.30	3172609	33.75	18198701	36.06
Sup. non agricole	12000	8.22	1296867	13.79	7532058	14.92

Source : Censo Agrario 1989 (Instituto Nacional de Estadística, 1991)

Tableau II.4.- Principales productions agricoles

	Année 1982		Année 1989	
	ha	%	ha	%
Sup. agricole utilisée	119787	100.00	124817	100.00
Terres labourables	106249	88.70	96390	77.23
Cultures herbacées	105973	88.47	96213	77.08
Céréales	64065	53.48	60180	48.21
Légumes secs	4126	3.44	2775	2.22
Tubercules	1112	0.93	1062	0.85
Cultures industrielles	18419	15.38	16830	13.48
Cultures fourragères	2734	2.28	3777	3.03
Jachères	14970	12.50	11635	9.32
Autres	547	0.46	354	0.28
Cultures ligneuses	208	0.17	104	0.08
Fruits	14	0.01	14	0.01
Olivier	34	0.03	1	0.00
Vigne	160	0.13	89	0.07
Autres cultures	68	0.06	73	0.06
Prairies et paturages	13538	11.30	28427	22.77

Source : Censo Agrario 1982 y 1989 (Instituto Nacional de Estadística)

Tableau II.5.- Cheptel

Tableau.II.5.- Cheptel						
		Effectifs	Unités de bétail	Exploitations % total	Taille des troupeaux Effectifs/expl Unités b./expl	
Bovins	1982	21261	15664	32.64	14.03	10.34
	1989	23612	16859	26.80	22.90	16.40
Ovins	1982	61779	6178	5.02	265.15	26.52
	1989	74813	7483	5.20	372.20	37.20
Caprins	1982	1088	109	1.96	11.96	1.20
	1989	1232	123	1.80	18.10	1.80
Porcins	1982	30580	8923	40.59	16.23	4.74
	1989	38642	10907	35.60	28.30	8.00
Volailles	1982	292000	4019	41.46	151.77	2.09
	1989	167000	2339	27.20	160.10	2.20

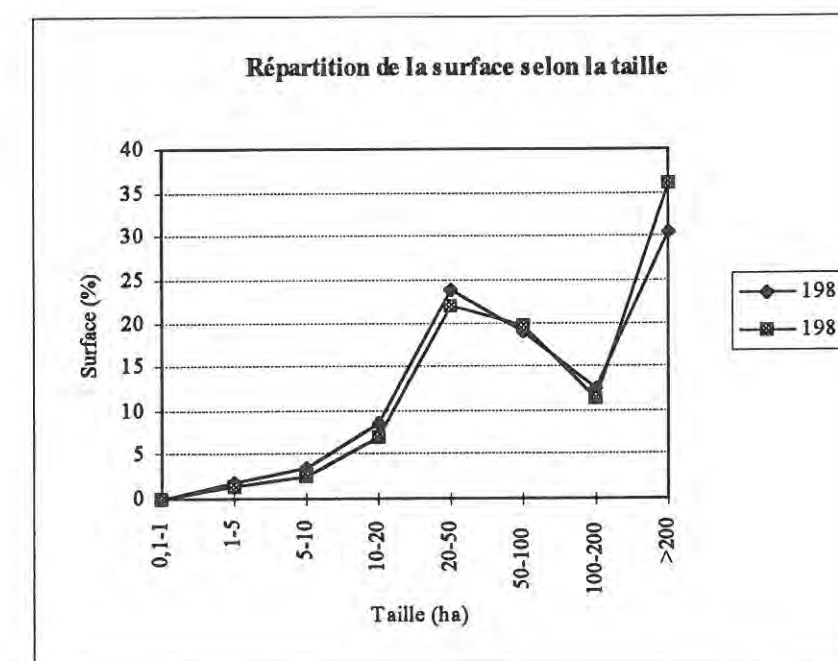
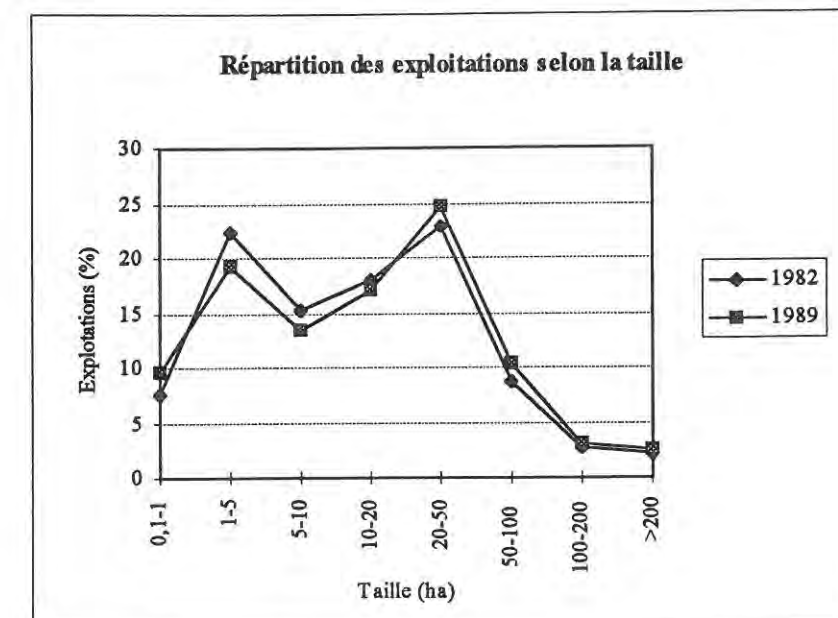
Source : Censo Agrario 1982 y 1989 (Instituto Nacional de Estadística)

Tableau II.6.- Nombre d'exploitations et taille moyenne

	Années	Exploitations		Sup. moyenne par exploitation		S.A.U. moyenne par exploitation	
		Nombre	Var (%)	ha	Var (%)	ha	Var (%)
Zone d'étude	1982	4474		30.63		26.77	
	1989	3739	-16.43	35.84	17.01	33.38	24.69
Castille-León	1982	271511		31.89		19.15	
	1989	235927	-13.11	34.35	7.71	20.90	9.14
Espagne	1982	2344012		18.90		10.10	
	1989	2264168	-3.41	18.96	0.32	10.93	8.22

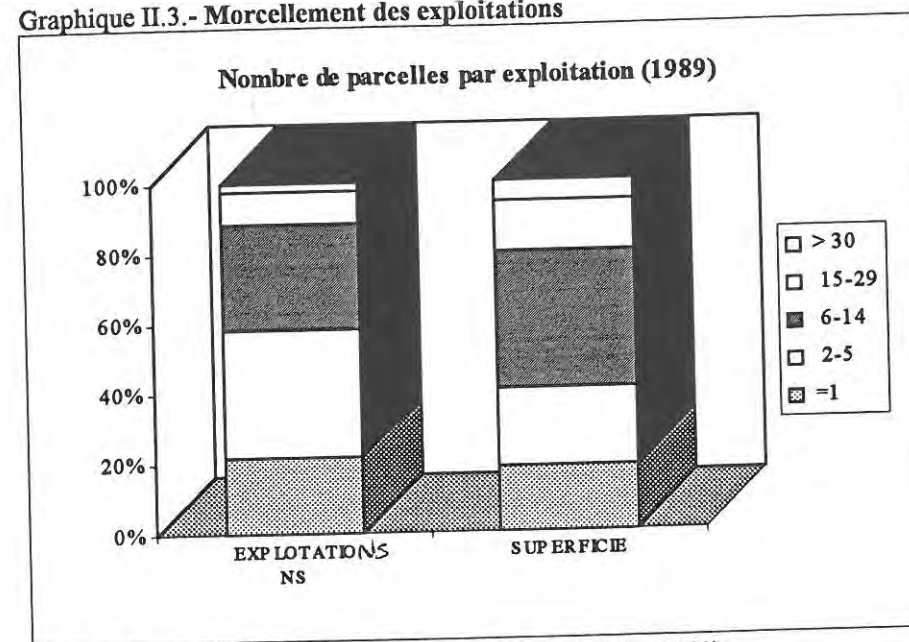
Source : Censo Agrario 1982 y 1989 (Instituto Nacional de Estadística)

Graphique II. 1 et 2.- Distribution des exploitations et superficie par taille



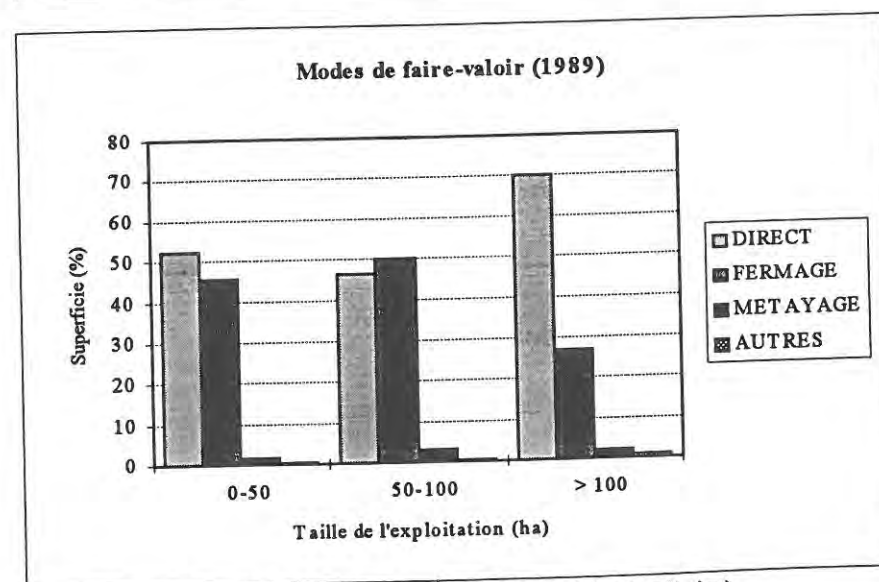
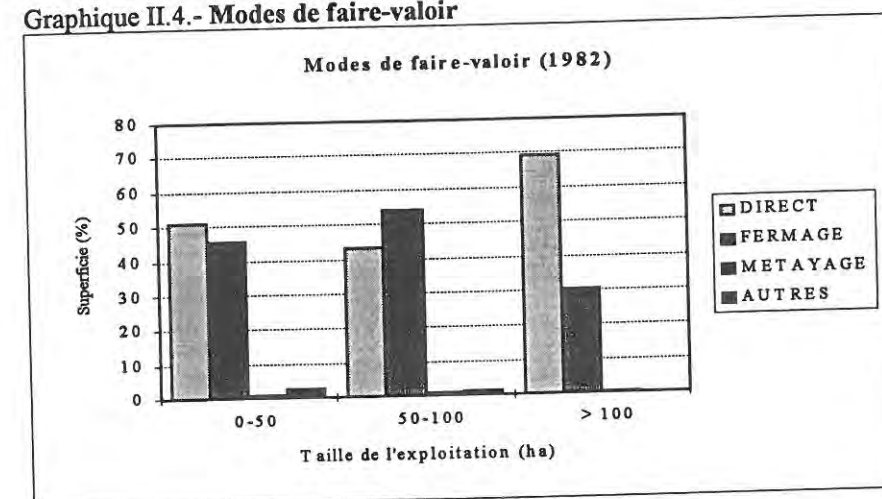
Source : Censo Agrario 1982 y 1989 (Instituto Nacional de Estadística).

Graphique II.3.- Morcellement des exploitations



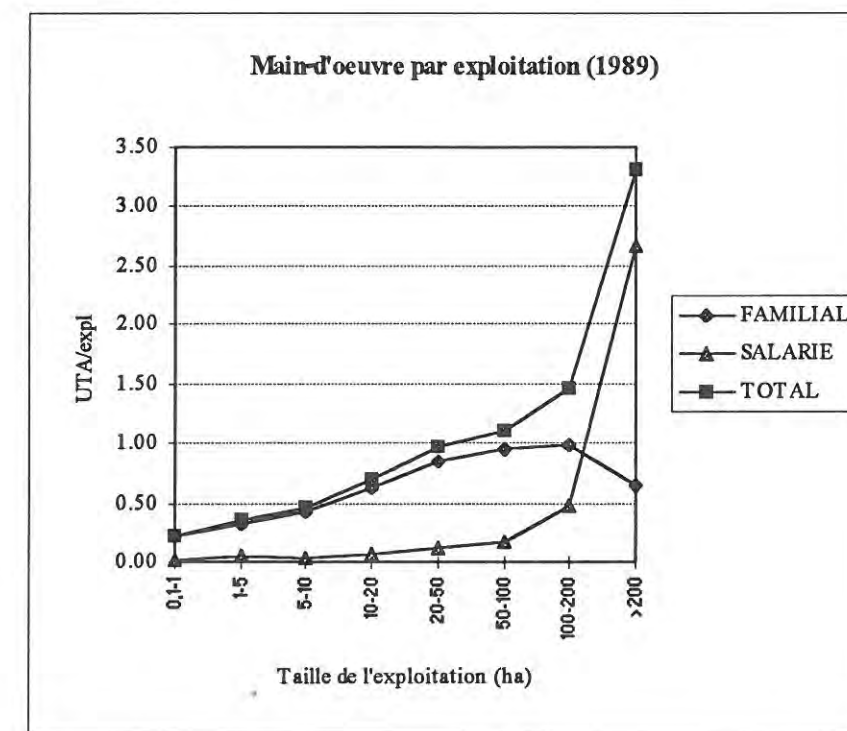
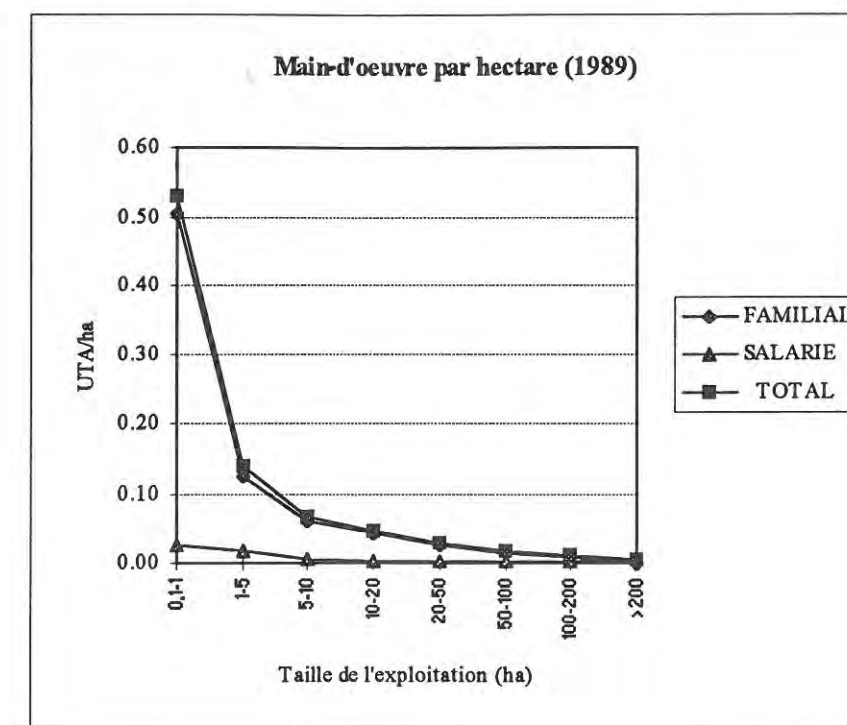
Source : Censo Agrario 1989 (Instituto Nacional de Estadística, 1991).

Graphique II.4.- Modes de faire-valoir



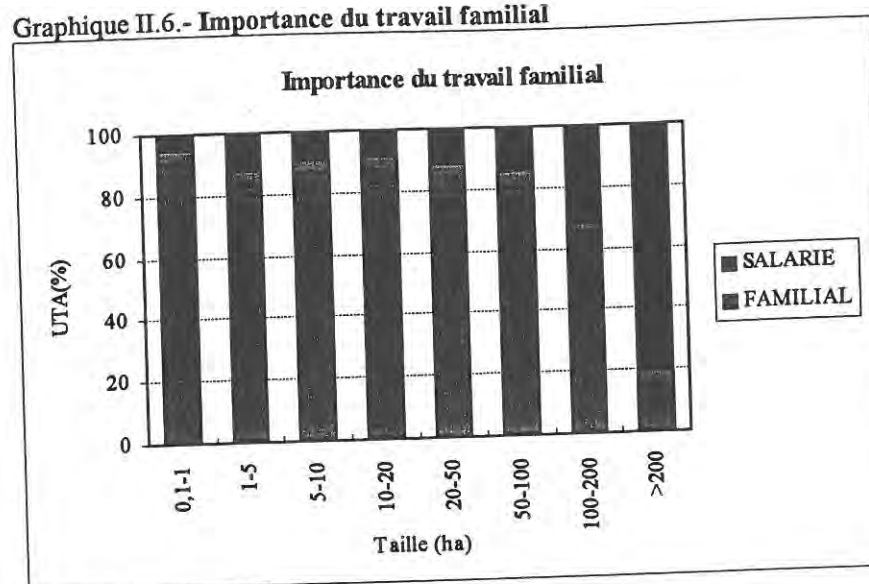
Source : Censo Agrario 1982 y 1989 (Instituto Nacional de Estadística).

Graphique II.5.- Travail dans l'exploitation



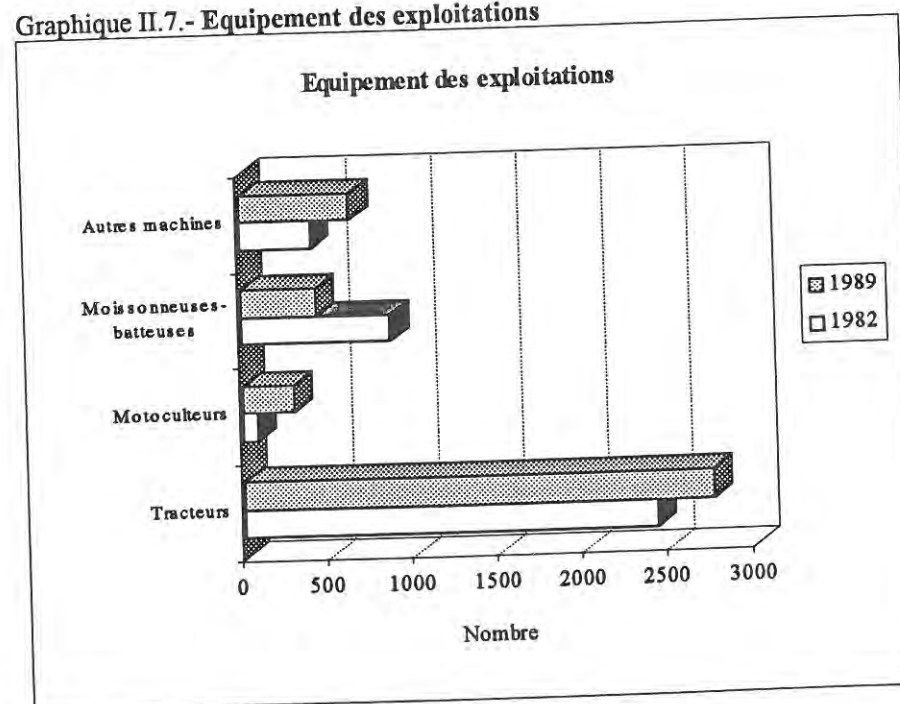
Source : Censo Agrario 1989 (Instituto Nacional de Estadística, 1991).

Graphique II.6.- Importance du travail familial



Source : Censo Agrario 1982 y 1989 (Instituto Nacional de Estadística).

Graphique II.7.- Equipement des exploitations



Source : Censo Agrario 1982 y 1989 (Instituto Nacional de Estadística).

Tableau II.7.- Superficie irrigable

		S urface agricole utilisée					
		Superficie totale		Superficie irrigable			
		Exploit.	ha	Exploitations		ha	
				Nombre	%	Nombre	%
Zone d'étude	1982	4389	119787	2376	54.14	14151	11.81
	1989	3677	124817	2123	57.74	15016	12.03
Castille-León	1982	249976	5198296	124566	49.83	445848	8.58
	1989	210196	4931564	104577	49.75	386629	7.84
Espagne	1982	2213141	23672460	1060864	47.93	2680586	11.32
	1989	2089887	24740506	1129800	54.06	2633284	10.64

Source : Censo Agrario 1982 y 1989 (Instituto Nacional de Estadística).

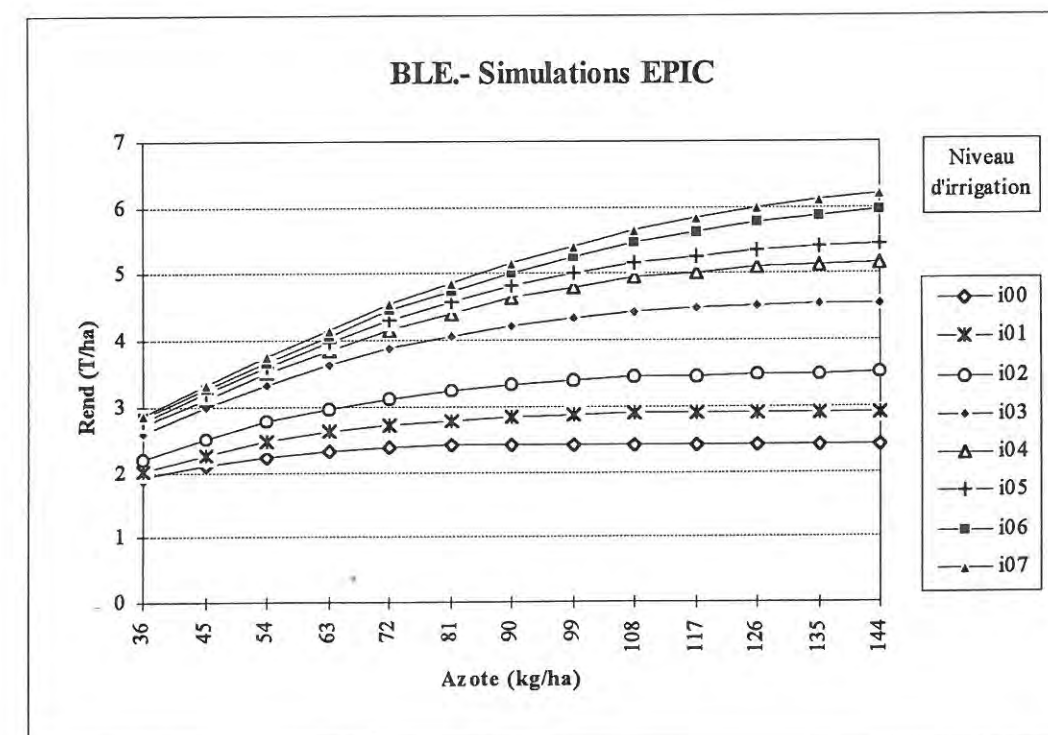
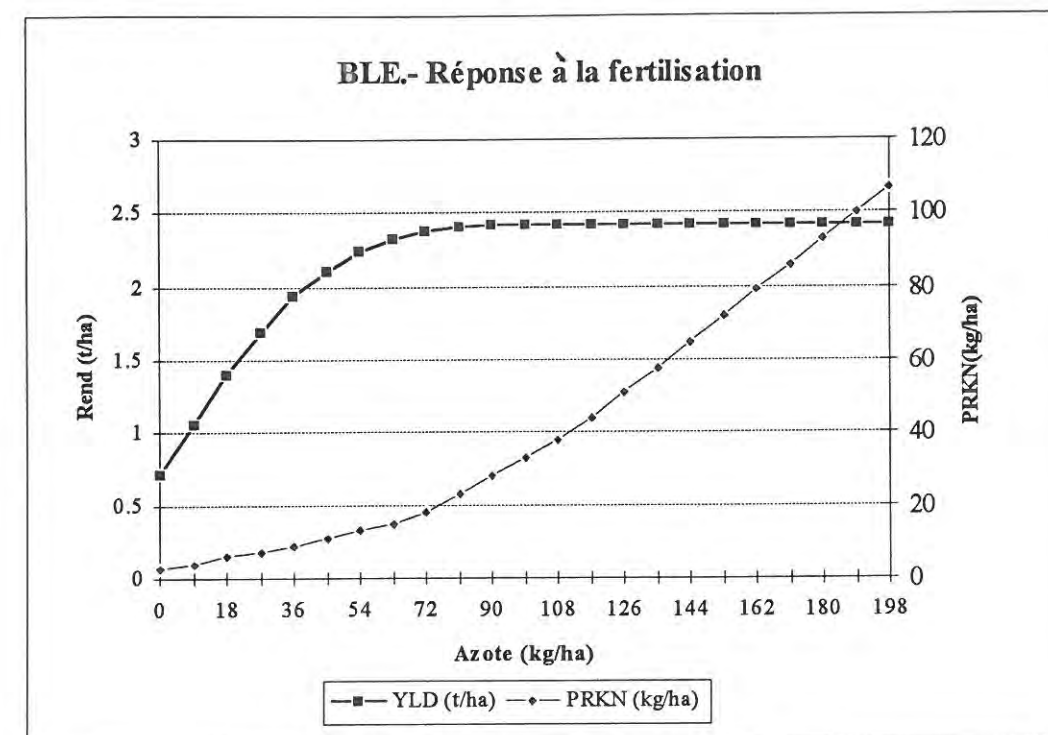
Graphique II.8.- Superficie irriguée selon la méthode



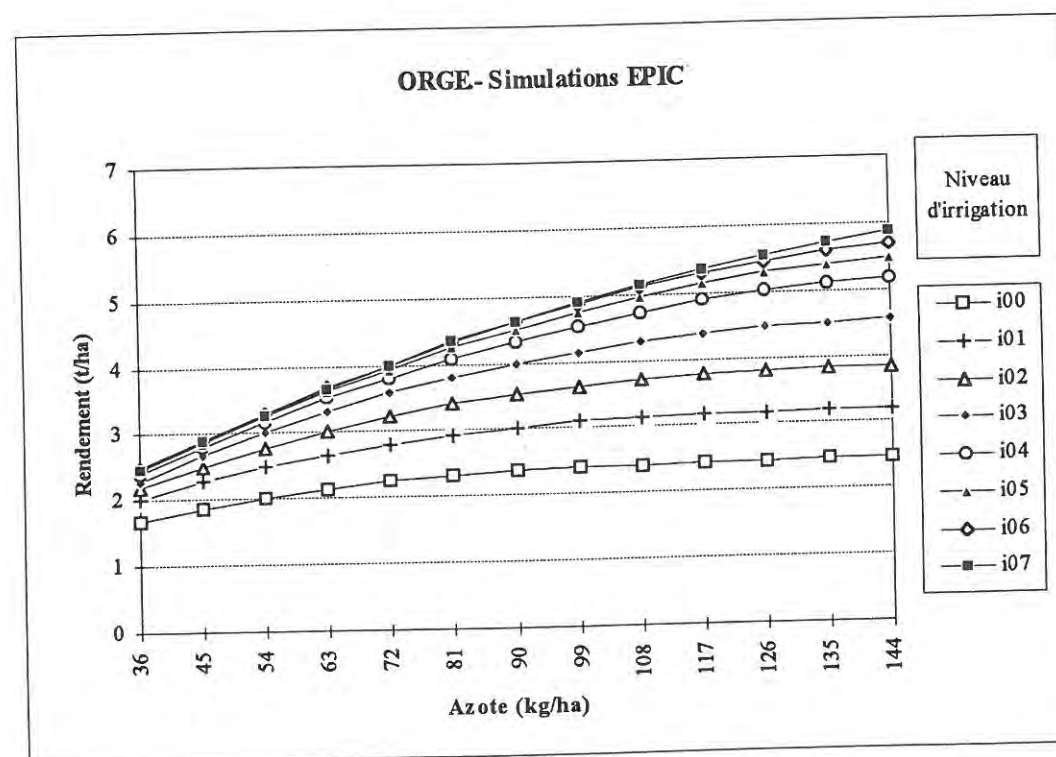
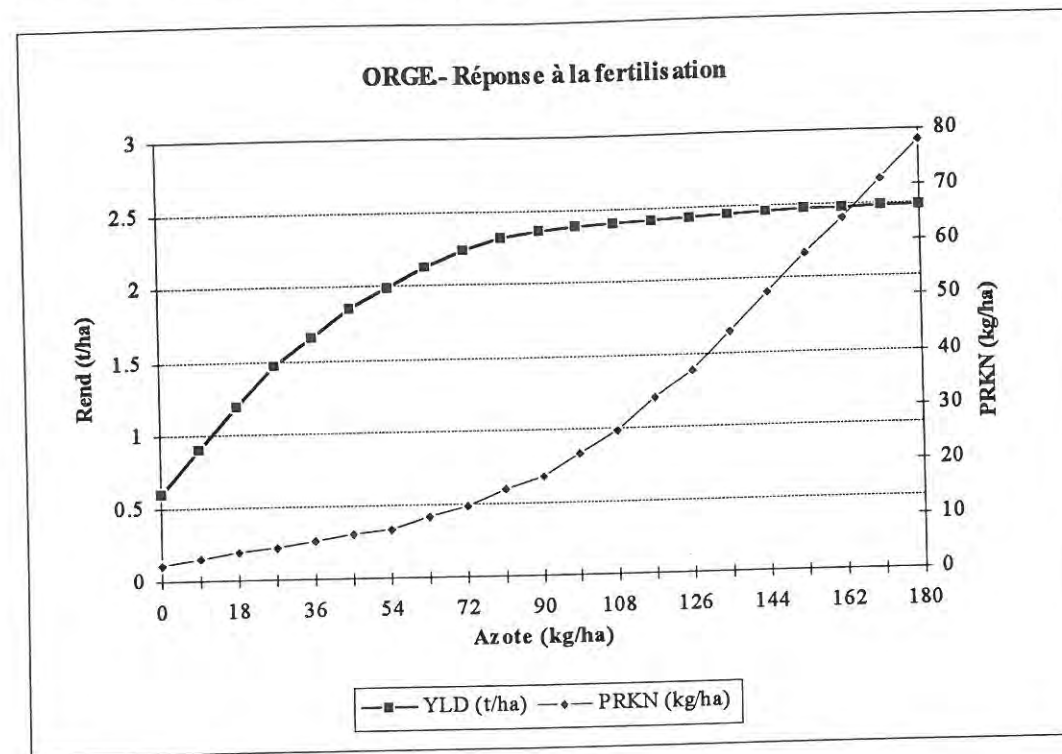
Source : Censo Agrario 1982 y 1989 (Instituto Nacional de Estadística).

Annexe III
Résultats des simulations agronomiques

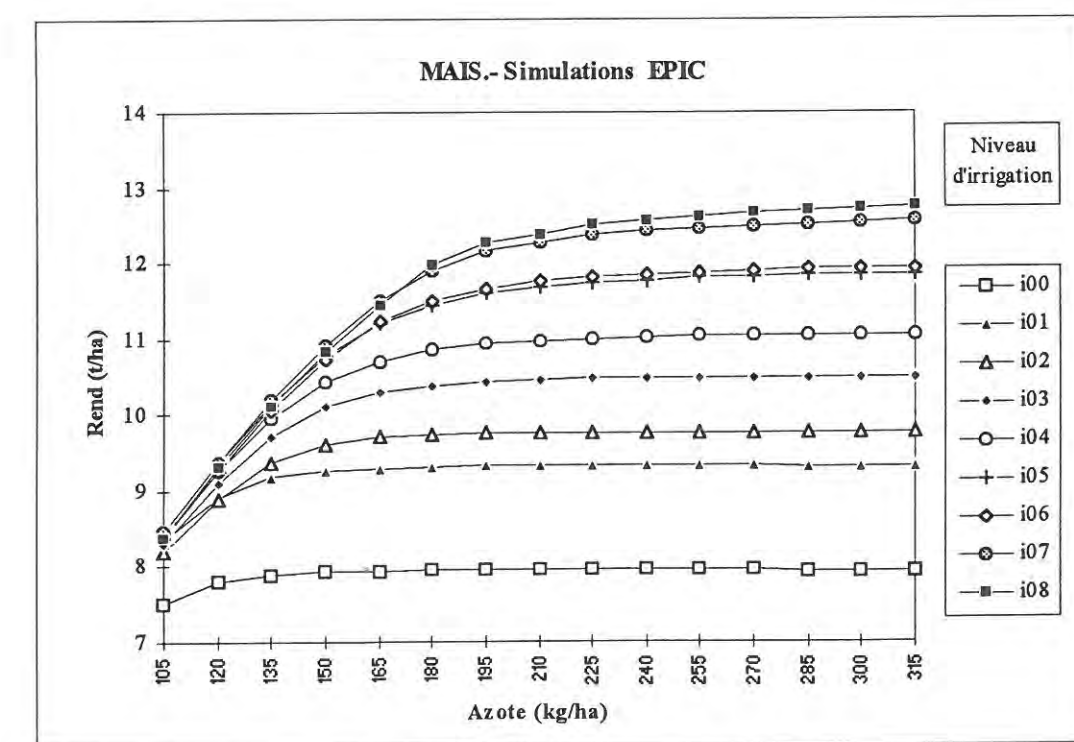
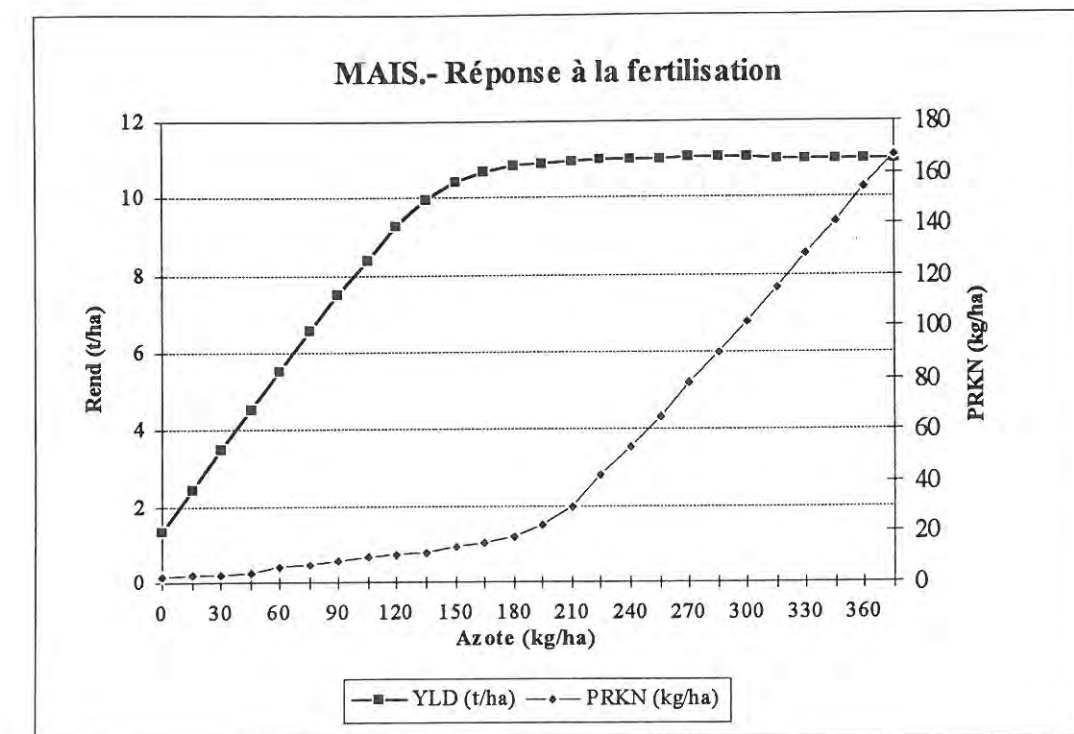
Graphique III.1- Application du modèle EPIC à la culture de blé



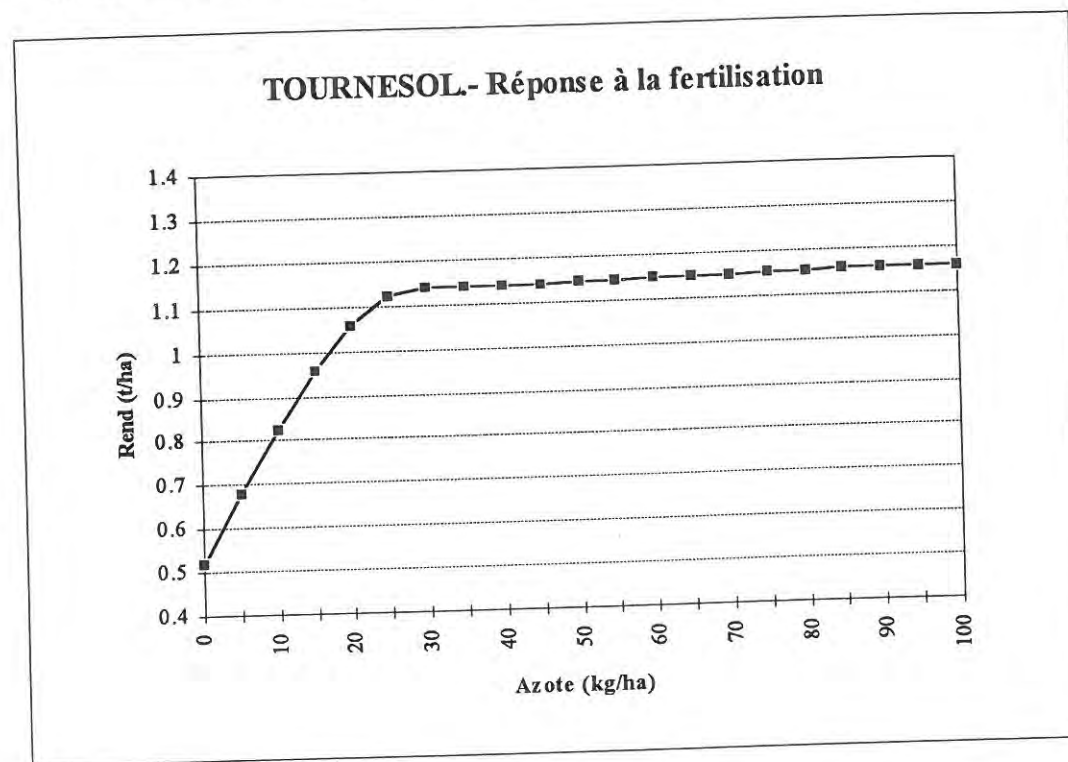
Graphique III.2.- Application du modèle EPIC à la culture de l'orge



Graphique III.3.- Application du modèle EPIC à la culture de maïs

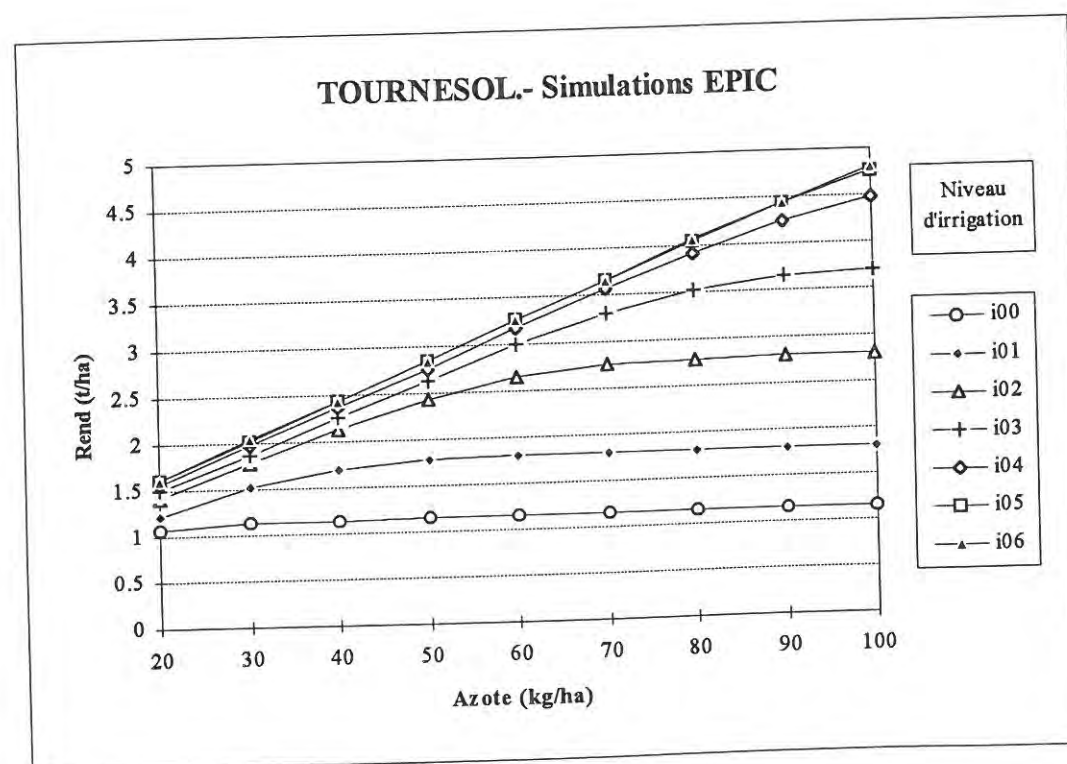


Graphique III.4.- Application du modèle EPIC à la culture de tournesol



Annexe IV

Le modèle de simulation en langage GAMS



***** MODELE SALAM *****

MODELE MULTIPERIODIQUE

RISQUE NON LINEAIRE

INVESTISSEMENT EN EQUIPEMENT D'IRRIGATION PAR ASPERSION

COUT D'OPPORTUNITE DU TRAVAIL FAMILIAL

CONDITIONS FINALES

SAU = 40 ha

UNITE MONETAIRE (milliers pts) - RENDEMENT (t/ha)

***** Indices *****

Sets

C cultures /BLET,ORGE,MAIS,BETT,TOUR,JACH/
 T niveau d'intensification (T1: plus extensive) /T1*T9/
 P periodes de temps bimensuelles /P1*P6/
 M methode d'exploitation /SEC,IR1,IR2/
 N années de simulation /N1*N10/
 NI années d'incertitude climatique /NI1*NI5/
 PI différentes situations de prix /PI1*PI3/
 J durée d'amortissement de l'équipe d'irrigation /1*9/
 E durée de remboursement des emprunts à lt /E1*E5/
 ;

ALIAS(C,CP)

;

Set A(C,T,CP,M) Activités culture-technique-précédent-méthode
 /BLET.(T1,T3,T6).(BLET,TOUR,JACH).(SEC),
 BLET.(T2,T4,T5,T7*T9).(BLET,TOUR,JACH).(IR1,IR2),
 ORGE.(T1*T9).(BLET,MAIS,BETT,TOUR,JACH).(IR1,IR2),
 MAIS.(T1*T9).(ORGE,MAIS,BETT,TOUR,JACH).(IR1,IR2),
 BETT.(T1*T9).(BLET,ORGE,TOUR,JACH).(IR1,IR2),
 TOUR.(T1,T3).(BLET,ORGE,MAIS,BETT,JACH).(SEC),
 TOUR.(T2,T4*T9).(BLET,ORGE,MAIS,BETT,JACH).(IR1,IR2),
 JACH.(T1).(BLET,ORGE,MAIS,BETT,TOUR).(SEC)/
 ;

***** Données *****

Scalars

UTF unités de main-d'oeuvre-familiale /1/
 PTP coût annuel de la main-d'oeuvre permanente /2000/
 PTS prix horaire de la main-d'oeuvre salariée /1/
 PTF prix horaire de la main-d'oeuvre familiale /0.5/
 PEAU prix unitaire de l'eau d'irrigation /0.000/
 PEQ prix d'achat de l'équipement d'irrigation /200/
 PVEQ prix de vente de l'équipement d'irrigation /160/
 PCT prix de l'emprunt CT /0.10/
 PLT prix de l'emprunt LT /0.07/
 TA taux d'actualisation /0.05/
 PHI coefficient d'aversion au risque /0.0/
 ;

Parameters

SAU(N) taille de l'exploitation (ha)
 /N1*N10 40/
 SIR(N) superficie ayant droit d'arrosage (ha)
 /N1*N10 20/
 DISP(N) disponibilités en eau d'irrigation (mm)
 /N1*N10 15000/
 EQUIN(N) équipement d'irrigation par aspersion initiale (ha)
 /N1*N5 5/

SOLD1(N) niveau initial de ressources financières (milliers pts)
/N1 3000/

AS(CP,N) dernier assolement (pourcentage)
/BLET.N1 0.16
ORGE.N1 0.20
MAIS.N1 0.24
BETT.N1 0.24
TOUR.N1 0.16/

DTR(P) heures de travail disponibles par période
/P1 144
P2 248
P3 528
P4 552
P5 336
P6 152/

Chf(M) Charges fixes par ha (y compris le tarif d'irrigation)
/SEC 15, IR1 30, IR2 30/

EF(M) efficacité technique d'application de l'eau
/IR1 0.49, IR2 0.80/

PERC(C,T,CP) percolation d'azote (kg par ha)
\$INCLUDE c:\gams\perc.sal
;

Table BTP(C,T,M,P) besoins en heures de travail par période
\$INCLUDE c:\gams\btpl.sal
;

Table BT(C,T,M) besoins en heures de travail par an
\$INCLUDE c:\gams\bt.sal
;

Table OI(C,T,P) opérations d'irrigation par période
\$INCLUDE c:\gams\oi.sal
;

Table ChP(C,T,CP,M) charges proportionnelles (u.m.)
\$INCLUDE c:\gams\chpl.sal
;

Table YN(C,T,CP,NI) rendements de culture par an (t par ha)
\$INCLUDE c:\gams\rendem.sal
;

Table CI(C,PI) coefficients de variation de prix de culture

	PI1	PI2	PI3
BLET	0.90	1.10	1.00
ORGE	1.10	1.00	0.90
MAIS	1.12	0.88	1.00
BETT	0.65	1.00	1.35
TOUR	0.60	1.00	1.40

;

Table PX(C,N) prix de culture (N1 = 1992) (u.m. par t)

	N1	N2	N3	N4	N5*N10
BLET	26	23	22	21	21
ORGE	25	23	22	21	21
MAIS	28	25	23	21	21
BETT	7	7	7	7	7
TOUR	33	31	30	28	27

;

Table AID(C,M,N) paiements compensatoires (aides à l'hectare)

	N1	N2	N3	N4	N5*N10
BLET.SEC		12.335	18.174	23.367	23.367
BLET.(IR1,IR2)		15.990	23.559	30.290	30.290
ORGE.SEC		12.335	18.174	23.367	23.367
ORGE.(IR1,IR2)		15.990	23.559	30.290	30.290
MAIS.(IR1,IR2)		40.204	59.234	76.158	76.158
TOUR.SEC		58.222	64.388	40.502	40.502
TOUR.(IR1,IR2)		105.663	116.853	73.504	73.504
JACH.SEC		22.203	29.598	29.598	29.598
JACH.(IR1,IR2)		40.295	53.715	53.715	53.715

;

Table ABet(C,T,M,N) aides à la culture de betterave

	N1*N10
BETT.T1.(IR1,IR2)	31.126
BETT.T2.(IR1,IR2)	42.624
BETT.T3.(IR1,IR2)	32.674
BETT.T4.(IR1,IR2)	43.781
BETT.T5.(IR1,IR2)	48.162
BETT.T6.(IR1,IR2)	44.818
BETT.T7.(IR1,IR2)	51.096
BETT.T8.(IR1,IR2)	53.139
BETT.T9.(IR1,IR2)	54.205

;

***** Calculs *****

Parameters

HA(CP,N) dernier assolement
YA(C,T,CP) rendement moyen de culture
Rec(C,T,CP,M,N) production (u.m.)
PXI(C,PI,N) prix de culture pour chaque situation de risque
DEM(C,T) demande nette d'eau par culture (mm)
BI(C,T,M) besoins en eau d'irrigation (mm)
MB(C,T,CP,M,N) marge brute par culture (u.m.)
MP(C,T,CP,M,N) marge proportionnelle moyenne (u.m.)
MPI(C,T,CP,M,NI,PI,N) marge proport. pour chaque année climatique
ANN taux d'annuités de l'emprunt à long terme

;

HA(CP,N) = AS(CP,N)*SAU(N);
YA(C,T,CP) = sum(NI, YN(C,T,CP,NI))/card(NI);
Rec(C,T,CP,M,N)\$(A(C,T,CP,M)) = YA(C,T,CP)*PX(C,N);
PXI(C,PI,N) = CI(C,PI)*PX(C,N);
DEM(C,T) = sum(P,OI(C,T,P))*40;
BI(C,T,M)\$(EF(M)) = DEM(C,T)/EF(M);
MB(C,T,CP,M,N)\$(A(C,T,CP,M)) = Rec(C,T,CP,M,N)-ChP(C,T,CP,M)-
BI(C,T,M)*PEAU;
MP(C,T,CP,M,N)\$(A(C,T,CP,M)) = MB(C,T,CP,M,N)+AID(C,M,N)+ABet(C,T,M,N);
MPI(C,T,CP,M,NI,PI,N)\$(A(C,T,CP,M)) = YN(C,T,CP,NI)*PXI(C,PI,N)-
ChP(C,T,CP,M)-BI(C,T,M)*PEAU+AID(C,M,N)+ABet(C,T,M,N);
ANN = 1/CARD(E)*(1+3*PLT);

***** Modèle *****

Variables

U utilité
 CF part des emprunts qui restent à payer
 X(c,t,cp,m,n) superficie des différentes cultures en ha
 DEV(ni,pi,n) déviations par rapport à la marge moyenne
 CONS(ni,pi,n) consommation pour chaque état de la nature
 PERT(n) pertes d'azote
 HTS(p,n) travail saisonnier (heures)
 HTF(p,n) travail familial (heures)
 UTP(n) travail permanent (unités)
 QEAU(n) quantité d'eau utilisée (mm)
 EQIRR(n) investissement en équipe d'irrigation (ha)
 VEQIRR(n) vente de l'équipement d'irrigation
 SOLD(n) trésorerie annuelle (milliers pts)
 EMPCT(n) emprunts court terme (milliers pts)
 EMPLT(n) emprunts long terme (milliers pts)
 IMMO(n) immobilisations à long terme (milliers pts)
 CONSO(n) prélèvement pour consommation (milliers pts)

; POSITIVE VARIABLE CF,X,CONS,PERT,HTS,HTF,UTP,
 QEAU,EQIRR,VEQIRR,SOLD,EMPCT,EMPLT,IMMO,CONSO;
 PERT.UP(n)=100*SAU(n); HTS.UP(p,n)=600;
 HTF.UP(p,n)=UTF*DTR(p); UTP.UP(n)=5;
 QEAU.UP(n)=DISP(n); VEQIRR.UP(n)=SAU(n);
 EQIRR.UP(n)=SAU(n);
 CONSO.LO(n)=2000; CONSO.UP(n)=12000;
 CONS.UP(ni,pi,n)=20000;
 EMPCT.UP(n)=1500; EMPLT.UP(n)=5000;
 IMMO.UP(n)=9000; SOLD.UP(n)=9000;

Equations

UTIL fonction objectif
 CONDF condition finale
 TERRE(n) contrainte de terre
 GEL(n) régime de gel de terres
 SMT(n) limitation de la superficie de tournesol
 ROT1(n) contrainte de rotation
 ROT2(n) contrainte de rotation
 ROT3(n) contrainte de rotation
 ROT4(n) contrainte de rotation
 ROT5(n) contrainte de rotation
 ROT6(n) contrainte de rotation
 AZOTE(n) pertes d'azote
 TRAV(p,n) contrainte de travail
 EAU(n) disponibilités en eau d'irrigation
 EAU2(n) limitation de la superficie irriguée
 IRRIG(n) disponibilités en équipement d'aspersion
 RISQ1(ni,pi,n) contrainte de risque
 RISQ2(ni,pi,n) définition des déviations
 CT(n) liquidité à court terme
 LT(n) financement à long terme
 LTTRAN(n)
 SOLDE(n) bilan de trésorerie

; UTIL .. sum(n, (CONSO(n) - PHI*sqrt((sum(ni,pi),DEV(ni,pi,n)**2))/15))
 /((1+TA)**(ord(n)-1)))
 -sum(n,sum(p,HTF(p,n)*PTF)/(1+TA)**(ord(n)-1)) - CF =e= U;
 CONDF .. (sum(n,e),EMPLT(n+(card(n)-ord(e))*ANN/(1+TA)**ord(n))
 + EMPCT('N10')*(1+PCT))*(1/(1+TA)**(card(n)-1)) =e= CF;
 TERRE(n) .. sum((c,t,cp,m)\$a(c,t,cp,m)), X(c,t,cp,m,n)) =l= SAU(n);

GEL(n)\$sum((c,m),aid(c,m,n)) ..
 0.85*sum((t,cp,m)\$a('jach',t,cp,m)), X('jach',t,cp,m,n))
 - 0.15*(sum((t,cp,m)\$a('blet',t,cp,m)), X('blet',t,cp,m,n))
 + sum((t,cp,m)\$a('orge',t,cp,m)), X('orge',t,cp,m,n))
 + sum((t,cp,m)\$a('mais',t,cp,m)), X('mais',t,cp,m,n))
 + sum((t,cp,m)\$a('tour',t,cp,m)), X('tour',t,cp,m,n))
 =g= 0;
 SMT(n)\$ord(n) gt 1).. sum((t,cp,m)\$a('tour',t,cp,m)), ('tour',t,cp,m,n))
 =l= 0.5*(SAU(n) - sum((t,cp,m)\$a('bett',t,cp,m)),
 X('bett',t,cp,m,n)));
 ROT1(n) .. sum((c,t,m)\$a(c,t,'blet',m)),X(c,t,'blet',m,n)) =l=
 sum((t,cp,m)\$a('blet',t,cp,m)),X('blet',t,cp,m,n-1))
 + HA('blet',n);
 ROT2(n) .. sum((c,t,m)\$a(c,t,'orge',m)),X(c,t,'orge',m,n)) =l=
 sum((t,cp,m)\$a('orge',t,cp,m)),X('orge',t,cp,m,n-1))
 + HA('orge',n);
 ROT3(n) .. sum((c,t,m)\$a(c,t,'mais',m)),X(c,t,'mais',m,n)) =l=
 sum((t,cp,m)\$a('mais',t,cp,m)),X('mais',t,cp,m,n-1))
 + HA('mais',n);
 ROT4(n) .. sum((c,t,m)\$a(c,t,'bett',m)),X(c,t,'bett',m,n)) =l=
 sum((t,cp,m)\$a('bett',t,cp,m)),X('bett',t,cp,m,n-1))
 + HA('bett',n);
 ROT5(n) .. sum((c,t,m)\$a(c,t,'tour',m)),X(c,t,'tour',m,n)) =l=
 sum((t,cp,m)\$a('tour',t,cp,m)),X('tour',t,cp,m,n-1))
 + HA('tour',n);
 ROT6(n) .. sum((c,t,m)\$a(c,t,'jach',m)),X(c,t,'jach',m,n)) =l=
 sum((t,cp,m)\$a('jach',t,cp,m)),X('jach',t,cp,m,n-1))
 + HA('jach',n);
 AZOTE(N) .. sum((c,t,cp,m)\$a(c,t,cp,m)),
 PERC(c,t,cp)*X(c,t,cp,m,n)) =e= PERT(n);
 TRAV(p,n) .. sum((c,t,cp,m)\$a(c,t,cp,m)),BTP(c,t,m,p)*X(c,t,cp,m,n))
 -HTS(p,n)-UTP(n)*DTR(p) =l= HTF(p,n);
 EAU(n) .. sum((c,t,cp,m)\$a(c,t,cp,m)), BI(c,t,m)*X(c,t,cp,m,n))
 =l= QEAU(n);
 EAU2(n) .. sum((c,t,cp)\$a(c,t,cp,'ir1')), X(c,t,cp,'ir1',n))+
 sum((c,t,cp)\$a(c,t,cp,'ir2')), X(c,t,cp,'ir2',n)) =l= SIR(n);
 IRRIG(n) .. sum((c,t,cp)\$a(c,t,cp,'ir2')), X(c,t,cp,'ir2',n))
 =l= EQUIN(n)+EQIRR(n) + sum(j,EQIRR(n-ord(j)))
 - VEQIRR(n) - sum(j,VEQIRR(n-ord(j)));
 RISQ1(ni,pi,n) .. CONS(ni,pi,n) =e= sum((c,t,cp,m)\$a(c,t,cp,m)),
 MPI(c,t,cp,m,ni,pi,n)*X(c,t,cp,m,n))
 +EMPCT(n)+SOLD1(n)+VEQIRR(n)*PVEQ
 -sum((c,t,cp,m)\$a(c,t,cp,m)),ChF(m)*X(c,t,cp,m,n))
 -(1+PCT)*EMPCT(n-1)-sum(e,EMPLT(n-ord(e)))*ANN
 -sum(p,HTS(p,n)*PTS)-UTP(n)*PTP
 +SOLD(n-1)-SOLD(n)-IMMO(n);
 RISQ2(ni,pi,n) .. CONSO(n) - CONS(ni,pi,n) =e= DEV(ni,pi,n);
 CT(n) .. SOLD(n-1)+EMPCT(n)+SOLD1(n)+VEQIRR(n)*PVEQ
 -sum((c,t,cp,m)\$a(c,t,cp,m)),ChP(c,t,cp,m)*X(c,t,cp,m,n))
 -sum((c,t,cp,m)\$a(c,t,cp,m)),ChF(m)*X(c,t,cp,m,n))
 -sum(p,HTS(p,n)*PTS)-UTP(n)*PTP
 -(1+PCT)*EMPCT(n-1)-sum(e,EMPLT(n-ord(e)))*ANN-IMMO(n) =g= 0;
 LT(n) .. IMMO(n)+EMPLT(n) =g= EQIRR(n)*PEQ;

```

LTTRAN(n) .. SOLD(n) =g= sum(e,EMPLT(n-(ord(e)-1)))*ANN;

SOLDE(n) .. CONSO(n) =l= sum((c,t,cp,m)$ (a(c,t,cp,m)),MP(c,t,cp,m,n)
    *X(c,t,cp,m,n))+EMPCT(n)+SOLD1(n)+VEQIRR(n)*PVEQ
    -sum((c,t,cp,m)$ (a(c,t,cp,m)),ChF(m)*X(c,t,cp,m,n))
    -(1+PCT)*EMPCT(n-1)-sum(e,EMPLT(n-ord(e)))*ANN
    -sum(p,HTS(p,n)*PTS)-UTP(n)*PTP+SOLD(n-1)-SOLD(n)-IMMO(n);

model SALAM modèle multipériodique /all/;

solve SALAM using NLP maximizing U;

```

Annexe V

Résultats du modèle de programmation mathématique

[illegible]

MODELE A1P1W1R3 - SCENARIO AVEC REFORME DE LA PAC - Coefficient d'aversion au risque = 0.8								
S.A.U. = 40 ha - Disponibilités d'eau = 15.000 mm								
Campagne	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Assolement (%)								
blé tendre	22.63							
orge	10.26							
maïs	37.74	28.55	21.64	34.69	52.15	50.92	45.91	45.22
betterave à sucre	29.37	32.89	38.56	39.80	25.51	22.34	26.75	27.35
tournesol		28.50	30.58	16.48	11.16	15.10	16.36	16.53
gel de terres		10.07	9.22	9.03	11.17	11.65	10.99	10.90
Techniques (%)								
T1	53.74	38.61	30.85	60.20	74.49	77.66	73.25	72.65
T2	29.37	61.39	69.15	39.80	25.51	22.34	26.75	27.35
T3	16.89							
Pertes d'azote (kg/ha)	11.52	15.22	15.40	14.68	14.07	14.54	14.69	14.71
Surface cultivée (ha)								
sans irrigation	9.05	4.03	3.69	10.20	8.93	10.70	10.94	10.97
irrigation par surface	9.06	14.09	14.43			3.24	3.00	2.96
irrigation par aspersion	21.89	21.89	21.89	29.80	31.07	26.07	26.07	26.07
surface totale cultivée	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Eau d'irrigation								
disponibilités (mm)	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
quantité utilisée (mm)	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
volume d'irrigation (m ³ /ha)	4847	4170	4131	5034	4828	5119	5162	5167
efficacité technique	0.71	0.72	0.73	0.80	0.80	0.75	0.76	0.76
valeur duale (pts/m ³)	20	12	11	16	13	13	13	12
Investissements (ha)								
équipement d'aspersion	16.89			7.91	1.27			
Trésorerie (milliers pts)								
recettes	9257	8300	8342	8955	8157	7633	7903	7940
subventions	501	2314	2709	2109	2337	2314	2250	2241
charges proportionnelles	3105	2975	3022	3485	3419	3147	3186	3191
charges fixes	1064	1140	1145	1047	1066	1040	1036	1035
emprunts à court terme	1500							
emprunts à long terme	3047							
remboursement d'empr.		1650						
c.t.								
remboursement d'empr. l.t.		737	737	737	737	737		
immobilisations l.t.	331			1581	254			
solde au début de l'année		6502	4904	6851	5477	4923	4222	4227
solde à la fin de l'année	6502	4904	6851	5477	4923	4222	4227	3170
consommation	3255	5710	4200	5588	5570	5726	5926	7010

Somme des consommations actualisées
 47916

MODELE A1P2W1R1 - SCENARIO SANS REFORME DE LA PAC - Coefficient d'aversion au risque = 0
S.A.U. = 40 ha - Disponibilités d'eau = 15.000 mm -

Campagne	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Assolement (%)								
blé tendre								
orge		2.00						
maïs								
betterave à sucre	52.00	48.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
tournesol	48.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Techniques (%)								
T1	48.00	52.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
T2	52.00	20.82	25.00	25.00	25.00	50.00	50.00	50.00
T3								
T7		27.18	25.00	25.00	25.00			
	17.12	30.79	29.76	29.76	29.76	17.31	17.31	17.31
Pertes d'azote (kg/ha)								
Surface cultivée (ha)								
sans irrigation	19.20	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
irrigation par surface	10.23	7.19	7.19	7.19	7.19	11.50	11.50	11.50
irrigation par aspersion	10.57	12.82	12.82	12.82	12.82	8.50	8.50	8.50
surface totale cultivée	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Eau d'irrigation								
disponibilités (mm)	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
quantité utilisée (mm)	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
volume d'irrigation (m ³ /ha)	7211	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500
efficacité technique	0.61	0.67	0.67	0.67	0.670	0.59	0.59	0.59
valeur duale (pts/m ³)	17	13	12	11	11	11	10	11
Investissements (ha)								
équipement d'aspersion	5.57	2.25				0.69		
Trésorerie (milliers pts)								
recettes	8503	8925	8928	8905	8881	8142	8142	8142
subventions	887	910	937	937	937	852	852	852
charges proportionnelles	2585	3243	3208	3208	3208	2454	2454	2454
charges fixes	912	900	900	900	900	900	900	900
emprunts à court terme	1064							
emprunts à long terme	546							
remboursement d'empr. c.t.		1171						
remboursement d'empr. l.t.		132	132	132	132	132		
immobilisations l.t.	568	449				138		
solde au début de l'année		5896	4240	4240	4240	3624	3354	3354
solde à la fin de l'année	5896	4240	4240	4240	3624	3354	3354	3354
consommation	3494	5596	5626	5602	6194	5640	5640	5640

Somme des consommations actualisées

46943

MODELE A1P2W1R2 - SCENARIO SANS REFORME DE LA PAC - Coefficient d'aversion au risque = 0.7
S.A.U. = 40 ha - Disponibilités d'eau = 15.000 mm -

Campagne	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Assolement (%)								
blé tendre	16.00							
orge		2.27	35.77	21.73	34.92	29.00	27.02	25.83
maïs	27.64	31.07	31.66	29.58	29.39	23.72	18.98	18.68
betterave à sucre	36.00	36.36	32.57	35.77	34.65	35.96	40.33	40.70
tournesol	20.36	30.30		12.92	1.05	11.33	13.68	14.79
Techniques (%)								
T1	64.00	61.37	31.66	42.50	30.44	35.04	32.66	33.47
T2	36.00	36.36	32.57	35.77	34.65	35.96	40.33	40.70
T3		2.27	35.77	21.73	34.92	29.00	27.02	25.83
T7								
	13.45	14.80	14.22	14.53	14.32	15.03	15.24	15.27
Pertes d'azote (kg/ha)								
Surface cultivée (ha)								
sans irrigation	14.54	12.12		5.17	0.42	4.53	5.47	5.91
irrigation par surface	7.39	5.59	17.71	12.54	17.29	18.18	17.24	16.80
irrigation par aspersion	18.06	22.29	22.29	22.29	22.29	17.29	17.29	17.29
surface totale cultivée	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Eau d'irrigation								
disponibilités (mm)	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
quantité utilisée (mm)	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
volume d'irrigation (m ³ /ha)	5892	5380	3750	4306	3790	4229	4344	4401
efficacité technique	0.69	0.73	0.72	0.73	0.73	0.68	0.68	0.68
valeur duale (pts/m ³)	18	16	14	12	12	12	12	11
Investissements (ha)								
équipement d'aspersion	13.06	4.23						
Trésorerie (milliers pts)								
recettes	9035	9164	9087	9024	9003	8622	8782	8793
subventions	614	620	555	610	591	613	688	694
charges proportionnelles	2936	3146	3159	3166	3174	2933	2965	2967
charges fixes	982	1018	1200	1123	1194	1132	1118	1111
emprunts à court terme	1500							
emprunts à long terme	2030							
remboursement d'empr. c.t.		1650						
remboursement d'empr. l.t.		491	491	491	491	491		
immobilisations l.t.	582	846						
solde au début de l'année		7151	4850	4780	4859	4556	4083	4078
solde à la fin de l'année	7151	4850	4780	4859	4556	4083	4078	3363
consommation	2498	4934	4862	4774	5037	5151	5391	6124

Somme des consommations actualisées

43217

MODELE A1P1W2R2 - SCENARIO AVEC REFORME DE LA PAC - Coefficient d'aversion au risque = 0.7								
S.A.U. = 40 ha - Disponibilités d'eau = 10.000 mm -								
Campagne	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Assolement (%)								
blé tendre	25.91	9.57	9.57	17.15	13.55	13.69	13.80	13.80
orge								
maïs	25.60	13.79	18.72	2.12	7.67	7.57	7.42	7.41
betterave à sucre	26.09	33.27	19.20	44.94	39.39	39.25	39.38	39.39
tournesol	22.40	33.37	40.40	27.53	30.30	30.38	30.31	30.30
gel de terres		10.01	12.12	8.26	9.09	9.11	9.09	9.09
Techniques (%)								
T1	64.00	33.37	40.40	55.07	60.61	60.75	60.62	60.61
T2	19.10	46.83	59.60	42.25	38.93	39.25	39.38	39.39
T3	16.90	19.80		2.68	0.46			
T7								
	13.96	17.19	13.93	16.65	16.46	16.41	16.40	16.40
Pertes d'azote (kg/ha)								
Surface cultivée (ha)								
sans irrigation	19.33	7.83	8.67	21.18	21.18	21.27	21.28	21.28
irrigation par surface	1.85	13.35	12.50			0.008 5	0.00	
irrigation par aspersion	18.82	18.82	18.82	18.82	18.82	18.72	18.72	18.72
surface totale cultivée	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Eau d'irrigation								
disponibilités (mm)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
quantité utilisée (mm)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
volume d'irrigation (m ³ /ha)	4837	3108	3192	5312	5312	5339	5342	5342
efficacité technique	0.77	0.73	0.74	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
valeur duale (pts/m ³)	25	24	21	21	20	16	15	17
Investissements (ha)								
équipement d'aspersion	13.82					4.90		
Trésorerie (milliers pts)								
recettes	7360	6557	5583	7462	7121	7111	7120	7121
subventions	417	2256	2872	1524	1628	1628	1625	1625
charges proportionnelles	2717	2558	2314	2767	2720	2715	2716	2716
charges fixes	910	1083	1070	882	882	881	881	881
emprunts à court terme	1500							
emprunts à long terme	1892							
remboursement d'empr. c.t.		1650						
remboursement d'empr. l.t.		458	458	458	458	458		
immobilisations l.t.	873					979		
solde au début de l'année		5748	3842	4107	4061	5033	3597	3597
solde à la fin de l'année	5748	3842	4107	4061	5033	3597	3597	3486
consommation	2029	4971	4348	4925	3716	5142	5148	5260
Somme des consommations actualisées								
40225								

[illegible]

MODELE A1P2W2R1 - SCENARIO SANS REFORME DE LA PAC - Coefficient d'aversion au risque = 0
S.A.U. = 40 ha - Disponibilités d'eau = 10.000 mm -

[illegible]

MODELE A1P2W2R2 - SCENARIO SANS REFORME DE LA PAC - Coefficient d'aversion au risque = 0.7
S.A.U. = 40 ha - Disponibilités d'eau = 10.000 mm -

[illegible]

MODELE BIP1WIR1 - SCENARIO AVEC REFORME DE LA PAC - Coefficient d'aversion au risque = 0
S.A.U. = 40 ha - Disponibilités d'eau = 15.000 mm -

Campagne	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Assolement (%)								
blé tendre	2.00							
orge								
maïs								
betterave à sucre	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
tournesol	48.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
gel de terres		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Techniques (%)								
T1	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
T2	50.00	21.00	21.00	21.00	21.00	50.00	50.00	50.00
T3								
T7		29.00	29.00	29.00	29.00			
Pertes d'azote (kg/ha)	17.08	33.35	33.35	33.35	33.35	18.91	18.91	18.91
Surface cultivée (ha)								
sans irrigation	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
irrigation par surface	11.50	6.50	6.50	6.50	6.50	11.50	11.50	11.50
irrigation par aspersion	8.50	13.50	13.50	13.50	13.50	8.50	8.50	8.50
surface totale cultivée	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Eau d'irrigation								
disponibilités (mm)	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
quantité utilisée (mm)	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
volume d'irrigation (m ³ /ha)	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500
efficacité technique	0.59	0.68	0.68	0.68	0.68	0.59	0.59	0.59
valeur duale (pts/m ³)	17	13	12	12	11	11	10	10
Investissements (ha)								
équipement d'aspersion	3.50	5.00						
Trésorerie (milliers pts)								
recettes	8251	8683	8672	8648	8637	7779	7779	7779
subventions	852	1755	1891	1652	1652	1553	1553	1553
charges proportionnelles	2454	3183	3183	3183	3183	2309	2309	2309
charges fixes	900	900	900	900	900	900	900	900
emprunts à court terme	406							
emprunts à long terme	649							
remboursement d'empr. c.t.		447						
remboursement d'empr. l.t.		157	157	157	157	157		
immobilisations l.t.	3416	6198	6322	6060	6922	6123	6123	6123
solde au début de l'année	52	1000						
solde à la fin de l'année *		5688	4240	4240	4240	3366	3209	3209
consommation	5688	4240	4240	4240	3366	3209	3209	3209

[illegible]

MODELE B1P1W2R2 - SCENARIO AVEC REFORME DE LA PAC - Coefficient d'aversion au risque = 0.7 S.A.U. = 40 ha - Disponibilités d'eau = 10.000 mm -								
Campagne	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Assolement (%)								
blé tendre	25.45	8.62	8.62	13.18	13.18	13.53	13.78	13.80
orge								
maïs	23.45	15.04	15.04	8.03	8.03	7.80	7.44	7.41
betterave à sucre	26.55	32.38	32.38	39.39	39.39	39.05	39.37	39.39
tournesol	24.55	33.81	33.81	30.30	30.30	30.48	30.32	30.30
gel de terres		10.14	10.14	9.09	9.09	9.14	9.10	9.09
Techniques (%)								
T1	64.00	65.04	65.04	60.61	60.61	60.96	60.63	60.61
T2	23.98	34.96	34.96	38.27	38.27	39.05	39.37	39.39
T3	12.03			1.12	1.12			
T7								
	13.66	14.84	14.59	16.68	16.54	16.43	16.40	16.40
Pertes d'azote (kg/ha)								
Surface cultivée (ha)								
sans irrigation	20.00	20.00	20.00	21.03	21.03	21.26	21.28	21.28
irrigation par surface	1.03	1.03	1.03			0.02	0.00	
irrigation par aspersion	18.97	18.97	18.97	18.97	18.97	18.72	18.72	18.72
surface totale cultivée	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Eau d'irrigation								
disponibilités (mm)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
quantité utilisée (mm)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
volume d'irrigation (m ³ /ha)	5000	5000	5000	5272	5272	5336	5341	5342
efficacité technique	0.78	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
valeur duale (pts/m ³)	14	15	15	17	17	16	16	16
Investissements (ha)								
équipement d'aspersion	13.97					4.75		
Trésorerie (milliers pts)								
recettes	7374	6969	6828	7130	7120	7098	7119	7121
subventions	442	1763	2016	1634	1634	1632	1625	1625
charges proportionnelles	2721	2659	2659	2726	2726	2713	2716	2716
charges fixes	900	900	900	885	885	881	881	881
emprunts à court terme	1500							
emprunts à long terme	1915							
remboursement d'empr. c.t.		1650						
remboursement d'empr. l.t.		464	464	464	464	464		
immobilisations l.t.	2143	4709	4770	4689	3746	5133	5147	5260
solde au début de l'année	879					950		
solde à la fin de l'année		5673	4023	4074	4074	5008	3597	3597
consommation	5673	4023	4074	4074	5008	3597	3597	3486
Somme des consommations actualisées								
40285								

MODELE B1P2W1R1 - SCENARIO SANS REFORME DE LA PAC - Coefficient d'aversion au risque = 0								
S.A.U. = 40 ha - Disponibilités d'eau = 15.000 mm -								
Campagne	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Assolement (%)								
blé tendre	2.00							
orge								
maïs								
betterave à sucre	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
tournesol	48.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Techniques (%)								
T1	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
T2	50.00	25.00	25.00	25.00	25.00	50.00	50.00	50.00
T3								
T7		25.00	25.00	25.00	25.00			
	17.08	29.76	29.76	29.76	29.76	17.31	17.31	17.31
Pertes d'azote (kg/ha)								
Surface cultivée (ha)								
sans irrigation	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
irrigation par surface	11.50	7.19	7.19	7.19	7.19	11.50	11.50	11.50
irrigation par aspersion	8.50	12.82	12.82	12.82	12.82	8.50	8.50	8.50
surface totale cultivée	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Eau d'irrigation								
disponibilités (mm)	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
quantité utilisée (mm)	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
volume d'irrigation (m ³ /ha)	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500
efficacité technique	0.59	0.67	0.67	0.67	0.67	0.59	0.59	0.59
valeur duale (pts/m ³)	17	13	12	11	11	14	13	10
Investissements (ha)								
équipement d'aspersion	3.50	4.31				0.69		
Trésorerie (milliers pts)								
recettes	8251	8952	8928	8905	8881	8142	8142	8142
subventions	852	937	937	937	937	852	852	852
charges proportionnelles	2454	3208	3208	3208	3208	2454	2454	2454
charges fixes	900	900	900	900	900	900	900	900
emprunts à court terme	593							
emprunts à long terme	463							
remboursement d'empr. c.t.		652						
remboursement d'empr. l.t.		112	112	112	112	112		
immobilisations l.t.	3370	5669	5646	5622	6215	5640	5640	5640
solde au début de l'année	238	862				138		
solde à la fin de l'année		5734	4220	4220	4220	3604	3354	3354
consommation	5734	4220	4220	4220	3604	3354	3354	3354

46941

[illegible]

Annexe VI

Table des graphiques, tableaux et schémas (texte)

Graphiques

1. Evolution de la densité de la population	8
2. Importance du secteur agricole dans l'ensemble de l'économie	12
3. Le revenu agricole de la Castille-León	15
4. Revenu agricole : Castille-León et Espagne	16
5. Cultures herbacées sèches (1989)	45
6. Cultures herbacées irriguées (1989)	45
7. Validation du modèle EPIC	50
8. Résultats de l'application du modèle EPIC pour la culture de maïs	50
9. Efficience économique des techniques simulées	52
10. Choix des techniques de production (structure de prix actuelle)	52
11. Choix des techniques de production (structure de prix différente)	52
12. Consommation en fonction du coefficient d'aversion au risque (avec réforme de la PAC)	62
13. Consommation en fonction du coefficient d'aversion au risque (sans réforme de la PAC)	62
14. Evolution de la consommation (consommation et valeur duale de l'eau, scénario d'eau favorable)	63
15. Evolution de la consommation (consommation et valeur duale de l'eau, scénario d'eau défavorable)	63
16. Cultures pratiquées	64
17. Evolution des techniques - scénario d'eau favorable - avec réforme de la PAC	64
18. Evolution des techniques - scénario d'eau favorable - sans réforme de la PAC	65
19. Evolution des irrigations - scénario d'eau favorable - Méthodes d'irrigation, avec réforme de la PAC	65
20. Evolution des irrigations - scénario d'eau favorable - Méthodes d'irrigation, sans réforme de la PAC	66

Tableaux

1. Evolution de la population rurale dans la Castille-León	9
2. Importance de l'agriculture régionale à l'échelon national	12
3. Possibilités de développement de l'irrigation (ha)	23
4. Prix institutionnels de céréales (ECU vert par tonnes)	29
5. Aides à l'hectare	29
6. Surfaces bénéficiaires des aides à l'hectare (campagne 1993/94)	32
7. Surfaces bénéficiaires des aides à l'hectare (campagne 1994/95)	33
8. Rendement moyen de céréales (tonnes/ha)	43
9. Répartition générale de la superficie	44
10. Importance de l'irrigation dans la zone du Tormes	46
11. Exploitations représentatives	47

Schéma

1. Interactions dans un modèle de croissance des plantes	39
--	----

Table des graphiques, tableaux et schémas (annexes)

Annexe I

Carte : Situation de la Castille-León dans la CEE (1988)	71
--	----

Tableaux :

1. Participation de chaque produit à la production finale agricole (%)	72
2. Les ressources hydriques superficielles en Castille-León	72
3. Utilisation des ressources en eau (année 2010)	72

4. Perspectives de développement de l'irrigation (ha)	73
5. Cultures herbacées (COP). Superficies (ha) et productions (tonnes)	73
6. Evolution des prix perçus par l'agriculteurs (pts/ha)	73
7. Aides publiques au secteur régional	74

Annexe II

Tableaux	79
1. Caractéristiques du climat (1978-92)	79
2. Caractéristiques du sol	79
3. Répartition générale de la superficie	80
4. Principales productions agricoles	80
5. Cheptel	80
6. Nombre d'exploitations et taille moyenne	85
7. Superficies irrigable	

Graphiques	81
1. Répartition des exploitations selon la taille	81
2. Répartition de la surface selon la taille	82
3. Morcellement des exploitations	82
4. Modes de faire-valoir (1982-1989)	83
5. Travail dans l'exploitation	84
6. Importance du travail familial	84
7. Equipement des exploitations	85
8. Superficie irriguée selon la méthode	

Annexe III

Graphiques	89
1. Application du modèle EPIC à la culture de blé	90
2. Application du modèle EPIC à la culture de l'orge	91
3. Application du modèle EPIC à la culture de maïs	92
4. Application du modèle EPIC à la culture de tournesol	

Annexe V

1. Modèle A1P1W1R1 - scénario avec réforme de la PAC - Coefficient d'aversion au risque = 0	103
2. Modèle A1P1W1R2 - scénario avec réforme de la PAC - Coefficient d'aversion au risque = 0,7	104
3. Modèle A1P1W1R3 - scénario avec réforme de la PAC - Coefficient d'aversion au risque = 0,8	105
4. Modèle A1P2W1R1 - scénario sans réforme de la PAC - Coefficient d'aversion au risque = 0	106
5. Modèle A1P2W1R2 - scénario sans réforme de la PAC - Coefficient d'aversion au risque = 0,7	107
6. Modèle A1P2W1R3 - scénario sans réforme de la PAC - Coefficient d'aversion au risque = 0,8	108

Bibliographie

1. Anderson, R.L. et Maass, A.- *Un modelo de simulación para sistemas de regadío*.- Madrid ; Salamanca : Consejo Superior de Investigaciones Científicas : Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca, 1985.- 190 p.
2. Baltanas García, A.- *El Plan Hidrológico Nacional : situación actual y efectos específicos sobre los regadíos españoles*.- In : Revista de Estudios Agrosociales, nº 167, janvier/mars 1994, pp. 27-42.
3. Ballester Rodríguez, A.- *Los recursos hídricos subterráneos en Castilla y León*.- extrait de : Los regadíos de Castilla y León en el marco de la CEE.- Valladolid : Junta de Castilla y León, 1986, pp. 33-60.
4. Barceló Vila, L.V.- *Liberalización, ajuste y reestructuración de la agricultura española*.- Madrid : Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1991.- 572 p.
5. Blanco de Pablos, A. et Cuadrado Sánchez, S.- *Aplicación racional del agua en los regadíos de Salamanca*.- Salamanca : Centro de Edafología y Biología Aplicada, 1982.- p. 106 p.
6. Blanco de Pablos, A.- *Las condiciones climáticas de la región y su incidencia en los cultivos de regadío*.- In : Los regadíos de Castilla y León en el marco de la CEE.- Valladolid : Junta de Castilla y León, 1986.- pp. 149-172.
7. Blaskovic, H.- *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*.- Montpellier : CIHEAM - I.A.M. , 1992, 129 p.- (Collection Thèses et Masters, nº 17)
8. Bonete Perales, R.- *La reforma de la política agraria comunitaria y sus efectos en la región*.- In : El futuro de la economía castellano-leonesa : El papel de la CEE.- Valladolid : Junta de Castilla y León, 1991, pp. 213-269.
9. Boussard, J.M.- *The risk aversion parameter in modeling farm decision*.- In : Communication présentée au "European Symposium on the consideration and modeling of risk in the agribusiness sector".- Kiel : september 1980.
10. Boussard, J.M., Jacquet, F. et Flichman, G.- *Projet : les comparaisons internationales d'efficacité en agriculture*. Convention d'étude CIHEAM-Ministère de l'Agriculture-CNRS-Commissariat Général au Plan-INRA.
11. Boussard, J.M.- *Economie de l'agriculture*.- Paris : Economica, 1987.- 310 p.
12. Boussard, J.M. et Daudin, J.J.- *La programmation linéaire dans les modèles de production*.- Paris : Masson, 1988.- 125 p.
13. Boussemart, J.P., Flichman, G., Jacquet, F. et Lefer, H.B.- *L'évaluation micro-économique de la réforme de la PAC par un modèle bio-économique*.- s.l. : s. n., 1994.- 25 p. (Communication présentée aux "11èmes Journées de Microéconomie Appliquée", Groupement de Recherche en Economie Quantitative d'Aix-Marseille (GREQAM) Marseille, 2 et 3 juin 1994).
14. Cabanillas, E.- *La renta agraria en Castilla y León*.- In : El Campo, nº 119, janvier/mars 1991, pp. 129-131.
15. Cabo Alonso, A.- *Transformación en regadío y evolución de la explotación agraria de tipo familiar : el ejemplo de la cuenca del Duero*.- In : Agricultura y Sociedad nº 32, juillet/septembre 1984, pp. 229-256.
16. Caverio, J., Gómez, I. et Rodríguez, B.- *Aproximación a las consecuencias de la reforma de la PAC sobre el conjunto de la economía de Castilla y León. Extensión al caso nacional*.- In : Investigación Agraria-Economía vol. 9- nº 1, Avril 1994, pp.78-94.
17. Ceña Delgado, F.- *Effets possibles de la Nouvelle PAC sur l'agriculture espagnole*.- In : Economie Rurale, nº211, septembre/octobre 1992, pp.67-70.
18. Commission Européenne.- *La situation de l'agriculture dans la Communauté*. Rapport 1993.
19. Chenery, H.B.- *Engineering Production Function*.- In : Quaterly Journal of Economic, nº 63, 1949, pp. 507-531.
20. Deybe, D.- *Politiques agricoles et érosion des sols en Argentine : une méthodologie pour leur analyse*.- Montpellier : CIHEAM-IAM, 1989.- 95 p.- (Collection Thèses et Masters, nº 5)
21. Deybe, D.- *Politiques pour une agriculture durable : essai sur la gestion de ressources naturelles renouvelables*.- Paris : Université de Paris-I-Panthéon-Sorbone, 1992.- (Thèse doctorale).
22. Díaz-Caneja, J.I.- *Los recursos hidráulicos de la cuenca del Duero*.- In : El Campo, nº 119, janvier/mars 1991, pp. 7-11.
23. Ekelmans, J.- *La nouvelle réglementation des marchés agricoles*.- In : Europe Verte, Commission des Communautés Européennes, 1/1993, pp. 1-30.
24. España. Instituto Nacional de Estadística.- *Censo Agrario 1982*.- Madrid : INE, 1984.
25. España. Instituto Nacional de Estadística.- *Censo Agrario 1989*.- Madrid : INE, 1991.
26. España. Junta de Castilla y León.- *Análisis del medio físico de Castilla y León*.- Valladolid : Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, 1992.- 128 p.

27. España. Junta de Castilla y León.- *La reforma de la Política Agrícola Común*.- Valladolid : Consejería de Agricultura y Ganadería, Octubre 1992.
28. España. Junta de Castilla y León.- *Macromagnitudes del sector agrario en Castilla y León (año 1990)*.- Valladolid : Consejería de Agricultura y Ganadería, Servicio de Estadística y Estudios, 1993.- 110 p.
29. España. Junta de Castilla y León.- *Agricultura y Ganadería en Castilla y León (año 1991)*.- Valladolid : Consejería de Agricultura y Ganadería, Servicio de Estadística y Estudios, 1993.- 55 p.
30. España. Junta de Castilla y León.- *Año 1993. Gestión integrada de ayudas : Resultados de la reforma de la P.A.C. en la agricultura y ganadería de Castilla y León*.- Valladolid : Junta de Castilla y León, Consejería de Agricultura y Ganadería, 1994
31. España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.- *Anuario de Estadística Agraria, 1989*.- Madrid : MAPA, Secretaría General Técnica, 1989.
32. España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.- *La nueva Política Agraria Común*.- Madrid : MAPA, Secretaría General Técnica, septiembre 1992.- 205 p.
33. España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.- *Reforma de la PAC : régimen de apoyo a los productores de ciertos cultivos herbáceos (cereales, oleaginosas, proteaginosas)*.- Madrid : MAPA, Secretaría General Técnica, noviembre 1992.
34. España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.- *Programas de ayudas para fomentar métodos de producción agraria compatibles con las exigencias de la protección y la conservación del espacio natural. Reglamento (CEE) 2078/92*.- Madrid : MAPA, Secretaría General de Estructuras Agrarias, septiembre 1994.
35. España. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (M.O.P.T.).- *Plan Hidrológico Nacional. Memoria. Abril 1993*.- Madrid : MOPT, Secretaría de Estado para las Políticas de Agua y Medio Ambiente, 1993.
36. Eurostat.- *Régions : Annuaire statistique 1987 et 1989*.- 253 p.
37. FAO (Organisation des Nations-Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation).- *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación, 1993*.- Roma : Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura, 1993.
38. Flichman, G.- *Type d'exploitation agricole. Alternatives productives et compétitivité*.- Communication préparée pour le colloque "Diversification des modèles de développement rural : questions et méthodes".- Paris : Ministère de la Recherche et de la Technologie, avril 1986.- 7 p.
39. Flichman, G.- *International Comparisons of efficiency in agricultural production*.- In : OECD Development Centre, Technical Papers, n° 21, 1990, 35 p.
40. Flichman, G., Garrido, A. et Varela Ortega, C. (à paraître).- *Agricultural Policy and Technological Choice : A Regional Analysis of Income Variation, Soil Use and Environmental Effects under Uncertainty and Market Imperfections*.- In : Albisu, L.M. et Romero, C. (eds) : *Environmental and Land Use Issues : an economic perspective*.- Wissenschaftsverlag : Kiel.- (Communication présentée au "XXXIV Seminar of the European Association of Agricultural Economists : Environmental and Land Use Issues in the Mediterranean Basin, Zaragoza, Espagne, 1994).
41. García Azcárate, T.- *Reforma de la Política Agraria Común y Política Hidráulica*.- In : Revista Agricultura, n° 731, mai 1993, pp. 456-458.
42. García Fernández, R. et García Grande, M.J.- *El sector agrario de Castilla y León : transformaciones y resultados económicos en las últimas décadas*.- In : Tercer Congreso de Economía Regional de Castilla y León.- Valladolid, Junta de Castilla y León, 1992.- pp. 53-67.
43. González Ferrando, S.- *Situación actual y perspectivas del regadío en España*.- In : Revista de Estudios Agrosociales, n° 143, janvier/mars 1988, pp. 9-29.
44. Hazell, P.B.R. et Norton, R.- *Mathematical programming for economic analysis in agriculture*.- New York : Mac Millan Publishing Company, 1986, 400 p.
45. Jacquet, F. et Flichman G.- *Intensification et efficacité en agriculture*.- In : Economie Rurale, n° 183, janvier/février 1988, pp.49-54.
46. Jacquet, F.- *La réforme de 1992, un tournant dans l'histoire de la Politique Agricole Commune*.- DEMETER 93 : Economie et stratégies agricoles.- Paris : Armand Colin, 1993, pp.13-73.
47. Jiménez Díaz, L., Prieto Guijarro, A., et al.- *El regadío como proceso de intensificación de la agricultura familiar en algunos sistemas agrarios de Castilla y León*.- In : Los regadíos de Castilla y León en el marco de la CEE.- Valladolid : Junta de Castilla y León, 1986, pp. 249-262.
48. Josling, T.- *La réforme de la PAC et son importance pour les pays industrialisés*.- In : Economie Rurale n° 223, septembre/octobre 1994, pp. 27-31.
49. Krinner, W. et al.- *Eficiencia de los sistemas de riego en España*.- In : Ingeniería Civil 88, 1993, pp.167-179.

50. Losada Villasante, A.- *Eficiencia técnica en la utilización del agua de riego*.- Revista de Estudios Agrosociales n° 167, janvier/mars 1994, pp. 131-154.
51. Markovitz, H.M.- *Portfolio Selection*.- In : Journal of finance 7 (3), pp. 82-92.
52. Miranda Escobar, B.- *La nueva política agrícola común en Castilla y León*.- In : Tercer Congreso de Economía Regional de Castilla y León.- Valladolid : Junta de Castilla y León, 1992, pp. 68-79.
53. Ortega Cantero, N.- *Las propuestas hidráulicas del reformismo republicano: del fomento del regadío a la articulación del Plan Nacional de Obras Hidráulicas*.- In : Agricultura y Sociedad, n° 32, juillet/septembre 1984.
54. Orti, A.- *Política hidráulica y cuestión social: orígenes, etapas y significados del Regeneracionismo Hidráulico de Joaquín Costa*.- In : Agricultura y Sociedad, n° 32, juillet/septembre 1984, pp. 11-107.
55. Putman, J. et Dyke, P.- *The Erosion-Productivity Impact Calculator as formulates for the Resource Conservation Act Appraisal*.- New York : U.S. Department of Agriculture, Natural Resource Economics Division, Economic Research Service, 1987.- 39 p.
56. Rincón Agudo, D.- *Análisis actual y tendencias futuras de la agricultura de Castilla y León*.- In : El Campo, n° 117, 1990.
57. Sánchez López, F. et Hernández Martín, A.- *Evolución demográfica de las zonas de regadío con aguas controladas por la Confederación Hidrográfica del Duero en Castilla y León*.- Extrait de : Los regadíos de Castilla y León en el marco de la CEE.- Valladolid : Junta de Castilla y León, 1986, pp. 95-145.
58. Segura Graiño, R.- *El futuro de los regadíos en Castilla y León en el marco de la Nueva Política Agrícola Común*.- In : Revista Agricultura, n° 733, juillet/août 1993, pp. 636-640.
59. Solow, R.M.- *Some Recent Developments in the Theory of Production*.- In : Murray Brown éd.- *Theory and Empirical Analysis of Production*.- New York : National Bureau of Economic Research, 1967, pp. 25-49.
60. Sumpsi Viñas, J.M.- *El nacimiento de la política agroambiental en España*.- In : Economistas, n° 64, 1995, pp. 398-405.
61. Tamames, R.- *Estructura económica de España*.- Madrid : Alianza Universidad Textos, 1988, 865 p.
62. Tietenberg, T.- *Environmental and natural resource economics*. 2nd Edition.- Boston : Scott, Foresman and Company, 1988, 560 p.
63. Tirel, J.C.- *Utilisation de l'espace et systèmes de production*.- In : Economie Rurale : l'agriculture et la gestion des ressources renouvelables n° 208-209, mars/juin 1992, pp. 111-116.
64. Tracy, M.- *Política agraria e integración europea*.- In : Agricultura y Sociedad, n°51, avril/juin 1989.
65. Tracy, M.- *L'esprit de Stressa*.- In : Economie Rurale, n° 223, septembre/octobre 1994, pp. 7-12.
66. Vicien, C.- *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*.- Montpellier : CIHEAM/IAMM, 1989.- 133 p.- (Collection Thèses et Masters, n° 6)
67. Vicien, C.- *Les modèles de simulation comme fonctions de production*.- In : Economie Rurale, n°204, juillet/août 1991, pp. 46-50.
68. Williams, J.R., Jones, C.A. et Dyke, P.T.- *EPIC, Erosion-Productivity Impact Calculator*. (Draft).- Temple : USDA, Agricultural Research Service, in Cooperation with Texas Agricultural Experiment Station, Texas A&M University, 1988.- 77 p.

Table des matières

Introduction

3

Première partie :

La problématique des irrigations dans la région espagnole de Castille-León

5

Chapitre I : Importance de l'agriculture en Castille-León

7

I. Introduction

7

II. Facteurs conditionnant la production agricole

7

1. Le milieu naturel

8

2. La population

9

III. La politique agricole

9

1. Premières interventions : de la politique hydraulique à la politique de colonisation

10

2. L'essor de l'intervention de l'état : la politique de prix et de crédit

11

3. La progressive adoption de la politique agricole communautaire

11

IV. L'agriculture régionale au cours des dernières décennies

11

1. L'agriculture au sein de l'économie

13

2. Les orientations productives

13

3. La structure du secteur agricole

13

A. Le système foncier comme facteur déterminant les modes de production agricole

14

B. Les conséquences du progrès technique

14

C. Les résultats économiques de l'activité agricole

16

V. Diagnostic du secteur agricole régional

16

VI. Perspectives de développement

16

Chapitre II. Le rôle prépondérant de l'irrigation dans le développement régional

19

I. Introduction

19

II. Disponibilités en eau d'irrigation dans le bassin du Douro

19

1. Les ressources superficielles

20

2. Les eaux souterraines

20

III. Développement historique de l'irrigation dans la région de Castille-León

20

1. Nécessité et difficulté de la mise en irrigation

21

2. Aperçu historique de l'évolution de l'irrigation : interventions publiques et initiatives privées

22

3. Expansion des irrigations dans la région

22

IV. Situation actuelle et perspectives de développement

22

1. Principales interventions publiques en matières d'irrigation

22

A. Les Plans Hydrauliques

23

B. Le plan des irrigations de Castille-León

23

2. Principaux éléments conditionnant les irrigations régionales

24

3. Perspectives de développement

24

A. Pourquoi développer l'irrigation ?

24

B. Quel développement de l'irrigation choisir

25

Chapitre III. Perspective de développement de l'irrigation dans le cadre de la dernière réforme de la PAC

27

I. Introduction

27

II. Le contenu de la réforme de mai 1992 de la PAC

27

1. Objectifs de la réforme

28

2. La réforme dans le secteur des cultures herbacées

30

3. L'importance de la politique agro-environnementale

31

III. Impact de la réforme de la PAC dans la région

31

1. Les effets attendus de la réforme de la PAC

31

2. Premiers résultats : tentative d'analyse des conséquences de la réforme

31

IV. Quels enjeux représente l'application de la nouvelle PAC pour les irrigations régionales?

33

1. Politique d'irrigation et politique agricole commune

33

2. Possibilités de développement de l'irrigation dans le nouveau cadre politique

34

Deuxième partie :

L'analyse des irrigations régionales

35

Chapitre IV. L'analyse des systèmes de production agricole

37

I. L'approche méthodologique retenue

37

II. La modélisation technico-économique comme outil d'analyse des systèmes agricoles

38

1. Introduction

38

2. Le modèle de simulation agronomique

38

3. Le modèle d'optimisation économique

40

III. L'efficacité dans l'utilisation de l'eau en agriculture

41

Chapitre V. La délimitation du champ d'étude

43

I. Introduction

43

II. Caractérisation agricole des exploitations de la zone d'étude

43

1. Potentialités agricoles de la zone retenue

43

2. L'utilisation du sol

44

3. Principales cultures

44

4. La structure des exploitations

45

5. Main-d'oeuvre et matériel

46

6. Irrigation

46

III. Exploitations représentatives de la zone d'étude

46

1. Les exploitations régionales : principales caractéristiques

46

2. Le choix des exploitations-types

47

Chapitre VI. L'obtention des coefficients techniques

49

I. Le modèle de simulation EPIC

49

1. La construction d'un modèle de base

49

2. La validation du modèle EPIC

49

3. L'utilisation du modèle comme fonction de production agricole

50

II. Les coefficients techniques obtenus

51

1. Le choix des techniques de production

51

2. La prise en compte des rotations culturales

53

III. Les limites du modèle EPIC

53

Chapitre VII. Le modèle de comportement des agriculteurs face à des mesures de politique agricole

55

I. Introduction

55

II. Le modèle dynamique de base

55

III. Les contraintes pluriannuelles

56

1. Les rotations culturales

56

2. Les investissements

56

3. Les contraintes de trésorerie

57

IV. Contraintes d'irrigation

58

V. Les contraintes de travail

58

VI. La prise en compte du risque

59

Chapitre VIII. L'analyse des résultats

61

I. Introduction

61

II. La simulation du comportement des agriculteurs

61

III. Evolution de la consommation

62

IV. Evolution des activités de production

63

1. Evolution des cultures pratiquées

63

2. Evolution des techniques de production

64

3. Evolution des méthodes d'irrigation

65

V. Les limites du modèle

66

Conclusions générales et développements futurs

67

Annexes

Annexe I. Principales données caractérisant l'agriculture de Castille-León	69
Annexe II. Caractérisation agricole de la zone d'étude retenue (Salamanca-Armuña)	77
Annexe III. Résultats des simulations agronomiques	87
Annexe IV. Le modèle de simulation en langage GAMS	93
Annexe V. Résultats du modèle de programmation mathématique	101
Annexe VI. Table des graphiques, tableaux et schémas	121

Bibliographie

125

Table des matières

130

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

BLANCO FONSECA Maria

Résumé : La réforme de la PAC implique le bouleversement des principales productions de Castille-León. Cette étude analyse les effets possibles d'un changement de politique agricole sur les modes de production dont la politique hydraulique a été le pivot. La volonté de limiter la production sur les exploitations irriguées a également entraîné des modifications permettant une utilisation plus efficace des ressources en eau. Nous avons d'abord réalisé une étude socio-économique du secteur agricole régional en tenant compte de la structure des exploitations, des facteurs de production disponibles et des systèmes de production irrigués. La deuxième partie porte sur les méthodes d'analyse et les résultats. Pour comprendre le comportement des exploitants face aux nouvelles mesures de politique agricole, nous avons eu recours, pour les exploitations représentatives, aux modèles technico-économiques relevant à la fois de modèles de simulation agronomique et de modèles d'optimisation économique. Cette approche reproduit l'environnement technico-économique et prévoit son évolution en fonction des divers scénarios de politique agricole. L'originalité de cette recherche réside dans l'utilisation d'un modèle dynamique plus approprié pour traiter les questions d'investissements en technologie d'irrigation et permet de mesurer la demande en eau.

Mots-clefs : Economie agricole ; Développement régional ; Exploitation agricole ; Irrigation ; Système de production ; Facteur de production ; Politique Agricole Commune ; Modèle de simulation ; Modèle dynamique ; Comportement des agriculteurs ; Espagne. Castilla-León.

Abstract : The CAP reform involves big changes regarding several main products in Castilla-León. The possible effects on the region's production system of a changing agricultural policy based essentially upon its hydraulic policy are analysed. Production restriction on irrigated farms has also led to changes allowing a more efficient use of water resources. First a socio-economic study has been carried out on the agricultural sector taking into account farm structure, available production factors and irrigated production systems. The second part deals with the methods used and subsequent results. In order to explain farmers' behaviour faced with the new CAP measures, for significant farms, technico-economic models consisting of agricultural simulation models and of economic optimisation models have been used. This approach simulates the technico-economic environment and anticipates its evolution according to various scenarios of agricultural policy. The original character of this research lies in the use of a more appropriate dynamic model for investments in irrigation technology and enables to measure water requirements.

Key words : Agricultural economics ; Regional development ; Farming system ; Irrigation ; Production system ; Production factors ; Common Agricultural Policy ; Simulation model ; Dynamic model ; Farmers' behaviour ; Spain. Castilla-León.

ISBN : 2-85352-153-2

Prix : 75F

CIHEAM

Institut Agronomique Méditerranéen
de Montpellier
Série "Thèses & Master"

Numéros parus :

- 1/ **Fernandez Canadas (Priscilla)**, 1987.- *Les importations de céréales pour l'alimentation animale en Espagne : l'impact de l'entrée dans la CEE.*- 135 p.
- 2/ **Koutsou (Stavriani)**, 1988.- *Impact de l'émigration sur les systèmes agraires et le marché foncier (Etude comparative de deux villages de la Thrace du Nord-Est de la Grèce).*- 102 p. + ann.
- 3/ **Bokias (Efthimios)**, 1988.- *Le marché des oléagineux en Grèce : enjeux et perspectives.*- 89 p. + ann.
- 4/ **Brum (Argemiro Luis)**, 1988.- *L'évolution et les tendances du marché du soja. Le rôle de la CEE.*- 189 p. + ann.
- 5/ **Deybe (Daniel)**, 1989.- *Politiques agricoles et érosion des sols en Argentine : une méthodologie pour leur analyse.*- 95 p.
- 6/ **Vicien (Carmen)**, 1989.- *Les modèles de simulation comme outil pour la construction de fonctions de production : une application à la mesure de l'efficacité de la production agricole.*- 133 p.
- 7/ **Brunschwig (Gilles)**, 1990.- *Systèmes d'élevage extensif d'altitude dans les Andes Centrales du Pérou.*- 368 p. (200 FF)
- 8/ **Bravo (Gonzalo)**, 1990.- *Méthodes d'appréhension de la diversité d'exploitations agricoles (propositions pour un renouvellement de la démarche suivie à l'INTA, Argentine).*- 96 p.
- 9/ **Dorado (Guillermo)**, 1990.- *Fonctionnement technico-économique et gestion de l'exploitation agricole dans une perspective de développement (propositions théoriques et méthodologiques pour la région pampéenne de l'Argentine).*- 82 p. + ann.
- 10/ **Segre (Andrea)**, 1990.- *Dynamique de la consommation et du système agro-alimentaire italien.*- 207 p.
- 11/ **Malorgio (Giulio)**, 1990.- *Etude comparée des résultats technico-économiques de la production spécialisée de viande bovine dans deux zones difficiles française et italienne.*- 112 p.
- 12/ **Ait-Alhayane (Khadija)**, 1990.- *Les représentations du désert et de la désertification en Afrique du Nord.*- 87 p.
- 13/ **Soulé (Bio Goura)**, 1992.- *Echanges frontaliers de produits agro-pastoraux et dynamisme du monde rural en pays Gourma (Burkina-Faso - Ghana - Togo).*- 113 p.
- 14/ **Perucca (Clorinda)**, 1992.- *Diagnostic paysager des systèmes de production paysans de la province de Misiones-Argentine.*- 133 p.
- 15/ **Farolfi (Stefano)**, 1992.- *Dynamique de la disponibilité et de la consommation alimentaire dans les pays de l'Europe de l'Est : le cas de la Pologne.*- 170 p.
- 16/ **Ladjili (Khaled)**, 1992.- *Hydraulique paysanne - hydraulique étatique : économie de l'agriculture irriguée au Cap-Bon (Tunisie).*- 252 p.
- 17/ **Blaskovic (Hana)**, 1992.- *Une analyse du système de production agricole socialisé dans la région continentale de la Croatie et les possibilités de réorganisation: tentative d'utilisation des modèles.*- 130 p.
- 18/ **Luzietoso (Nguala)**, 1992.- *Les enjeux du développement agricole au Zaïre : modernisation et transformation des sociétés lignagères dans la vallée de l'Inkisi.*- 89 p.
- 19/ **Hacherouf (Adelmadjid)**, 1993.- *Evolution historique et comparative de la consommation alimentaire dans les pays du Maghreb Central. Algérie - Maroc - Tunisie.*- 135 p.
- 20/ **Temri (Leïla)**, 1993.- *Analyse concurrentielle d'un secteur aquacole.*- 92 p.
- 21/ **Maronicolaki (Maria)**, 1993.- *Facteurs déterminants des performances des industries agro-alimentaires grecques en matière d'exportation.*- 131 p.
- 22/ **Arfa (Lamia)**, 1994.- *Les exportations agro-alimentaires tunisiennes vers le marché de la CEE: évolution, compétitivité et perspectives.*- 112 p.
- 23/ **Martinez Santamarta (Alvaro)**, 1994.- *Les innovations dans la filière huile d'olive en Espagne.*- 100 p.
- 24/ **Afouda (Alix)**, 1994.- *Politiques nationales et échanges frontaliers de produits agro-alimentaires entre le Nord Nigéria et le Nord Cameroun : exemple de l'espace Garoua-Gambaru.*- 108 p.
- 25/ **Trimouille (Anne)**, 1994.- *Les couples produit/territoire et le management de la qualité : application aux entreprises du secteur fruits et légumes frais.*- 99 p.
- 26/ **Amine Khodja (Abdelhafid)**, 1995.- *Les déterminants de la dépendance en orge de l'élevage ovin steppique : le cas de la région de M'sila en Algérie.*- 110 p.
- 27/ **Sampaio (Maria Lucia da Cunha)**, 1995.- *Le développement des filières traditionnelles et régionales de production agricole en zones méditerranéennes défavorisées : le cas de la filière des fromages régionaux de la Beira Baixa (Portugal) .*- 101 p.
- 28/ **Preda (Stefano)**, 1995.- *Budgets agricoles et politiques socio-structurelles : évolution des dépenses en agriculture dans la région Emilie-Romagne et analyse comparée avec la Catalogne (1980-1992) .*- 219 p.
- 29/ **Tlili (Mohamed)**, 1995.- *Essai de simulation d'impact des nouvelles mesures économiques (PASA 2) sur le secteur céréalier en Tunisie. Etude de cas : Behaya .*- 108 p.
- 30/ **Bode (Ridvan)**, 1995.- *L'économie paysanne albanaise et la transition vers l'économie de marché (Réflexions sur la région de Dévolle).*- 95 p.
- 31/ **Antonelli (Annarita)**, 1995.- *Environnement et commerce international : enjeux de l'approche économique des procédés et méthodes de production .*- 79 p.
- 32/ **Blanco Fonseca (Maria)**, 1996.- *Analyse des impacts socio-économiques et des effets sur l'environnement des politiques agricoles : modélisation de l'utilisation agricole des ressources en eau dans la région espagnole de Castille-León.*- 132 p.

Numéros à commander au :

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

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

prix : 75FF (le numéro), sauf mention contraire



Domaine du Rouquet - BP. 3
34981 St GELY du FESC Cedex
Tél. 67 84 27 66

Le Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes

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

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

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

The International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies

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

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

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

