CIHEAM

International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies

Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes

Thèse / *Thesis*

requise pour l'obtention du titre

submitted for the degree of

Master of Science

Usage agricole de l'eau et impacts des politiques de tarification : application au PPI de Kalaat Landlouss dans la Basse Vallée de la Medjerda

Master of Science du CIHEAM-IAMM, n° 49

Salah HAMDI

1999

Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier

UNIVERSITAS MEDITERRANENSIUM AGRARIA NATIONUM

CIHEAM

Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes

International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies

Secrétariat Général / *General Secretary*

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

Instituts Agronomiques Méditerranéens
Mediterranean Agronomic Institutes
(IAM)

Bari – Chania – Montpellier – Zaragoza

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

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

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

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

Série Thèses et Masters

Ce Master est le 49ème numéro de la série Thèses et 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 :

Usage agricole de l'eau et impacts des politiques de tarification : application au PPI de Kalaat Landlouss dans la Basse Vallée de la Medjerda

a été soutenue par Salah HAMDI en juillet 1999 devant le jury suivant :

M. G. FLICHMAN	Enseignant-chercheur CIHEAM-IAM Montpellier	Président
M. M.S. BACHTA	Professeur INA Tunis	Membre
Mme F. JACQUET	Enseignant-chercheur CIHEAM-IAM Montpellier	Membre
M.E. MOLLARD	Chargé de rechercher IRD	Membre

Le travail de recherche a été encadré par M. F. JACQUET.

Le texte a été mis en forme pour cette publication par Mme J. ROVIRA pour le bureau des publications de l'Institut de Montpellier.

CIHEAM
Institut Agronomique Méditerranéen
De Montpellier

Directeur : Gérard GHERSI

3191, route de Mende – B.P. 5056
34093 Montpellier Cedex 05
Tel. 04 67 04 60 00
Fax : 04 67 54 25 27

Usage agricole de l'eau et impacts des politiques de tarification : application au PPI de Kalaat Landlouss dans la Basse Vallée de la Medjerda

Master of Science du CIHEAM-IAMM, n° 49

Salah HAMDI

1999

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

Ces opinions n'engagement que leur auteur.

HAMDI (Salah) - Usage agricole de l'eau et impacts des politiques de tarification : application au PPI de Kalaat Landlouss dans la Basse Vallée de la Medjerda – Montpellier : CIHEAM-IAMM, 1999 – 212 p – (Thèse Master of Science, IAMM, 1997, Collection *Thèses et Masters,* n°49).

Remerciements...

J'exprime ma profonde gratitude et mes remerciements :

A Florence Jacquet et Mohamed Salah Bachta, qui ont accepté de diriger ce travail .

A Guillermo Flichman, Eric Mollard, qui ont accepté de participer au jury de thèse.

A Habib Farhat, Issam Anatar et Jalel Elfaleh, de la direction de la CES, Erik Braudeau, Jacques Claude, de la mission IRD-Tunis, qui m'ont soutenu dans la réalisation de ce travail.

A Mongi Ben Hassine et Ali Larguech, de la DG/ETH, qui m'ont aidé dans la collecte des données relatives à la réalisation et à l'exploitation des barrages.

A Kamel Jerad, de la DG /GR, qui m'a aidé dans la compréhension des aspects pratiques relatifs au calcul des formules tarifaires binômes.

Ibrahim Ghali, Mohamed Amara, Abdellatif Metsahel, Mohamed Ammar, de la CTV de Kalaat Landlouss, pour leurs discussions et leurs critiques des résultats des diverses enquêtes et de l'avancement du travail sur le terrain.

Enfin, à tous mes amis, collègues et à tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin...

Dédicaces…

A ma femme, Najet, pour son courage ;

A mes fils, Helmy et Hamza pour leur « sagesse » et leurs brillants résultats à l'école et à ma fille Sarra ;

A ma famille et à ma belle famille ;

Je dédie ce travail.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE 1

PREMIERE PARTIE :
MOBILISATION ET ALLOCATION DE L'EAU EN TUNISIE

CHAPITRE I : L'AGRICULTURE EN TUNISIE 5

Section 1 : Caractéristiques générales de l'agriculture tunisienne 5
1. Contraintes structurelles et fonctionnelles de l'agriculture tunisienne 5
1.1. Etroitesse des exploitations agricoles 5
1.2 Le problème d'accès au crédit agricole formel 6
2. Bilan de 40 ans de développement agricole 7
2.1. Le poids du dualisme 7
2.2. Déficit de la balance alimentaire 7
3. Les paramètres économiques exogènes 8
3.1. Impact du PASA sur le secteur irrigué 8
3.2. La ZLE avec l'UE 8

Section 2 : Situation du secteur agricole irrigué 10
1. La nécessité de création des périmètres irrigués 10
2. Efficience technico-économique du secteur irrigué 10

CHAPITRE II : SITUATION DES RESSOURCES EN EAU EN TUNISIE 13

Section 1 : Les aspects quantitatifs de la ressource 13
1. La mobilisation de la ressource 13
1.1. Nécessité de la mobilisation de l'eau à coûts élevés 13
1.2. L'indisponibilité des sites favorables pour la construction de barrages à hauts rendements topographiques 14
1.3. Envasement des barrages et tendance logique de l'offre en eau à la baisse à long terme 15
1.4. Inadéquation possible entre ressources-besoins en eau dans le futur 16
1.5. Réaction de l'Etat :La connexion des barrages et la mobilité de l'eau 17

Section 2 : Les aspects qualitatifs de la ressource 18
1. La dégradation progressive de la qualité de l'eau d'irrigation dans la vallée de la Medjerda 18
2. Impacts de la salinité de l'eau d'irrigation sur les activités agricoles 19
3. La présence d'algues dans l'eau d'irrigation et leurs impacts sur la conduite de l'irrigation 20
4. Réaction de l'Etat face à la dégradation de la qualité de l'eau d'irrigation dans la BVM ... 20
5. Les systèmes de production dans la BMV sont-ils viables ? 21

Section 3 : Politique hydro-agricole tunisienne en matière de tarification de l'eau d'irrigation 23

1. Principes généraux de la tarification de l'eau d'irrigation en Tunisie 23
2.. Métamorphose tarifaire 24
2.1. Période 1986 à 1997 24
2.2 Campagne agricole 97/98 24
2.3. Campagne agricole 98/99 jusqu'en 2001 : la tarification préférentielle 24
2.4. A partir de l'an 2002 : une panoplie diversifiée de structures tarifaires en fonction d'un découpage hydro-agro-écologique 26
2.4.1. Diagnostic succinct des nouveaux PPI de la BVM 27
2.4.2. Principaux problèmes des nouveaux PPI de la BVM 27
2.4.3. Pourquoi une structure de tarification binôme a été choisie dans les nouveaux PPI de la BVM ? 27
3. Niveaux et alternatives de tarification binômes dans la BVM 28
3.1. Origine de l'établissement des formules tarifaires dans la BVM 28
3.2. Discussion de l'applicabilité des diverses formules tarifaires dans la BVM 30

CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE, OBJECTIFS ET SITE DE LA RECHERCHE 33

Section 1 : Problématique synthétisée et objectifs de la recherche 33
1. Les soucis conjugués : quantité rare et qualité médiocre 33
1.1. Les aspects quantitatifs et d'allocation de la ressource 33
1.2. Les aspects qualitatifs de la ressource 34
2. Objectifs et questions de la recherche 34
2.1. Niveau1 : Etude du comportement des agriculteurs 35
2.2. Niveau2 : Durabilité du système agraire 35
2.3 Impacts des mesures envisagées par les pouvoirs publics 36
2.3.1 Les objectifs de la puissance publique 36
2.3.2. Les mesures envisagées 36

Section 2 : Site de la recherche 38
1. Pourquoi la BVM ? 38
2. Pourquoi le gouvernorat de l'Ariana ? 38
2.1. les PPI de l'Ariana : un exemple de sous-utilisation de l'eau d'irrigation 38
2.2. Une grande diversité dans les systèmes de production en irrigué 39
3. Pourquoi le PPI Kalaat Landlouss ? 40
3.1 Diversité des systèmes de production et importance de l'élevage laitier 40
3.2. L'arboriculture fruitière est négligeable 40
3.3. Existence de 3 systèmes d'irrigation à Kalaat Landlouss 40
3.4. Position spatiale privilégiée par rapport au barrage de Sidi Salem 41

DEUXIEME PARTIE :
CADRE THEORIQUE ET METHODES DE LA RECHERCHE

CHAPITRE I : LA TARIFICATION : L'INSTRUMENT LE PLUS UNIVERSEL DE GESTION DE L'EAU D'IRRIGATION 43

Section 1 : La théorie économique et la tarification de l'eau 43
1. Principes généraux de la tarification de l'eau 43
2. Les fondements théoriques de la tarification 44
2.1. Que choisir entre tarification au coût marginal et celle au coût moyen ? 44
2.2. Limites de la tarification au coût marginal 45
2. 3. Tarification au coût marginal et déficit budgétaire du monopole 46

Section 2 : Les modalités pratiques de la tarification de l'eau d'irrigation 49
1. Les préalables du choix d'un système tarifaire 49

1.1. Détermination de l'élasticité prix 49
1.2. La fonction de demande en eau d'irrigation et l'horizon temporel 49
1.3. Comment définir la fonction de demande en eau d'irrigation ? 50
2. Principales structures tarifaires 51
3. Le choix de la structure tarifaire 52
4. Le débat entre tarification strictement proportionnelle et tarification binôme 53
5. Approche discriminatoire et tarification non linéaire 54
5.1. Approche discriminatoire et bien-être 54
5.2 La tarification binôme : un cas de discrimination de deuxième degré et de tarification non linéaire 55
5.3. Choix théorique optimal des termes d'une tarification binôme 56

CHAPITRE II : METHODES UTILISEES DANS LA RECHERCHE 59

Section 1 : Approche systémique et modélisation 59
1. L'exploitation agricole et les notions de système et de modèle 59
2. Le risque en agriculture 61
2.1. Notions de risque et d'incertitude 61
2.2. Modélisation et risque en agriculture 61

Section 2 : Aspects pratiques de la recherche 63
1. Montage de la typologie des exploitations 63
1.1 Méthodologie et déroulement des enquêtes 63
1.1.1. Elaboration du questionnaire 63
1.1.2. L'échantillon 63
1.1.3. Traitement des données et analyse des résultats 64
2. La construction des modèles 65
2.1 Les modèles individuels de base 65
2.2. Un modèle stochastique, statique au niveau du PPI 65
2.3. Des modèles individuels de simulation 66
2.4. Estimation des fonctions de la demande en eau d'irrigation 66
3. Limites méthodologiques 68
3.1. Limites de la typologie 68
3.2. Limites des modèles 68

TROISIEME PARTIE :
TYPOLOGIE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES DANS LE PPI DE KALAAT LANDLOUSS ET DESCRIPTION DES MODELES CORRESPONDANTS

CHAPITRE I : TYPOLOGIE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES DANS LE PPI DE KALAAT LANDLOUS 71

Section 1 : Analyse statistique multidimensionnelle 71
1. Choix des variables support de l'AFC 71
1.1. Les variables structurelles 71
1.2. Les variables de fonctionnement 72
1.3. Variables secondaires de croisement 74
2. L'AFCM : contribution et interprétation des axes 74
2.1. Contribution des trois premiers axes dans l'explication de la variabilité totale de la population 74
2.2. Interprétation des axes factoriels 75
2.2.1. Axe 1 75
2.2.2. Axe 2 76

2.2.3. Axe 3 76
3. Classification hiérarchique des individus 77
3.1. Eclatement des groupes et niveau de signification 77
3.2. Position des groupes sur les axes factoriels 78

Section 2 : Typologie des exploitations agricoles 82
1. Caractéristiques des groupes 82
1.1. Exploitations du type E1 82
1.2. Exploitations du type E2 86
1.3. Exploitations du type E3 87
1.4. Exploitations du type E4 89
2. Principaux enseignements de la typologie 91
2.1. Synthèse de la typologie 91
2.2. Principaux traits des exploitations agricoles du PPI 91
2.2.1. Relation entre cheptel bovin et superficie irrigable 92
2.2.2. Relation entre cheptel bovin et main-d'œuvre permanente 92
2.2.3. Relation entre âge de l'exploitant et affectation des revenus agricoles dégagés 93

CHAPITRE II : DESCRIPTION DES MODELES DES EXPLOITATIONS AGRICOLES DANS LE PPI DE KALAAT LANDLOUSS 97

Section 1 : Description des modèles individuels de base 98
1. Le facteur terre dans les modèles de base 98
1.1. Occupation annuelle du sol 98
1.2. Occupation mensuelle du sol 99
2. Le facteur travail 99
3. l'eau d'irrigation 99
3.1. La quantité d'eau consommée 100
3.2. La qualité de l'eau consommée 100
3.3. Tarification proportionnelle et coût de l'eau consommée 101
4. Le système d'élevage bovin 102
4.1. Le cas des cultures fourragères consommées en vert 103
4.2. Le cas du foin et des dérivés des céréales 104
4.3. Le cas du concentré 104
4.4. La taille du troupeau bovin 105
5. La place du maraîchage 106
6. Pratiques culturales spécifiques et rotations particulières 107
7. La fonction objectif 108
8. La prise en compte du risque dans les modèles 109
9. Le calage des modèles de base 109
10. Description du modèle agrégé de base 112

Section 2 : Principales simulations 112
1. Introduction de la tarification préférentielle 112
1.1. Horizon temporel : 1999-2001 112
1.2. Principales différences avec le modèle agrégé de base 114
2. Intégration de la tarification binôme 114
2.1. Horizon de temps et amélioration de la qualité de l'eau : 2002-2004 115
2.2. Spécificités des modèles intégrant la tarification binôme 115
2.2.1. Application de la tarification binôme dans les PPI du CRDA de l'Ariana 115
2.2.2. La consommation en eau selon une tarification binôme 117
2.2.3. Le coût de l'eau selon une tarification binôme 118

QUATRIEME PARTIE : INTERPRETATION ET ANALYSE DES RESULTATS DES MODELES ECONOMIQUES DE PROGRAMMATION MATHEMATIQUE

CHAPITRE I : RESULTATS DES MODELES INDIVIDUELS DE BASE ET SENSIBILITE DE LA DEMANDE EN EAU PAR RAPPORT AU PRIX 121

Section 1 : Résultats des modèles individuels de base 121
1. Allocation des facteurs de production aux différents types d'exploitations agricoles 121
1.1. Utilisation de la terre 121
1.1.1. Cas des exploitations du type E1 122
1.1.2. Cas des exploitations du type E2 123
1.1.3. Cas des exploitations du type E3 124
1.1.4. Cas des exploitations du type E4 124
1.1.5. Commentaire général des résultats des modèles de base 124
1. 2. Consommation de l'eau et aspects économiques conséquents 127
1.3. Allocation de la main-d'œuvre 128
1.3.1. Cas des exploitations du type E1 129
1.3.2. Cas des exploitations du type E2 129
1.3.3. Cas des exploitations du type E3 et E4 130

Section 2 : Sensibilité de la demande en eau par rapport au prix 131
1. Estimation des fonctions de demande en eau 131
1.1. Exploitations du type E1 132
1.2. Exploitations du type E2 133
1.3. Exploitations du type E3 134
1.4. Exploitations du type E4 135
1.5. Elasticités des demande en eau et emblavures conséquentes au niveau du PPI. 137

CHAPITRE II : COMPORTEMENTS DES AGRICULTEURS SOUS UNE CONTRAINTE DE DISPONIBILITE DE L'EAU AU NIVEAU DU PPI 141

Section 1 : Résultats du modèle agrégé de base 141
1. Allocation des facteurs de production aux différents types d'exploitations agricoles 141
1.1. Utilisation de la terre 141
1.1.1. Cas des exploitations du type E1 141
1.1.2. Cas des exploitations du type E2 142
1.1.3. Cas des exploitations du type E3 143
1.1.4. Cas des exploitations du type E4 143
1.1.5. Commentaire général des résultats du modèle agrégé. 145
1. 2. Consommation de l'eau et aspects économiques conséquents. 146

Section 2 : Sensibilité de la solution du modèle agrégé par rapport aux variations de disponibilités annuelles de l'eau 150
1. Analyse de la sensibilité de la solution du modèle agrégé en cas d'augmentation dans la disponibilité annuelle de l'eau 150
2. Analyse de la sensibilité de la solution du modèle agrégé en cas de diminution dans la disponibilité annuelle de l'eau 154
3. Productivités de la ressource et revenus espérés au niveau du PPI suite aux variations dans les disponibilités annuelles de l'eau 156
4. Evolution des taux d'occupation du sol en fonction des disponibilités

annuelles de l'eau au niveau du PPI 158

CHAPITRE III : SIMULATIONS TARIFAIRES, QUALITATIVES ET DISCUSSIONS DES RESULTATS 161

Section 1 : Résultats de simulation de la tarification préférentielle 161
1. Résultats des modèles individuels intégrant la tarification préférentielle et la salinité actuelle (2,6-3,8 g/l) 161
2. Résultats des modèles individuels intégrant la tarification préférentielle et l'amélioration de la qualité de l'eau (salinité 2-2,5 g/l) 163
2.1. Prise en compte de l'amélioration de la qualité de l'eau dans les modèles 163
2.2. Résultats de simulation de la tarification préférentielle et de l'amélioration de la qualité de l'eau 164
3. Evolution des recettes du gestionnaire dans le système tarifaire préférentiel 166
4. Discussions des résultats du système tarifaire préférentiel 168

Section 2 : Résultats de simulation de la tarification binôme 170
1. Tarification binôme et salinité actuelle (2,6-3,8 g/l) 174
2. Simulation croisée : tarification binôme et prise en compte de l'amélioration de la qualité de l'eau 174
2.1. Amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation 174
2.2. Résultats des modèles intégrant la tarification binôme et l'amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation 175
3. La triade : simulation de la tarification binôme associée à une baisse de la salinité et économie d'eau d'irrigation 179
4. Discussions des résultats du système tarifaire binôme 180
4.1.Evolution des revenus et redevances hydrauliques selon la consommation en eau avec la formule « H1B » 181
4.1.1. Cas des exploitations du type E1 181
4.1.2. Cas des exploitations du type E2 182
4.1.3. Cas des exploitations du type E3 183
4.1.4. Cas des exploitations du type E4 184
4.1.5.Sous-dimensionnement de la formule binôme « H1B » par rapport au PPI de Kalaat Landlouss. 184
4.2. Evolution de la demande en eau selon le risque encouru par l'Etat en matière de remboursement des charges fixes..... 186
4.2.1. Cas des exploitations des types E1, E2 et E4 188
4.2.2. Cas des exploitations des types E3 190
4.2.3. La nécessité de remonter à une vitesse supérieure ! ! ! 192

CONCLUSION GENERALE 195

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 201

LISTE DES TABLEAUX ET DES GRAPHIQUES 207

ABREVIATIONS ET UNITES DE CONVERSION 212

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau, indispensable à la vie, symbole de pureté, de liberté, est aussi sujet de conflit (Michalland.B, 1995).

La Tunisie, avec 33 Milliards de m3 de précipitation moyenne par an dont seulement 13% (soit 4,5 Milliards) sont mobilisables et une consommation nette actuelle d'un peu plus de 2,5 Milliards, devrait être inquiète[1].

Les contraintes naturelles pèsent sur l'agriculture tunisienne. Cette dernière, à l'aube du XXI^{ème} siècle se trouve en face de plusieurs défis dont notamment sa capacité ou non à nourrir une population croissante. Selon L. Malassis (1994), dans l'équilibre alimentaire, la population constitue une variable stratégique du moment où elle détermine à la fois la demande et l'offre potentielle basée sur la force de travail. De nos jours, le taux de croissance de la population en Tunisie est estimé à 1,7 %. Pour qu'un pays comme la Tunisie tende vers la suffisance alimentaire d'une manière autonome (importations nulles ou égales aux exportations alimentaires), il faut que le taux de croissance de la production soit supérieur à celui de la population à long terme.

Une ration alimentaire à bas prix peut constituer un indicateur de politique agricole efficace et bien réussie. Dans les pays développés tels que la France et les USA, les parts de l'alimentation dans le budget des ménages sont respectivement de 18 et 12%. Celui en Tunisie est estimé à 40% en 1990 mais la tendance est à la baisse (Khaldi ; 1997). Certes, le secteur irrigué en Tunisie a contribué à réduire partiellement le déficit de la balance alimentaire mais l'importation des produits alimentaires de base continue à peser lourd sur le budget de l'Etat. En effet, depuis quatre décennies, les divers plans de développement économique et social se succèdent avec le même objectif sans pour autant l'atteindre, il s'agit de la recherche continue de la satisfaction des besoins en produits alimentaires de base, s'agit-il d'un objectif réalisable ou d'une illusion ?

Selon Allaya (1995), en Tunisie, malgré des contraintes naturelles indéniables, il existe des potentialités de développement agricole et alimentaire dont la réalisation est fortement liée à la capacité des hommes à se prendre en charge et à s'organiser.

La rareté de l'eau conjuguée à une qualité médiocre et une exiguïté des surfaces irriguées rend impératif l'allocation optimale de ces ressources économiques à l'aube de l'an 2000. Cette échéance, synonyme de mondialisation de l'économie et de globalisation des échanges, exige que l'agriculture irriguée en Tunisie soit productive et compétitive afin d'affronter ce nouveau contexte.

[1] A titre de comparaison, en France, les précipitations moyennes par an sont de 440 Milliards de m3, la consommation nette est estimée à 10 Milliards de m3. Il suffit de mobiliser 2,27% des précipitations pour satisfaire la demande nationale.

Si tout le monde s'accorde à dire que l'eau en Tunisie est un bien rare et qu'une allocation optimale de la ressource est plus que jamais indispensable pour atteindre des objectifs raisonnables, la manière de mettre en place une telle allocation optimale reste à déterminer.

Dans la recherche d'une allocation optimale de l'eau d'irrigation, les décideurs de la politique hydro-agricole de la Tunisie ont mis en œuvre certains outils consistant essentiellement en réhabilitation des réseaux, encouragement des systèmes d'irrigation peu consommateurs d'eau (aspersion, localisée et fertigation) et en promotion de la tarification de l'eau. Ce dernier outil a été le plus privilégié pour garantir l'utilisation optimale de la ressource rare et rompre avec l'ancien système ayant engendré un gaspillage d'eau et une sous-utilisation des superficies équipées.

La tarification paraît comme étant l'outil par lequel se fait l'arbitrage des engagements entre les différents partenaires en matière de prise en charge de ces coûts.

Elle est supposée concourir à des objectifs différents : l'intérêt de l'Etat, celui de l'organisme gestionnaire et celui des agriculteurs :

-(i)l'intérêt de l'Etat investisseur pour mobiliser, transporter et distribuer l'eau, est de récupérer les coûts et notamment les investissements consentis ; tout en contribuant à un développement agricole permettant d'améliorer la situation alimentaire et la balance commerciale du pays ;

-(ii) L'intérêt de l'organisme gestionnaire est d'équilibrer sa gestion : entretien et maintenance du réseau, éviter les pannes et les coupures d'eau surtout en été, assurer les grosses réparations et le renouvellement des équipements ;

-(iii) L'intérêt de l'agriculteur est de bénéficier d'un service d'eau performant tout en payant l'eau au prix le plus bas possible.

Pour ce faire, les pouvoirs publics se sont offert une large panoplie de mesures tarifaires.

A partir de septembre 1998, le décideur table sur le fait que la tarification préférentielle va permettre l'augmentation des emblavures céréalières, fourragères, les cultures de semences et de plants et contribuera par voie de conséquence notamment à augmenter la production agricole en quantité de produits alimentaires de base (céréales, lait et viandes). Parallèlement, les ventes d'eau en hiver devraient augmenter.

Consciente que le système tarifaire préférentiel est une solution intermédiaire pour relancer la consommation d'eau en hiver mais, qu'en contre partie, il aggrave le déficit budgétaire des gestionnaires, la puissance publique compétente en matière d'allocation de l'eau d'irrigation en Tunisie compte à partir de 2002 appliquer des systèmes tarifaires qui prennent en compte les spécificités hydro-agro-écologiques de chaque grand foyer hydraulique. Les décideurs comptent parvenir à court terme à un recouvrement complet des frais de fonctionnement et de maintenance des aménagements hydro-agricoles dans la mesure où la capacité des agriculteurs le permet.

Dans les nouveaux Périmètres Publics Irrigués (PPI) de la Basse Vallée de la Medjerda (BVM) tel que celui de Kalaat Landlouss, site de notre recherche, les objectifs que les pouvoirs publics cherchent à atteindre via une éventuelle structure tarifaire adaptée aux problèmes spécifiques de ce type de PPI sont les suivants :

- accroître la production en céréales, lait et viandes (produits alimentaires de base dérivant de cultures consommatrices d'eau en hiver) ;
- encourager l'utilisation d'autres systèmes d'irrigation plus économes en eau tel que les systèmes par aspersion et ceux localisés ;
- encourager l'émergence de systèmes de production plus intensifs et plus valorisateurs de la ressource.

En se référant aux objectifs ci-dessus mentionnés, il a été proposé par les pouvoirs publics une structure de tarification binôme dans les PPI de la BVM.

Au cours des deux dernières décennies, l'intensification agricole en irrigué, le développement de l'urbanisme et des activités artisanales et industrielles dans la vallée de la Medjerda a accéléré la dégradation de la qualité de l'eau d'irrigation. Cette dégradation qualitative de l'eau d'irrigation consiste principalement en deux nuisances de taille :

- la salinité excessive pendant les années sèches ;
- la présence d'algues et de boue dans les réseaux d'irrigation sous pression.

En terme d'impact, le problème de la dégradation de la qualité de l'eau d'irrigation a été à l'origine d'une dynamique négative des systèmes de production (disparition pure et simple de certaines cultures rémunératrices telle que la pomme de terre en extrême aval de la BVM), la chute des rendements d'autres cultures et l'apparition de certaines pratiques culturales anti-salinité qui ont provoqué des coûts additionnels dans le fonctionnement économique des exploitations agricoles.

Comment allouer efficacement la ressource hydrique rare pour augmenter la production agricole en quantité et en valeur ? Quels systèmes de production et d'irrigation valorisent au mieux l'eau ? Quelles sont les cultures irriguées les plus productives et les plus tolérantes à la montée de la salinité et quel système tarifaire faut-il appliquer sans porter atteinte aux intérêts de tous les acteurs concernés ? L'adéquation entre offre et demande en eau d'irrigation est-elle réalisable à moyen et à long terme ?

Il est illusoire de penser répondre à toutes les questions ci-dessus posées. L'objectif de notre présent travail est ainsi limité aux trois questions suivantes :

- **les objectifs du développement du secteur irrigué peuvent-ils être hypothéqués ou remis en cause par une dégradation de la qualité des eaux d'irrigation et une inadéquation probable entre offre et demande en eau à court et à moyen terme ?**

- **comment évoluent les systèmes de production face à des variations éventuelles dans les disponibilités annuelles de l'eau au niveau du PPI ?**

- **Quel est le meilleur système tarifaire du point de vue de l'encouragement du développement agricole et du maintien de l'équilibre budgétaire de l'Etat ?**

Cette grille d'interrogation constitue à la fois le guide et le cadre de réflexion et d'analyse tout au long de notre présent travail qui voudrait élucider les domaines de performance du secteur irrigué.

Alors qu'il existe un nombre important d'études sur l'irrigation en Tunisie, rares sont les études ou recherches portant sur l'évaluation des systèmes tarifaires et des fonctions de demande en eau au sens économique du terme. Les études économiques ont toujours concerné la justification des projets d'irrigation ou l'évaluation des besoins en eau actuels ou futurs (le coût de l'eau étant fixé d'avance).

En plus des deux premières parties (**I** et **II**) de l'étude réservées respectivement aux aspects d'allocation de l'eau en Tunisie et au cadre théorique et méthodes empruntées dans notre recherche, pour arriver au terme de notre travail, nous avons procédé en deux grandes étapes :

- dans un premier temps (**partie III**), nous avons cherché à comprendre les différentes manières dont la ressource est valorisée, en d'autres termes, nous avons identifié les différents systèmes de production entrepris par les agriculteurs utilisateurs des eaux conventionnelles du Nord et nous avons modélisé les divers types d'exploitations issues de la typologie du PPI de Kalaat Landlouss ;

- dans un second temps (**partie IV**), nous avons simulé les comportements des divers types d'exploitations face aux différents systèmes tarifaires. Ceci nous a permis d'évaluer les impacts des divers outils tarifaires sur le budget du gestionnaire.

Les aspects qualitatifs de la ressource ont constitué un thème transversal dans notre recherche. En d'autres termes, nos modèles de base (ceux de 1998-2000) intègrent une mauvaise qualité d'eau alors qu'à partir de l'an 2001, nos modèles intégreront l'amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation en terme de baisse de salinité et par voie de conséquence en terme d'augmentation dans les rendements des cultures et le retour d'autres activités végétales dans la composition des systèmes de production après une disparition due à la montée de la salinité.

CHAPITRE I : L'AGRICULTURE EN TUNISIE

Section 1 : Caractéristiques générales de l'agriculture tunisienne

1. Contraintes structurelles et fonctionnelles

1.1. Etroitesse des exploitations agricoles

Le handicap foncier en terme d'étroitesse et de disparité spatiale frappant les structures des exploitations agricoles en Tunisie est indiscutable. En effet, cette difficulté rend difficile la pratique d'une agriculture moderne s'appuyant sur le crédit et l'utilisation d'autres inputs. Ainsi, les agriculteurs sont contraints à pratiquer une petite agriculture oscillant entre l'autoconsommation et les ventes modestes sur le marché. Cette agriculture ne permet pas la satisfaction des besoins du pays en produits agro-alimentaires de base.

L'enquête (MA/DG/PDIA, 1996) sur les structures des exploitations agricoles fait ressortir que 53% des exploitants détiennent des exploitations de moins de 5 ha et gèrent seulement 9% des terres alors que les exploitations de 100 ha et plus sont détenues par 1% des exploitants et couvrent plus de 25% des superficies agricoles (cf. tableau n° 1).

Tableau n° 1 : Superficie des exploitations selon la taille (unité : 1000 ha et lecture verticale) et nombre de parcelles y afférent en % (lecture horizontale).

Taille de l'exploitation	Superficie	%	Nbre d'exploitations. (1000)	%	% d'exploitations ayant		
					1 parcelle	2 parcelles	3 parcelles et plus
Moins de 5 ha	471	9	251	53	63	24	13
De 5 à 10 ha	643	12	92	20	37	31	32
De 10à 50 ha	2235	42	114	24	25	26	49
De 50 à 100 ha	645	12	10	2	18	25	57
100 ha et plus	1301	25	4	1	22	20	58
Total	5295	100 %	471	100 %	48	26	26

Source : Enquêtes MA/DG/PDIA, avril 1996.

1.2 Le problème d'accès au crédit agricole formel

Les diverses politiques agricoles mises en œuvre en Tunisie depuis l'indépendance ont façonné deux types d'agriculture originaux et structurellement opposés : l'un bénéficiant de ressources naturelles (terres fertiles et eau d'irrigation), et l'autre d'encouragements et d'incitations tels que la possibilité d'avoir des crédits et de recevoir des subventions. Si les choses vont bien pour les grandes exploitations, elles vont très mal pour les petites exploitations de moins de 5 ha qui sont au nombre de 251 000 et représentent 51% de l'effectif total des exploitations dans le pays. Ces petites exploitations sont classées dans la catégorie petite agriculture dans la réglementation tunisienne régissant le crédit agricole formel et par voie de conséquence, elles n'ont pas droit à accéder au crédit. L'accès au crédit constitue un critère d'évaluation de la performance du système de crédit. Sur le plan national, seulement 11% des agriculteurs peuvent bénéficier de crédits agricoles formels étant donné que cette tranche d'exploitants est la plus aisée et dispose de toutes les garanties hypothécables par les banques (cf. tableau n° 2).

Tableau n° 2 : Demande de crédits et proportion d'exploitants bénéficiaires de crédits ou de subventions selon la taille de l'exploitation.

taille de l'exploitation	%[2] de demandeurs de crédits		%[3] de demandes satisfaites		% d'exploitants ayant bénéficié d'un crédit	% d'exploitants ayant bénéficié d'une subvention Etat
	de campagne	d'investissement	de campagne	d'investissement		
Moins de 5 ha	4,6	5,4	3	2,8	8	13
De 5 à10 ha	9	10	6,2	5	11	16
De 10 à 50 ha	11	13	7,5	7,2	12	19
de 50 à 100 ha	17,6	13,5	14	9	17	23
100 ha et plus	30	25	28	22	31	30
Ensemble	7,5	8,4	5,2	4,5	11	17

Source : Source : Enquêtes MA/DG/PDIA, avril 1996.

Dans toute politique agricole, l'accès au crédit constitue une mesure stratégique d'encadrement financier des agriculteurs et un miroir de dynamique et de viabilité des systèmes de production. L'agriculture irriguée fait appel à l'usage important d'intrants à l'inverse de l'agriculture en sec. Ceci nécessite une capacité d'autofinancement suffisante de la part de l'irriguant, laquelle condition n'est pas satisfaite chez tous les agriculteurs dont notamment ceux du semi-aride tunisien reconnus pour leur pauvreté et leurs pratiques agricoles dans des environnements physiques et socio-économiques très défavorables.

[2] % par rapport au nombre d'exploitant par strate.
[3] % par rapport aux demandes de crédit de campagne déposées par strate d'exploitant.

2. Bilan de 40 ans de développement agricole

2.1. Le poids du dualisme

En se référant à l'histoire du développement agricole en Tunisie, les contraintes de l'agriculture n'ont pas changé dans leurs formes. En dehors de l'expérience collectiviste de 1962 à 1969, (dans laquelle l'Etat avait cherché la fusion entre le secteur traditionnel et le secteur colonial pour en faire des unités coopératives de production de 500 ha de superficie moyenne, et dans lesquels les paysans étaient à la fois ouvriers et coopérateurs), le dualisme caractérise l'agriculture tunisienne. Aussi est-on en présence de deux agricultures opposées :

♦♦ une agriculture fortement dotée de moyens de production structurels et fonctionnels ayant bénéficié de l'essentiel en allocation des ressources naturelles (terres fertiles et eau d'irrigation) et ayant accès au crédit agricole formel. Il s'agit là de grandes exploitations privées ou privatisées ayant des superficies de 100 ha et plus. Elles sont au nombre de 4 000, soit 1% du total des exploitations dans le pays avec plus de 25% des terres classées dans la classe fertile de la nomenclature agro-pédologique tunisienne ;

♦♦ une petite agriculture paysanne, marginale où tous les moyens de production font défaut (rareté de l'eau, terres de «Bad-land», non accès au crédit, environnement socio-économique et institutionnel défavorable, etc...). Il s'agit là de petites exploitations familiales qui pratiquent une agriculture vivrière de subsistance dans un contexte risqué et très aléatoire compte tenu de l'irrégularité de la composante pluviométrique de son climat sur des superficies moyennes unitaires de moins de 5 ha. Ces exploitations sont au nombre de 251 000, soit 51% du total en Tunisie et gèrent uniquement 9% des terres classées agro-pédologiquement dans la classe médiocre.

2.2. Déficit de la balance alimentaire

Il est à rappeler que le régime alimentaire des tunisiens repose essentiellement sur les céréales, les légumes, les fruits et les huiles. Ces produits contribuent pour plus de 50% des calories et des protéines consommées et traduisent le modèle de consommation sud-méditerranéen (Maghreb) dont la proportion des calories d'origine animale ne dépasse guère 18 % des calories finales. D'après Khaldi (1997), la consommation moyenne annuelle des céréales est estimée à 196 kg par personne, celle des légumes à 134 kg, 58 kg pour le cas du lait et 25 kg pour le cas des huiles et matières grasses. La quantité de viande consommée par personne demeure inférieure à 20 kg.

Le déficit de la balance alimentaire est devenu structurel en produits stratégiques à savoir céréales, pomme de terre, viandes, lait, sucre et ceci en raison d'une forte croissance de la demande et une faible croissance de l'offre. Il ressort de cette balance alimentaire relative que le pays est largement déficitaire en produits agro-alimentaires stratégiques et qu'il est pertinent de poser la question suivante : la composante hydraulique de la politique agricole de la Tunisie a-t-elle vraiment joué pleinement son rôle dans l'atténuation du déficit structurel de la balance alimentaire, ou, y aurait-il une mauvaise valorisation de l'eau mobilisée au niveau des productions agricoles ?

3. Les paramètres économiques exogènes

L'agriculture tunisienne, à l'instar des autres secteurs économiques a été l'objet d'un programme d'ajustement structurel (PAS), il s'agit du programme d'ajustement structurel agricole (PASA). Ce programme, rappelons-le a été mis en application dans un contexte économique interne et externe trop contraignant. De ce fait, à partir de 1987, une nouvelle réflexion sur le rôle de l'agriculture dans le développement économique du pays a été amorcée dans la recherche d'une politique agricole efficace qui tient compte des nouvelles données et paramètres exogènes dont notamment :

- les accords paraphés le 12 Avril 1995 avec l'Union Européenne (**UE**) qui prévoyaient la création d'une zone de libre échange (ZLE) ;
- les engagements de la Tunisie dans le cadre de l'ancien GATT (General Agreement Trade and taxes) et l'actuelle OMC (organisation mondiale du commerce) qui l'obligent à abolir partiellement les barrières douanières mises en application pour la protection de sa production agricole et de produire par voie de conséquence des produits compétitifs (selon la théorie des avantages comparatifs) si elle veut acquérir des parts de marché sur la scène commerciale internationale.

3.1. Impact du PASA sur le secteur irrigué

L'application du PASA entreprise par le gouvernement tunisien depuis 1986 a touché le secteur irrigué sous plusieurs formes. Dans ce volet, nous allons aborder uniquement l'impact de l'élimination des subventions pour l'eau d'irrigation.
Depuis 1986, la décision a été prise d'augmenter annuellement le tarif de l'eau d'irrigation afin de couvrir, jusqu'en 1995, les frais de fonctionnement et d'entretien des périmètres publics irrigués. Il s'agit d'une augmentation annuelle de 15% des prix nominaux et de 9% des prix réels[4].

Yassine (1996) a montré dans un PPI au nord-ouest de la Tunisie que l'élimination des subventions pour l'eau d'irrigation pourrait engendrer une baisse dans les revenus nets des agriculteurs allant de 9,18% à 10,62% et une réallocation de la terre entre les cultures. Il s'agit d'une diminution des superficies des cultures fourragères, une augmentation des superficies du blé, et le maintien des cultures maraîchères rémunératrices et valorisatrices de l'eau chez les petites exploitations bien qu'elles exigent des quantités importantes d'eau.

3.2. La ZLE avec l'UE

Les relations commerciales entre la Tunisie et l'Union Européenne (UE) sont les plus significatives en quantité et en valeur. En effet, 70% des exportations agricoles sont écoulés dans l'enceinte européenne et 40% des importations tunisiennes proviennent de l'UE. Une ZLE entre la Tunisie et l'UE implique la suppression de toutes les barrières commerciales entre les deux partenaires. Ainsi, l'effet de la ZLE sur le secteur agricole serait globalement négatif et relativement important (Boudhiaf ; 1995). Le même auteur estimait que la ZLE pourrait également déclencher une dynamique concurrentielle qui améliorerait à terme la compétitivité des produits agricoles tunisiens. Ainsi, la question qui se pose est la suivante : dans quelles mesures, l'agriculture irriguée est-elle capable de surmonter les contraintes sur lesquelles elle

[4] Source : ministère de l'agriculture, direction générale du génie rural, 1998.

bute et de continuer à assurer, même partiellement, ses rôles en matière de sécurité alimentaire (taux de couverture en produits stratégiques) dans un contexte de mondialisation de l'économie et de globalisation des échanges commerciaux ?

Section 2 : Situation du secteur agricole irrigué

1. La nécessité de création des périmètres irrigués

L'agriculture tunisienne est fortement soumise aux aléas climatiques. En effet, plus des 2/3 des superficies agricoles reçoivent moins de 300 mm de pluie par an et seulement 1% des superficies est relativement bien arrosé (600 mm/an). Les rendements des cultures sont fortement dépendants de la qualité pluviométrique de l'année. La production des céréales peut atteindre 27 Millions de quintaux en bonne année et elle chute en très mauvaise année à 4 Millions de quintaux. Le sort aléatoire d'une agriculture en sec non performante du fait des aléas climatiques dont notamment l'irrégularité pluviométrique a poussé dès 1956 l'Etat tunisien à opter pour une politique de suffisance alimentaire par le biais du développement du secteur irrigué, lequel est supposé réduire les fluctuations des rendements observés dans l'agriculture pluviale et stabiliser l'offre des produits agricoles de base dont notamment les céréales. Pour ce faire, diverses stratégies sont mises en œuvre.

L'eau d'irrigation est consommée en majeure partie dans la région nord du pays où sont situés 53% des superficies irriguées (tableau n° 3). Cela s'explique par l'importance de la disponibilité des eaux de surface mobilisées par les grands barrages. Le centre, à prédominance de périmètres irrigués privés (environ 60% de l'eau d'irrigation provient des forages et des puits de surface) arrive en deuxième position avec 37% des superficies irriguées.

Tableau n° 3: Répartition régionale des superficies irriguées selon l'origine de l'eau.

	Nord	Centre	Sud	Total	
	Ha	Ha	Ha	Ha	%
Barrages	113796	13564	137	127497	37,8
Barrages collinaires	767	150	0	917	0,3
Lacs collinaires	1061	341	0	1402	0,4
Forages	13229	28567	25140	66936	19,8
Eaux usées	5349	1077	28	6454	2,0
Puits de surface	43005	80337	10227	133569	39,6
Captage de sources	399	0	0	399	0,1
Total	177606	124036	35532	337174	100,0
Pourcentage %	53,0	37,0	10,0	-	100

Source: Rapport MA/ UCSEPI ; 12/1997 ; divers documents et nos calculs.

2. Efficience technico-économique du secteur irrigué

Encore faut-il comparer la production agricole du secteur irrigué par rapport à la totalité du secteur agricole national. Le secteur irrigué à nos jours est loin de contribuer à la satiété quantitative en produits agro-alimentaires de base (cf. tableau n° 4).

Tableau n° 4 : Contribution quantitative du secteur irrigué dans la production agricole

	Production agricole du secteur irrigué	
	Quantité(1000 T)	Pourcentage
Céréales	220	21
Maraîchage	1599	85
Arboriculture	1069	75
Lait	264	41

Source: Rapport MA/UCSEPI ; 12/1997.

Sur la base des prix 1990, la valeur de la production agricole dans le secteur irrigué en 1997 est évaluée à 1089,432 Millions de Dinars, soit 43,2% du total de la valeur de la production nationale agricole[5].

En terme d'objectifs, l'actuelle politique agricole tracée dans un double contexte de PASA et de mondialisation de l'économie vise, d'après les planificateurs, l'équilibre de la balance commerciale, l'amélioration de la productivité agricole et la maîtrise des coûts à la production. Ce qui génère par voie de conséquence des prix abordables à l'intérieur du pays et compétitifs dans une vision exportatrice, mais le constat réel est amère étant donné que depuis quatre décennies, les divers plans de développement économique et social se succèdent avec le même objectif sans pour autant l'atteindre. Il s'agit de la recherche continue de la satisfaction des besoins en produits alimentaires de base, mais s'agit-il d'un objectif réalisable ou d'une illusion ?

L'exigence grandissante de développement de périmètres irrigués pour l'augmentation de la production agricole en quantité et en valeur et la satisfaction de besoins alimentaires croissants a nécessité des investissements importants. Boughanmi (1995) a montré que « le sous-secteur irrigué est moins efficient dans l'utilisation des investissements que tous les autres secteurs notamment, l'agriculture en sec » (cf. tableau n° 5).

Tableau n° 5 : Coefficients d'efficacité des investissements[6]

	1970-1979	1980-1987	1988-1994
Cultures irriguées	3,08	11,42	2,40
Cultures en sec	3,01	4,41	1.92
Elevage	2,10	3,61	1,47
Pêche	3,23	5,53	8,60
Arboriculture en sec	1,68	8,40	1,02
Céréales et légumineuses	2,86	2,05	0,70

Source : Boughanmi, 1995.

[5] Source : IX^{ème} plan de développement économique et social et Ministère de l'agriculture.
[6]: L'auteur a évalué l'efficacité des investissements par l'indice ICOR(Incremental capital-output ratio) qui est le ratio de l'investissement sur la production engendrée par cet investissement durant une période donnée.

Il ressort de ce tableau que le secteur irrigué valorise moins les investissements qui lui ont été affectés. Les investissements dans le secteur pluvial sont plus efficaces.

« *L'introduction de l'irrigation dans une exploitation agricole bouleverse profondément son fonctionnement. Elle se traduit généralement par un accroissement notable de la consommation de la main-d'œuvre et des besoins en trésorerie, facteurs souvent limitants. Elle exige en outre des investissements coûteux et une maîtrise technique accrue* » (Rieu et Arlot, 1992)

Le secteur irrigué souffre d'une multitude de problèmes (de structure, de fonctionnement, d'organisation, d'encadrement technique et de commercialisation). Cela entraîne de faibles taux d'utilisation, d'intensification et une faible productivité.

Le taux d'utilisation des superficies équipées dans les périmètres publics irrigués ne dépasse pas les 76%. Le taux d'intensification lui aussi est en déca des prévisions des planificateurs (80% réalisé contre 120% minimum attendu).

En effet, face à la rareté de l'eau et la nécessité de sa valorisation maximale par les bénéficiaires des droits d'usage conformément aux obligations législatives de mise en valeur (chapitre III, article 23 du code des eaux), les systèmes d'irrigation dans les périmètres irrigués sont en majorité par submersion, seulement 7,1% des superficies dans les périmètres publics irrigués (PPI) sont dotés de systèmes d'économie d'eau (irrigation localisée). Les doses d'irrigation appliquées par les agriculteurs dans les PPI à partir des eaux de surface sont estimées à 4500 m3/ha. Le rapport du ministère de l'agriculture (décembre 1997) relatif à la gestion des périmètres irrigués fait état d'une inefficience dans les réseaux de transport et de distribution de l'eau d'irrigation. Quant aux aspects organisationnels dans la gestion collective des périmètres irrigués, l'Etat a encouragé la création d'associations d'intérêts collectifs (AIC) dans une optique de délégation de la gestion des périmètres publics aux agriculteurs concernés (cf. tableau n° 6).

Tableau n° 6 : Importance des AIC dans les PPI selon les régions

	Nord	Centre	Sud	Total
% des superficies irriguées	65,00	21,26	13,70	100,0
% des AIC	18,26	38,40	43,34	100,0

Source : Rapport MAT/UCSEPI ; 12/1997.

Il ressort du tableau n° 6 que dans les gouvernorats du nord où se trouvent 65% des superficies irriguées, la création des AIC patine encore. Il s'agit des périmètres des deux vallées de la Medjerda. Cependant, dans le sud tunisien et avec un minimum de superficie irriguée, la gestion collective de l'eau d'irrigation dans le cadre d'AIC est une tradition très ancienne[7].

Il serait donc intéressant d'explorer des pistes qui amènent, au bout du compte, à une valorisation maximale de l'eau mobilisée et à une augmentation de la production agricole dans les périmètres irrigués, lequel objectif arrange l'Etat et les agriculteurs. Ainsi, une question pertinente se pose : quels types de systèmes de production et de système d'irrigation faut-il pratiquer pour mieux valoriser les investissements de l'agriculture irriguée ?

[7] Les premiers syndicats d'eau datent du XIX^{ème} siècle (Syndicat de Zarzis crée en 1885) en plus des syndicats du Djérid.

CHAPITRE II : SITUATION DES RESSOURCES EN EAU EN TUNISIE

Section 1 : Les aspects quantitatifs de la ressource

S'agissant de la mobilisation de l'eau, nous estimons que la marge de manœuvre de l'Etat est fortement réduite dans le cas des eaux souterraines étant donné le taux de mobilisation élevé (environ 100% à l'horizon 2000) des sources mobilisables. Quant aux eaux de surface, un effort supplémentaire reste à accomplir. Un taux de mobilisation de 100% dans le cas des eaux de ruissellement est projeté vers l'an 2010 voire 2015, compte tenu de la difficulté de réalisation à terme des grands travaux hydrauliques (les échéances des travaux sont estimées selon des avant projets sommaires qui prévoient mal parfois des surprises d'ordre géotechnique). C'est la raison pour laquelle nous avons choisi d'aborder la problématique de la rareté de l'eau à travers l'étude approfondie du cas des eaux de surface, cas qui illustre bien l'action de la puissance publique dans la mobilisation d'une ressource rare à coûts élevés en dépit :

- d'un climat capricieux,
- d'un environnement physique défavorable,
- d'une nécessité morale et éthique pour assurer certaines fonctions régaliennes (donner à boire et à manger à ses citoyens),
- et d'un contexte international de mondialisation de l'économie et de globalisation des échanges commerciaux touchant le commerce des produits agricoles.

Ceci laisse entendre que notre problématique se place à plusieurs niveaux :

- le niveau de la mobilisation de l'eau avec ces deux aspects : quantitatif et qualitatif ;
- celui de l'usage agricole de la ressource mobilisée ;
- et en dernier lieu, le niveau relatif aux nouveaux paramètres économiques exogènes qui touchent le secteur irrigué en Tunisie dans ces fonctions de production.

1. La mobilisation de la ressource

1.1. Nécessité de la mobilisation de l'eau à coûts élevés

Certes, les objectifs fixés par l'Etat pour la mobilisation de l'eau à coûts élevés trouvent partiellement des fondements (suffisance en eau potable et sécurité des systèmes agro-alimentaires nationaux). Au-delà de cette éthique, la légitimité des Etats se mesure par leur capacité à donner à boire et à manger à leur peuple et à assurer continuellement et dans toutes les circonstances la sécurité alimentaire dans leur pays. Il s'agit là d'un problème politique de fond. Cependant, dans l'optique étatique, le coût élevé de la mobilisation de l'eau n'est pas perçu comme un problème en soi parce que l'objectif est plus fort que le moyen et ce en l'absence d'autres alternatives plus économiques.

Face à la rareté de l'eau, l'Etat tunisien a accompli beaucoup d'efforts pour sa mobilisation. Dans les divers plans de développement économique et social, la composante hydraulique a oscillé

entre 27,2% (moyenne décennale 1962-1971) et 34,5% (moyenne décennale 1992-2001) des investissements agricoles (cf. tableau n° 7).

Tableau n° 7 : Evolution de la part des investissements par sous-secteur agricole(en %)

Décennie	1972-1981	1982-1991	1992-2001	Moyenne sur 3 décennies
Sous-secteur				
Hydraulique	30,0	44,0	34,5%	36,16
Elevage	13,0	10,0	12,5	11,83
Pêche	8,0	9,0	8,0	8,33
Matériel agricole	24,0	12,0	12,0	16,0
Arboriculture	10,0	7,0	10,5	9,16
Stockage. céréales	-	2,0	0.5	-
Serriculture	-	0,6	-	-
Etude-Recherche-vulgarisation	5,0	2,0	2.0	3,0
Forêts et CES	8,0	13,0	13,0	11,33
PDRI-FSN[8]	-	4,0	7,0	-
Total	100,0	100,0	100,0	-

Source : Divers plans de développement économique et social.

1.2. L'indisponibilité des sites favorables pour la construction de barrages à hauts rendements topographiques

En plus de la rareté de l'eau et l'obligation qui incombe à l'Etat de la mobiliser même à des coûts élevés, une nouvelle donne physique vient compliquer la situation. Il s'agit de l'indisponibilité de sites favorables pour la construction de barrages à hauts rendements topographiques.

S'agissant de la mobilisation des eaux, Louati (1995) disait que "les planificateurs ayant tout naturellement commencé par exploiter les sites les plus favorables au développement des ressources en eau, les projets les plus récents ou ceux programmés sont aussi techniquement les plus complexes, donc les plus coûteux".

Ces limites techniques viennent donc renchérir les coûts de la mobilisation de l'eau pour le cas de la nouvelle génération des barrages (en nombre de 21), programmés dans la stratégie de mobilisation des eaux de 1991 à 2010 .

Sachant que la tarification de l'eau agricole ne se fait pas au coût marginal et non plus au coût moyen[9], les prix payés par les agriculteurs sont dérisoires (cf. tableau n° 8) par rapport au coût réel fictif du m3 mobilisée[10].

[8] PDRI-FNS: Projet de développement rural intégré - Fonds national de solidarité(2626).
[9] Ce volet est repris en détail ultérieurement dans le cadre théorique de notre recherche.
[10] Nous avons opté pour une démarche de calcul du coût du m3 mobilisée détaillée également dans la partie méthodologie. Il s'agit d'intégrer dans le calcul du coût du m3, le coût de l'ouvrage, le coût des travaux amonts et le coût du transport, transfert, canalisations et stations de pompage principales et secondaires des périmètres irrigués, bornes d'irrigation au niveau des parcelles.

Tableau n° 8 : comparaison entre les coûts du m3 d'eau mobilisé et son prix de vente aux agriculteurs : cas des eaux du nord

Localisation des périmètres (gouvernorat concerné)	Coût du m3 mobilisée(prix 1996)[11] pour des barrages dans le gouvernorat et alimentant des PI dans le gouvernorat (en DT)	Prix du m3 payé par les agriculteurs des gouvernorats concernés (en DT)	Rapport entre coût réel du m3 et prix payé (Prix 1996)
Bizerte	Joumine83 : 0,95 Ghezala84 : 1,79 Sedjnane94: 0,55	0,079	12 23 7
Béja[12]	Sidi Salem81 : 0,76 Barrak97: 1,5	0,083	9 18,5
Jendouba[13]	Bouheurtma76 : 0,26 Barbara(Zouitina)97: 2,76	0,081	3,2 34

Source : MA/ DG/ETH et DG/GR.1998 et nos calculs.

La distorsion entre coût du m3 au niveau de la mobilisation et le prix du m3 au niveau de l'exploitation agricole est énorme. Le prix du m3 d'eau payé par l'agriculteur peut arriver à 34 fois moins cher par rapport à son coût réel si on le puise à partir des barrages récemment construits. Les coûts élevés d'une telle politique hydraulique rendent d'autant plus nécessaire la valorisation maximale de l'eau mobilisée.

La question qui se pose est : quel est le degré de distorsion entre le coût réel du m3 d'eau mobilisé, le prix payé par l'agriculteur d'une part et la productivité marginale de l'eau au niveau de la production d'autre part ?

1.3. Envasement des barrages et tendance logique de l'offre en eau à la baisse à long terme

Le programme décennal national de mobilisation des eaux de surface prévoit la construction de 21 grands barrages, « nouvelle génération » et vers l'an 2010, le taux de mobilisation des eaux de surface atteindra 100%.

Au début de la vie d'un barrage, c'est à dire lors de sa première mise en eau, sa capacité théorique est égale à sa capacité utile étant donné l'absence d'apports solides dans la retenue. Au fur et à mesure que le temps passe et que le barrage fonctionne, et en fonction des conditions édaphiques du bassin versant abritant l'ouvrage, les apports solides arrachés dans les piedmonts et transportés par l'eau s'accumulent au fond de la retenue. La capacité utile du barrage commence à diminuer et le volume des sédiments augmente. En d'autres termes, l'envasement influence directement la capacité de stockage des réservoirs et le volume des apports solides accumulé au fil du temps n'est autre qu'une perte au niveau de la capacité utile.

[11] Coût du barrage uniquement.
[12] Prix de l'eau à Béja pour les assolements non betteraviers.
[13] Prix de l'eau à Jendouba pour les assolements non betteraviers.

Pour illustrer ce phénomène, nous considérons qu'à l'instant t_0, date de mise en eau d'un barrage, sa capacité utile **CU(t_0)** est égale à sa capacité théorique **CT(t_0),** c'est à dire au volume d'eau correspondant à la hauteur de sa côte normale (celle qui au-delà de laquelle l'évacuateur des crues s'enclenchera) et on peut par conséquent écrire l'équation **(1)** d'un bilan hydrologique simplifié et très schématique.

$$CT(t_0) = CU(t_0) \qquad (1)$$

A long terme et à un instant $t_1 > t_0$, on peut écrire l'équation de bilan **(2)** :

$$CT(t_0) = CU(t_1) + VE(t_1) \qquad (2)$$

La capacité théorique est constante quelque soit le temps t, il s'agit d'une donnée qui égalise la capacité utile lors de la mise en eau du barrage, en revanche, à long terme, cette valeur se décompose en deux :

- il s'agit de la nouvelle capacité utile , c'est à dire le volume d'eau réellement disponible et utilisable ;
- et **VE(t_1),** le volume des sédiments accumulé dans la retenue qui consiste donc en une perte de capacité utile.

La sécurité d'approvisionnement en eau de tous les barrages dépend fortement de leur taux d'envasement. Un barrage envasé va servir le plus souvent d'ouvrage de transit, son évacuateur des crues est constamment fonctionnel, alors qu'un barrage faiblement envasé retiendra plus d'eau et son évacuateur ne fonctionne que lors d'une crue réelle. Et par conséquent, l'envasement conditionne les fonctions de gestion et de distribution de l'eau en aval des barrages.

En Tunisie, le problème de l'envasement est réel étant donné le degré d'érosion avancé des bassins versants abritant les retenues mais les données relatives à la quantification de l'envasement des grands barrages sont inaccessibles (...).

Cependant, une chose est sûre : si la puissance publique a déjà commencé à rehausser certaines digues des grands barrages tel que celui de Sidi Salem[14], c'est que le taux d'envasement commence à être significatif et peut nuire au fonctionnement optimal de la politique hydraulique en terme de satisfaction des besoins de tous les secteurs consommant l'eau mobilisée (besoins domestiques, agricoles, touristiques , industrielles et environnementales).

1.4. Inadéquation possible entre ressources-besoins en eau dans le futur

La demande en eau, tout secteur confondu, ne cesse d'augmenter en prenant en compte le phénomène d'envasement des barrages, la tendance de l'offre en eau serait dans le futur à la baisse. L'inadéquation entre ressource-besoin en eau est fort probable. L'évolution prévisible du déficit en eau est estimée dans le tableau n° 9.

[14] L'appel d'offres relatif aux travaux de rehaussement de la digue de Sidi Salem a été lancé en Février 1999.

Tableau n° 9 : Evolution prévisible du déficit en eau

	1995	2000	2010	2025	Stationnaire
Population(million hab)	8,7	10	12	14	19
Volume mobilisé(million m3)	2700	4000	4500	4500	4500
Besoins nécessaires[15] (million m3)	3900	4500	5400	6300	8600
Déficit (million m3)	1200	500	900	1800	4100

Source : Zahar (1995) et Selmi(1996).

Dans ce même ordre d'idée, Hassaynia (1991) s'est posé la question de savoir comment la Tunisie arrivera à préserver son agriculture irriguée qui n'exploitant que 6% des terres agricoles, lui fournit annuellement plus de 20% de la valeur totale de la production agricole.

1.5. Réaction de l'Etat : la connexion des barrages et la mobilité de l'eau

D'ici l'an 2010, les planificateurs de la politique hydraulique de la Tunisie comptent mobiliser toutes les ressources hydrauliques de surface et autres[16], les ressources souterraines sont quasi-mobilisées. Face à la menace éventuelle d'une possible inadéquation entre l'offre et la demande en eau, tout usage confondu, l'Etat a commencé la connexion des barrages du nord-ouest du pays dans le cadre d'un programme dit "plan directeur des eaux du nord" qui s'échelonnera jusqu'à l'an 2010. Il s'agit de rendre l'eau mobile à travers le pays et de l'amener là où elle est socio-économiquement demandée. Le partage de la ressource inter et intra-secteurs de l'économie a été prévu d'ici l'an 2010[17], date à partir de laquelle d'autres ressources hydrauliques seront mobilisées et il y aurait théoriquement une révision du partage actuel.

[15] Calculées sur une base de besoins de 450/m3.hab/an.

[16] La stratégie de mobilisation des ressources hydrauliques comprend également un programme d'exploitation des ressources non conventionnelles (dessalement des eaux de mer, exploitation des eaux saumâtres) et d'amélioration de la qualité des eaux usées et leur utilisation dans l'irrigation.

[17] Nous faisons ici allusion aux études "EAU2000 et Eau2010" du ministère de l'agriculture, DG/ETH qui constituent pour notre travail des références de base.

Section 2 : Les aspects qualitatifs de la ressource :

Dans les études « Eau 2000 » et s'agissant de la qualité de l'eau mobilisée et mobilisable en Tunisie par 33 barrages, on note que :

- près des 2/3 des barrages ont une salinité annuelle, quelque soit le type d'année, comprise entre 0,5 et 2 g/l, ce qui restreint notablement la qualité de l'eau pour l'irrigation ;
- une dizaine de barrages ont une eau de bonne qualité, avec une teneur annuelle en sel toujours inférieure à 0,5 g/l ;
- enfin 3 barrages (Sidi Saad, Bir M'Cherga et Melah) ont des eaux pratiquement impropres à l'irrigation et posant de sérieux problèmes pour l'approvisionnement en eau potable, avec une teneur en sel supérieure à 2 g/l, pouvant même atteindre certains mois de l'année des concentrations de 4 à 5 g/l.

Une étude de Hachicha et al. parue en 1995 laisse entendre que le caractère endoréique de toute la Tunisie lui a conféré une salinisation de ses ressources hydrauliques.

En effet, concernant la qualité de l'eau, la Tunisie est connue pour ses eaux salées : selon les mêmes auteurs, 30% des eaux ont une concentration supérieure à 3 g/l. Les eaux de moins de 1,5 g/l sont essentiellement des eaux potables. En agriculture irriguée, on a en premier lieu recours aux eaux de 2 à 3,5 g/l et en second lieu aux eaux de 3,5 à 4,5 g/l.

Pour illustrer la gravité du problème de la mauvaise qualité des eaux d'irrigation et leurs impacts sur l'agriculture irriguée, nous présentons en détail le cas de la Vallée de la Medjerda (VM).

1. La dégradation progressive de la qualité de l'eau d'irrigation dans la vallée de la Medjerda

Au cours des deux dernières décennies, l'intensification agricole en irrigué, le développement de l'urbanisme et des activités artisanales et industrielles dans la vallée de la Medjerda a accéléré la dégradation de la qualité de l'eau d'irrigation. Cette dégradation qualitative de l'eau d'irrigation consiste principalement en deux nuisances de taille :

- la salinité excessive pendant les années sèches

- la présence d'algues et de boue dans les réseaux d'irrigation sous pression.

Nous présentons ci-après la salinité de l'eau d'irrigation dans le système hydraulique de la Medjerda .

Entre le barrage de Sidi Salem et celui de Laroussia, quelques Oueds se versent dans la Medjerda, parmi eux l'Oued Siliana et les drains de plusieurs périmètres débouchant dans la rivière. La salinité à Laroussia est donc un peu plus élevée que dans le barrage de Sidi Salem (0,4 à 0,5 g/l en plus) et elle présente également des fluctuations inter et intra-annuelles. Le

dépouillement en 1996 par une équipe tuniso-allemande (CRDA et BMZ)[18] des observations de 3 années à Laroussia a donné les résultats suivants :

- Moyenne en été (Avril à Septembre) : 1,45 g/l
- Moyenne en hiver (Octobre à Mars) : 2,37 g/l
- Moyenne annuelle : 1,8 g/l
- Maximum (Janvier 1995) : 4,77 g/l.

En aval du barrage de Laroussia, la salinité monte encore en raison de l'existence d'importants rejets de sel dans la Medjerda, ces rejets proviennent de certains Oueds salins et des émissaires des systèmes de drainage de divers périmètres irrigués longeant la Medjerda.

En 1998, une étude de la salinité dans le tronçon "Barrage Laroussia-Kalaat Landlouss/Ras Djebel" menée par le ministère de l'agriculture a montré l'importance des différentes sources de salinité de l'eau. Ces dernières sont évaluées en période estivale à 14,4 tonnes/mois de sel pour 5,7 millions de m3 d'écoulement. Le tableau n° 10 ci-après récapitule les principales sources de pollution et leurs contributions dans la montée de la salinité de l'eau d'irrigation en aval du bassin hydrographique de la Medjerda.

Tableau n° 10 : Importance de la salinité de l'eau dans le tronçon "Barrage Laroussia-Kalaat Landlouss/Ras Djebel"

Sources de salinité	Contribution en %	Teneur en sel (g/l)
Oueds salins et émissaires de drainage	32	5 à 8
Nappes phréatiques	17	2 à 6
Eaux usées et intrants agricoles	2	----
Lachures au niveau Laroussia	49	1,7

Source : Ministère de l'agriculture, 1998.

2. Impacts de la salinité de l'eau d'irrigation sur les activités agricoles

En terme d'impact, le problème de la dégradation de la qualité de l'eau d'irrigation a été à l'origine d'une dynamique négative des systèmes de production (disparition pure et simple de certaines cultures rémunératrices telle que la pomme de terre en extrême aval de la BVM), la chute des rendements d'autres cultures et l'apparition de certaines pratiques culturales anti-salinité qui ont provoqué des coûts additionnels dans le fonctionnement économique des exploitations agricoles. Le tableau n° 11 présente des estimations de baisses des rendements (en %) dues à l'irrigation par des eaux salées dans la BVM.

[18] CRDA : Commissariat Régional au Développement Agricole.
BMZ : Bundes Ministerium für Zuzammenarbeit (Ministère fédéral allemand pour la coopération).

Tableau n° 11 : Estimation des baisses des rendements agricoles dues à la salinité de l'eau d'irrigation (en %)

Cultures	Salinité des eaux d'irrigation en g/l		
	2,4 à 3,3	2,0 à 2,5	1,7 à 2,1
Céréales	0-10	0-10	0-10
fourrages	5-15	5-15	3-10
Maraîchage d'hiver	7-12	7-10	5-8
Maraîchage d'été	15-25	10-20	6-20
Arboriculture	10-30	10-25	5-20
Agrumes	100	100	50

Source : Ministère de l'agriculture, 1998.

Le tableau ci-dessus montre que les fortes salinités peuvent rayer les agrumes de la liste des activités agricoles. L'arboriculture fruitière et le maraîchage d'été sont aussi sujets à des dégâts importants alors que le reste des activités agricoles dont notamment les céréales, les fourrages et le maraîchage sont moins affectés.

3. La présence des algues dans l'eau d'irrigation et leurs impacts sur la conduite de l'irrigation

Les algues se développent et prolifèrent dans tout le système hydraulique ouvert à savoir l'Oued Medjerda, les canaux, les réservoirs et les lacs. La température estivale, la luminosité et les éléments nutritifs contenus dans l'eau sont les facteurs favorables au développement des algues. La production algale est estimée entre 15 et 30 kg/an/m2 de plan d'eau (MA/SECADENORD, 1998). La présence d'algues et de boue dans les réseaux d'irrigation sous pression constitue une source de dysfonctionnement et de réduction des performances des équipements hydrauliques. Ces nuisances occasionnent des colmatages fréquents des filtres, des compteurs des asperseurs et des goûteurs. La remise en état des équipements d'irrigation par les agriculteurs et le personnel du CRDA (chacun en ce qui le concerne) présente des énormes coûts additionnels. Ce problème d'algues vient compromettre et pénaliser la volonté des agriculteurs à installer des équipements d'irrigation localisée et par aspersion.

4. Réaction de l'Etat face à la dégradation de la qualité de l'eau d'irrigation dans la BVM

L'amélioration de la qualité des eaux d'irrigation dans la BVM passe par deux projets programmés par l'Etat :

- un projet de qualité : salinité de l'eau visée : 1,6 g/l à 1,3 g/l ;
- un projet de filtration : piéger les transports solides et les algues et les faire évacuer des réseaux sous pression.

Le projet "qualité" commencera vers l'an 2000 avec la mise en œuvre des composantes les moins onéreuses et sera accompagné de toute une série de mesures techniques relatives à l'étude de l'évolution de la salinité des eaux et des sols, à la recherche et à la vulgarisation des variétés et pratiques culturales adaptées et au suivi agro-économique des exploitations dans les PPI de la

BVM. Le tableau n° 12 récapitule le phasage du projet "qualité" et en corollaire la salinité attendue des eaux d'irrigation.

Tableau n° 12 : Phasage des actions du projet "qualité-filtration" de l'eau d'irrigation dans la BVM et salinité correspondante

Année Période	Composante / Opération du projet	Salinité en **g/l**
Année 2 **2001**	Ouvrage de décharge installé sur le CM-CB[19] à l'aval du barrage Laroussia. Première tranche de filtration au niveau Henchir Tobias(P1), Kalaat Landlouss(P2) et Ras Djebel(p3).	**2-2,5**
Année 3-4 **2002-2003**	Injection des eaux du transfert nord dans la Medjerda au niveau de Henna et deuxième tranche de filtration.	**1,7-2,1**
Année 5-7 **2004-2006**	Réalisation du canal Bejaoua-Tobia(22 km). Conduite transfert nord-canal Tobias(25 km).	**1,3-1,6**
Année 8-10 **2007-2009**	Poursuite des mesures d'accompagnement.	**1,3-1,6**

Source : Ministère de l'agriculture, 1998.

5. Les systèmes de production dans la BMV sont-ils viables?

Selon les données de la FAO (1985), les teneurs en sels de 4 dS/M[20] dans la zone racinaire conduisent à de fortes baisses des récoltes. Le tableau n° 13 donne sous les différents volumes d'irrigation et de salinité des eaux d'irrigation les durées fort probables de l'atteinte du seuil de salinité critique des sols de 4 ds/m.

Tableau n° 13 : Durée d'irrigation (en années) pour atteindre le seuil critique de teneur en sel de 4ds/m

Salinité de l'eau d'irrigation en g/l	Doses appliquées en m3/ha			
	1700	**2500**	**3000**	**4500**
2	15	---	---	---
2,5	7	6	6	---
3	5	2	2	---
3,5	2	1	1	1

Source : Ministère de l'agriculture, 1998.

Le seuil critique de 4 ds/m peut être atteint au bout de 15 ans d'application d'un volume d'eau de 1700 m3/ha avec une salinité de 2 g/l. Pour une application d'un volume d'eau de 3000m3/ha à une salinité moyenne de 3 g/l, la valeur critique de teneur en sel du sol serait dépassée au bout de 3 ans. Pour une application d'une dose de 4500 m3/ha et à des salinités de 2 ; 2,5 et 3 g/l, la valeur critique de teneur en sel ne sera jamais atteinte. C'est uniquement avec une salinité d'eau d'irrigation de 3,5 g/l que cette situation est atteinte dès la première année d'irrigation.

[19] CM-CB : Canal Medjerda-Cap Bon
[20] Ds/m: deca Siemens par mètre : unité de mesure de la salinité de l'eau.

Face aux dangers de la montée progressive de la salinité des eaux d'irrigation et la salure des sols dans la BVM, la viabilité des systèmes de production dans la BVM est plus que jamais remise en cause. En effet, la question qui se pose est de savoir à moyen et à long terme et sans une intervention anti-salinité de la part de la puissance publique, quelle serait la composition probable des systèmes de production (en terme d'activité) ou en d'autres termes **quelles sont les cultures irriguées qui peuvent résister à la montée de la salinité ?**

Une question corollaire vient également se poser : **quand certaines cultures maraîchères (pomme de terre, etc...) peuvent-elles figurer dans les systèmes de production futurs si l'Etat met en œuvre le projet d'amélioration de la qualité des eaux d'irrigation dans la BVM ?**

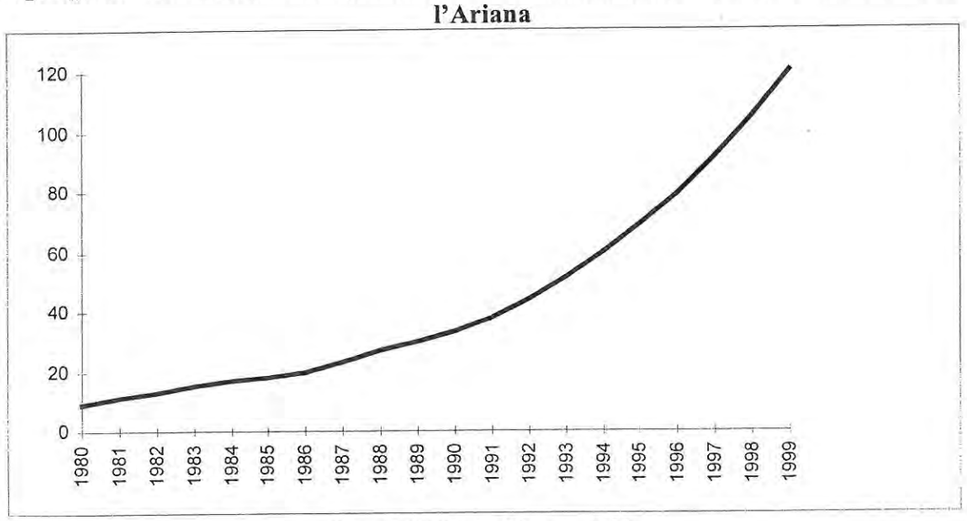
Section 3 : Politique hydro-agricole tunisienne en matière de tarification de l'eau d'irrigation

1. Principes généraux de la tarification de l'eau d'irrigation en Tunisie.

Dans la recherche d'une allocation optimale de l'eau d'irrigation, les décideurs de la politique hydro-agricole de la Tunisie ont mis en œuvre certains outils consistant essentiellement à la réhabilitation des réseaux, à l'encouragement des systèmes d'irrigation peu consommateurs d'eau (aspersion, localisée et fertigation) et à la promotion de la tarification de l'eau. Ce dernier outil a été le plus privilégié pour garantir l'utilisation optimale de la ressource rare et rompre avec l'ancien système tarifaire proportionnel ayant engendré un gaspillage d'eau et une sous-utilisation des superficies équipées.

Avant 1989, la tarification de l'eau d'irrigation en Tunisie a toujours été une tarification d'ordre socio-politique. L'eau est fournie aux agriculteurs à un prix dérisoire, presque gratuitement. La demande faite aux agriculteurs est qu'ils produisent des biens dont la nation a réellement besoin. A partir de 1989 (cf. graphique n° 1) et suite à une réforme profonde du secteur agricole, laquelle réforme est recommandée dans le cadre du PASA, qui a démarré en 1986, les agriculteurs sont constamment secoués par des mesures tarifaires qui n'ont pas cessé de changer.

Graphique n° 1 : Evolution du prix du m3 d'eau en millimes dans les PPI du CRDA de l'Ariana



Source :CRDA de l'Ariana, 1999.

2. Métamorphose tarifaire

Les augmentations dans les tarifs de l'eau d'irrigation sont décidées pour couvrir les coûts d'exploitation et d'entretien des réseaux des équipements hydrauliques relevant de la gestion de chaque CRDA.

2.1. Période 1986 à 1997

Depuis 1986, la décision a été prise d'augmenter annuellement le tarif d'eau d'irrigation afin de couvrir, jusqu'en 1995[21], les frais de fonctionnement et d'entretien des périmètres publics irrigués. Il s'agit d'une augmentation annuelle de 15% des prix nominaux et de 9% des prix réels[22].

Les prix payés par les agriculteurs sont des prix forfaitaires (prix année de base 1986) auxquels sont soumises des augmentations annuelles comme indiqué ci-dessus.

2.2. Campagne agricole 97/98

Les augmentations annuelles de 9% des prix continuent à être appliquées dans la recherche d'une couverture des charges fixes actuelles.

Cette campagne a coïncidé avec la fin d'une étude de la gestion et de la tarification de l'eau d'irrigation au niveau des périmètres irrigués. Les décideurs, en l'occurrence la direction générale du génie rural (DG/GR), a essayé d'appliquer les mesures tarifaires proposées dans une étude spécialisée en la matière[23] dans certains périmètres jugés favorables mais beaucoup de problèmes sont apparus. Par conséquent, ces mesures n'ont pas été mises en œuvre et l'application de ces propositions tarifaires (dont notamment les propositions binômes) ont été retardées au moins jusqu'en 2002.

2.3. Campagne agricole 98/99 jusqu'en 2001 : la tarification préférentielle

Vu les difficultés rencontrées sur le terrain lors de l'application des mesures tarifaires dont notamment la tarification binôme, la haute autorité étatique a réagi en date du 10 Juillet 1998. En effet, un conseil ministériel restreint, présidé par le chef de l'Etat en date du 10 Juillet 1998 a décidé d'appliquer une tarification préférentielle et ce à partir du 01/09/1998[24]. Cet arrêté stipule que les céréales, les cultures fourragères, les semences et les plants bénéficient d'une réduction de 50% du prix de l'eau et ce pour une durée maximale de 3 ans à compter de la campagne 98/99. L'augmentation du prix du m3 de l'eau de 9% en dinar constant (soit 15% en dinar courant) a été maintenue pour la pratique du reste des cultures.

[21] Selon une étude BRL-France et CNEA-Tunisie, la plupart des PPI ont un prix de l'eau à partir de 1994 très proche ou qui dépasse légèrement le coût de l'eau à l'exception des périmètres du Cap-Bon et ceux de Sousse dans le centre Est du pays.

[22] Source : ministère de l'agriculture, direction générale du génie rural, 1998.

[23] Nous faisons ici allusion à l'étude de la gestion et de la tarification de l'eau d'irrigation au niveau des périmètres irrigués faite conjointement par le CNEA et BRL ingénierie - France pour le compte du ministère de l'agriculture, direction générale du génie rural(DG/GR).

[24] Les modalités d'application de la tarification préférentielle sont détaillées dans le circulaire du ministre de l'agriculture n° 213 du 24/09/1998.

Tableau n 14 : Adaptations des structures tarifaires à la diversité des situations hydro-agro-écologiques.

Périmètres type	Structure de la tarification
Périmètres sur barrage	
* Bassin de la Medjerda * Tunisie centrale	Binôme
*Périmètres maraîchers du Sahel	Binôme
* Cap Bon	Binôme (volume de franchise transférable)
Périmètres sur forage	
* Haute et moyenne vallée de la Medjerda * Tunisie centrale *Périmètres maraîchers du Sahel	Trinôme
Oasis maritimes	
* Gabès	Binôme (sans volume en franchise)
Oasis continentales	
* Kébili * Gafsa * Tozeur	Monôme
Périmètres utilisant les eaux usées	
* Sousse * Ben Arous * Nabeul	Monôme

Source : Ministère de l'agriculture, direction générale du génie rural, 1997.

Le décideur table sur le fait que la tarification préférentielle mise en application à partir de Septembre 98 va permettre l'augmentation des emblavures céréalières, fourragères, les cultures de semences et de plants (activités consommatrices d'eau en hiver) et contribuera par voie de conséquence notamment à augmenter la production agricole en quantité des produits alimentaires de base (céréales, lait et viandes).

2.4. A partir de l'an 2002 : une panoplie diversifiée de structures tarifaires en fonction d'un découpage hydro-agro-écologique

Dans le domaine de la gestion des PPI en Tunisie, la tarification de l'eau se présente comme un outil d'orientation et de rationalisation de l'usage de l'eau d'irrigation. Les options des décideurs tunisiens compétents en la matière se résument dans ce qui suit :

- établir et ajuster des formules tarifaires adaptées aux conditions des différents périmètres ou types de périmètres (cf. Tableau n°14 ci contre) ;
- parvenir à court terme à un recouvrement complet des frais de fonctionnement et de maintenance des aménagements hydro-agricoles dans la mesure où la capacité des agriculteurs le permet.

La tarification (monôme, binôme et trinôme) paraît comme étant un outil supposé concourir à des objectifs différents : l'intérêt de l'Etat, celui de l'organisme gestionnaire et celui des agriculteurs :

-(i)l'intérêt de l'Etat investisseur pour mobiliser, transporter et distribuer l'eau, est de récupérer les coûts et notamment les investissements consentis tout en contribuant à un développement agricole permettant d'améliorer la situation alimentaire et la balance commerciale du pays ;

-(ii) L'intérêt de l'organisme gestionnaire est d'équilibrer sa gestion : entretien et maintenance des réseaux, éviter les pannes et lescoupures d'eau surtout en été, assurer les grosses réparations et le renouvellement des équipements ;

-(iii) L'intérêt de l'agriculteur est de bénéficier d'un service d'eau performant tout en payant l'eau au prix le plus bas possible.

Le choix des structures tarifaires est fonction des problèmes spécifiques de chaque type de périmètre et des objectifs fixés par les décideurs à atteindre dans chaque grand foyer hydraulique.

A titre d'exemple, nous allons parler des raisons qui ont poussé les pouvoirs publics à assigner une tarification binôme dans les nouveaux PPI de la Basse Vallée de la Medjerda (BVM).

2.4.1. Diagnostic succinct des nouveaux PPI de la BVM

Les nouveaux PPI de la BVM sont alimentés par les eaux du nord (à partir de barrage de Sidi Salem via celui de Laroussia). Ils sont relativement récents et fonctionnent sous pression. Ils sont destinés à une irrigation par aspersion et localisée mais en raison de certaines difficultés rencontrés (qualité médiocre de l'eau)[25], les agriculteurs continuent à irriguer gravitairement.

La distribution de l'eau se fait à la demande et les exploitations sont équipées de compteurs d'eau. Cependant, le taux d'utilisation de ces PPI est faible, sauf pour les grandes exploitations (DG/GR, 1997). Une grande partie de ces PPI est cultivée en sec pendant l'hiver. En été, le maraîchage draine la majorité de l'eau disponible et est souvent conduit en gravitaire.

2.4.2. Principaux problèmes des nouveaux PPI de la BVM

Les principaux problèmes des nouveaux PPI de la BVM se résument comme suit :

- le faible taux d'utilisation des surfaces irrigables, notamment en hiver, la production revêt un caractère extensif avec un système de production identique au système sans irrigation, la consommation d'eau en hiver est dérisoire, les fourrages et les céréales sont rarement irrigués ;
- un problème corollaire du problème précédent, les ventes d'eau en hiver par les services publics spécialisés sont nulles en année pluvieuse et insignificatives dans d'autres cas de figure, alors que, quelque soit le niveau de consommation des agriculteurs en hiver, le vendeur de l'eau supporte des charges fixes constantes et énormes ;
- l'obligation de mise en valeur contenue dans la loi[26] n'est pas totalement respectée ;
- les cultures maraîchères d'été sont essentiellement irriguées par gravité ;
- le prix de l'eau est légèrement supérieur à son coût actuel[27] et les revenus des exploitations sont jugées relativement confortables (DG/GR, 1997).

2.4.3. Pourquoi une structure de tarification binôme a été choisie dans les nouveaux PPI de la BVM ?

Dans les nouveaux PPI de la BVM, les objectifs que les pouvoirs publics cherchent à atteindre via une éventuelle structure tarifaire adaptée aux problèmes spécifiques de ce type de PPI sont les suivants :

- accroître la production en céréales, lait, viandes : produits alimentaires de base et dérivés de cultures consommatrices d'eau en hiver ;
- encourager l'utilisation d'autres systèmes d'irrigation plus économes en eau tel que les systèmes par aspersion et ceux localisés ;

[25] Ce volet « impact de la qualité de l'eau sur les systèmes d'irrigation » sera abordé au chapitre suivant.

[26] Dans le code des eaux, **chapitre III, article 23**, il est exigé des utilisateurs de l'eau d'irrigation mobilisée et fournie par l'Etat une maximisation de la valorisation du m3.

[27] Pour les CRDA de Bizerte et l'Ariana, la DG/GR estime qu'à partir de 1994, le prix de l'eau est proche de son coût et il le dépasse légèrement en cas d'année de forte consommation.

■ encourager l'émergence de systèmes de production plus intensifs et plus valorisateurs de la ressource.

En se référant aux objectifs ci-dessus mentionnés, il a été proposé par les pouvoirs publics **une structure de tarification binôme** avec :

■ **pour assiette de la partie fixe la superficie équipée**, ce qui permettra à la fois le respect de l'obligation de mise en valeur et de sécuriser les ressources financières des services étatiques fournisseurs de l'eau d'irrigation ;

■ **un volume en franchise en période hivernale**, du 01/11/ au 30/03, non reportable sur la période suivante si ce volume n'est pas consommé au cours de cette période. Ce volume devrait constituer, selon ces décideurs, un plancher rationnel pour inciter les agriculteurs qui n'utilisent pas l'eau durant toute la campagne ou durant une période déterminée à consommer un minimum. Ce volume a été actuellement décidé à 1000 m3/ha. Cette franchise devrait encourager la consommation d'eau en hiver et relancer par voie de conséquence l'irrigation des céréales et des fourrages d'hiver ;

■ **pas de franchise en été**, du 01/04 au 31/10, période de production des cultures plus rémunératrices. La facturation au volume consommé doit encourager une meilleure gestion de l'eau et le développement d'équipement à l'irrigation économe en eau

3. Niveaux et alternatives de tarification binôme dans la BVM

3.1. Origine de l'établissement des formules tarifaires binômes dans la BVM

Les niveaux de tarification binôme sont fonction des coûts que l'on cherche à couvrir. Deux situations sont à distinguer :

■ la couverture des charges d'exploitation telles qu'elles sont calculées actuellement[28].

■ la couverture des charges d'exploitation et la prise en compte des provisions pour le renouvellement des équipements. Par renouvellement, on entend le renouvellement des équipements hydromécaniques et électromécaniques. On suppose en effet que le génie civil n'a pas besoin d'être renouvelé dès lors que l'entretien est correctement assuré.

[28] Il s'agit à titre indicatif des charges suivantes :

■ frais de personnel technique, administratif et ouvrier, permanent ou occasionnel, affectés à l'exploitation, entretien et maintenance
■ carburants et lubrifiants pour moyens de transport, engins, etc...
■ pièces de rechanges, pièces spéciales, éléments de canalisations, produits de carrière, etc...nécessaires à la réparation ou à la maintenance des équipements et petits ouvrages.
■ matériels et machines acquis sur le budget d'exploitation tels que petits matériels électro - mécaniques, vélomoteurs des aigadiers, outillage, etc...
■ travaux de réparation, d'entretien ou autres effectués par les entreprises.
■ achat d'eau auprès de SECADENORD pour les PPI alimentés par le canal Medjerda-Cap Bon
■ taxes, PTT, eau potable, fourniture de bureau, documentation, etc...

Les propositions tarifaires binômes dans la BVM ont été multipliées à partir des deux situations antérieures précitées. ***Il faut noter ici que l'établissement des formules binômes dans la pratique ne suit aucune règle simple et unique et il faut bien admettre que tout est affaire d'interprétation et de pari sur l'avenir.***

Ainsi, les formules tarifaires binômes proposées pour les PPI de la Medjerda pour les barrages ont été établies à partir deux grandes hypothèses :

♠. **Première hypothèse : H1**

L'Etat cherche la couverture des charges d'exploitation dans le cadre de la situation moyenne actuelle (renouvellement des équipements hydrauliques des réseaux non inclus).

♠. **Deuxième hypothèse : H2**

L'Etat cherche la couverture des charges d'exploitation selon des normes tout en limitant l'accroissement des frais d'entretien et de gestion au double de ceux de la situation actuelle ; on y ajoute les provisions pour le renouvellement des équipements hydromécaniques des réseaux.

Pour chaque hypothèse, les décideurs ont examiné deux variantes :

♥. **Première variante**

C'est la variante de la prudence maximale, via laquelle l'Etat cherche la couverture des charges fixes et des charges variables des volumes en franchise par le terme fixe (**H1A** et **H2A**). Dans cette situation, l'Etat est favorisé étant donné qu'il a récupéré ses dépenses sur le terme fixe et quelque soit le niveau de consommation de l'eau, en revanche, l'agriculteur supporte presque la totalité des redevances hydrauliques sur le terme fixe et surtout en cas d'année pluvieuse, il perd de l'argent.

♥. **Deuxième variante**

La deuxième variante est une situation plus "raisonnable", selon les décideurs, pour laquelle, une partie des frais fixes est transférée sur la partie variable de la tarification en fonction d'hypothèses de consommation (**H1B** et **H2B**).

La combinaison hypothèse-variante donne lieu à 4 formules tarifaires destinées à être appliquées dans les PPI de la BVM (cf. tableau n° 15).

Tableau n° 15 : Formules tarifaires binômes proposées dans les nouveaux PPI de la BVM établies selon prix et charges de 1994

Scénario	Période	Structures et formules tarifaires[29]
H1A	Hiver	(70,5 DT X ha équipé) + ((volume.cons.hiver-(ha équipé *1000 m3)) * 36,1
	Eté	Volume consommé en été X 18,9
H1B	Hiver	(53,3 DT X ha équipé) + ((volume.cons.hiver-(ha équipé *1000 m3)) * 36,1
	Eté	volume consommé en été X 36,1
H2A	Hiver	(174,8 DT X ha équipé) + ((volume.cons.hiver-(ha équipé *1000 m3)) *18,9
	Eté	volume consommé en été X 18,9
H2B	Hiver	(122,9 DT X ha équipé) + ((volume.cons.hiver-(ha équipé *1000 m3)) *70,9
	Eté	volume consommé en été X 70,9

Source : Ministère de l'agriculture, 1998.

3.2. Discussion de l'applicabilité des diverses formules tarifaires dans la BVM selon les décideurs

Nous présenterons ci-après les points de vue des décideurs relatifs aux limites et aux degrés d'application de chaque formule tarifaire destinée à être appliquée dans la BVM compte tenu des réalités socio-économiques actuelles et tout en ne perdant pas de vue que la tarification de l'eau en Tunisie est présidée essentiellement par des considérations socio-politiques et que, quelque soit la formule tarifaire qu'on cherche à appliquer, cette dernière ne doit pas avoir des effets psychologiques négatifs auprès des agriculteurs et ne doit pas « trop les bousculer ».

Selon les responsables du CRDA de l'Ariana, l'application de la formule version « **H1A** » s'avère lourde à supporter par l'agriculteur. Il s'agit d'une formule dite « de prudence maximale » qui permet aux pouvoirs publics de récupérer la totalité des charges fixes actuelles et les charges variables afférentes aux volumes en franchise.

La volonté des services publics spécialisés dans la tarification de l'eau d'irrigation est concentrée autour de l'utilisation de la formule type « **H1B** ». Cette dernière vient combler les lacunes de la « **H1A** » en prévoyant le transfert d'un tiers des charges fixes du terme fixe vers le terme variable. En effet, les deux termes de l'équation sont jugés équilibrés. L'Etat accepte de ce fait de perdre **1/3** des charges fixes imputées dans le terme variable dans le cas où les agriculteurs n'irriguent pas. Nous détaillerons ultérieurement **(partie III, chapitre X, paragraphe 2.2.1)** la manière de dimensionner en détail la formule « **H1B** ».

La formule type « **H2A** » est une formule de la même famille que la « **H1A** ». Cependant, elle intègre, en plus des charges fixes actuelles, les charges de renouvellement des équipements hydromécaniques et électromécaniques qui, jusque là, ont toujours été exclues. Notons ici que la

[29] Ces formules sont calculées sur la base des moyennes de charges fixes et variables entre 1984 et 1994 et selon les prix de 1994.

couverture de la totalité des charges fixes que cette formule **(H2A)** est censée assurer se fait selon les normes en vigueur en matière de « gestion rationnelle » des périmètres irrigués[30].

L'application de la formule « **H2A** » s'avère difficile compte tenu des considérations socio-économiques actuelles, l'agriculteur tunisien, qui a toujours été en situation « d'attentiste et d'assisté » acceptera mal qu'on lui tarife l'eau selon des normes exogènes à son environnement.

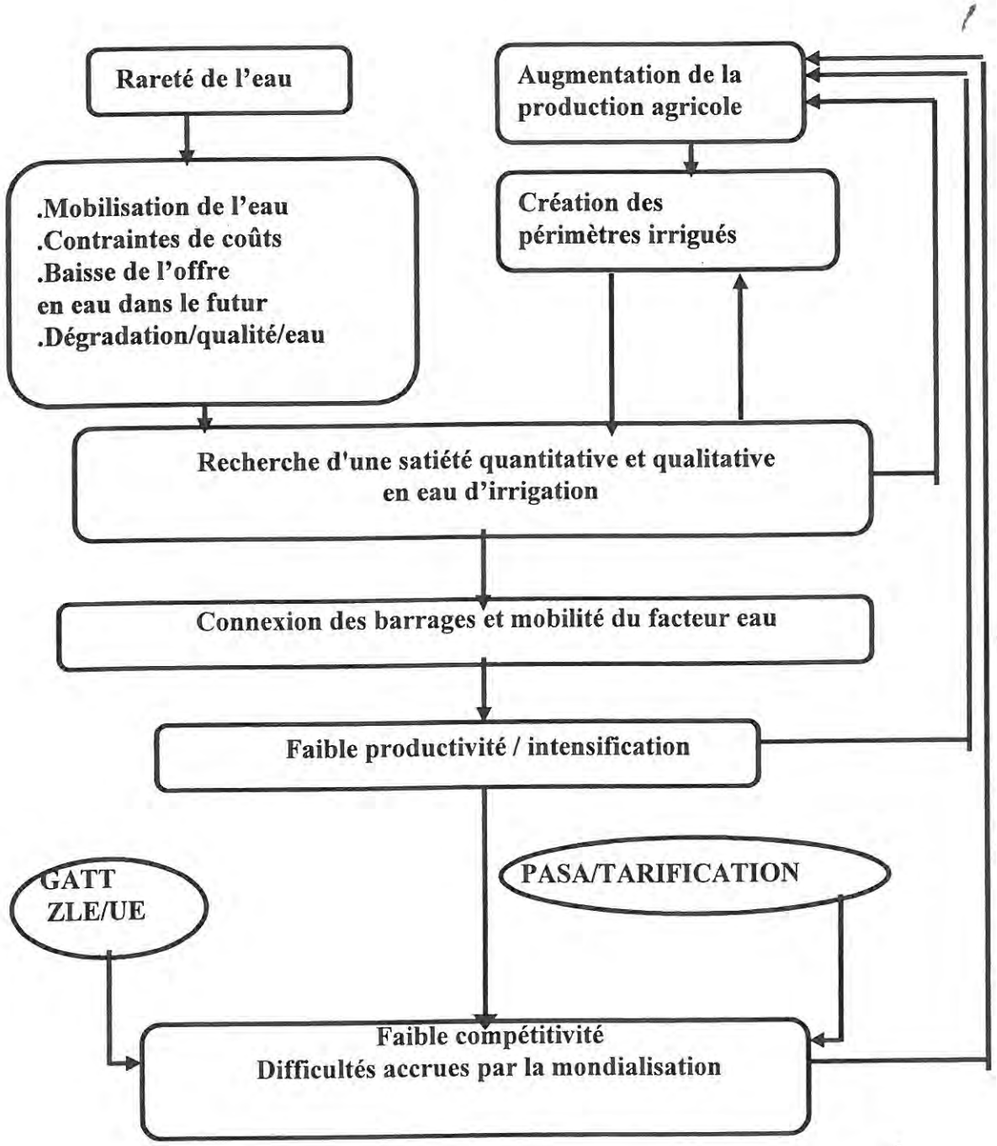
La formule « **H2B** » est de la même famille que celle « **H1B** ». Cependant elle est établie selon un calcul de charges fixes qui intègre les charges de renouvellement des équipements hydromécaniques et électromécaniques. En revanche au niveau de l'équilibrage des termes fixes et variables et des hypothèses de consommation en eau, la formule « **H2B** » est identique à « **H1B** ». C'est pour cela que les décideurs disent que son application reste du domaine du possible mais pas dans l'immédiat.

En conclusion, les pouvoirs publics veulent appliquer la tarification binôme dans la BVM. Ils ont l'intention de commencer, dans le court terme, par la formule « **H1B** » et d'enchaîner dans le moyen terme, par l'application de la formule « **H2B** ». Chez les décideurs, l'application des formules « **H1A** » et « **H2A** » est exclue à court et moyen terme. Elle peut être envisageable à long terme et après une période suffisante pour évaluer les impacts des formules « **H1B** » et « **H2B** ».

Nous estimons que notre modeste recherche contribuera à apporter des éléments de réponse relatifs à la définition de la formule tarifaire binôme qui peut être appliquer dans le PPI de Kalaat Landlouss, site de notre recherche, sans pour autant léser les intérêts des agriculteurs, des gestionnaires et de l'Etat.

[30] Dans la pratique, on utilise des normes établies par la FAO et la banque mondiale en matière de « gestion rationnelle » des périmètres irrigués.

Graphique n° 2 : Problématique générale



CHAPITRE III : PROBLEMATIQUE ET SITE DE LA RECHERCHE

Section 1 : Problématique synthétisée et objectifs de la recherche

1 . Les soucis conjugués : quantité rare et qualité médiocre ...

Bachta (1995) disait qu'en Tunisie, la limitation des ressources hydriques, sur le plan du volume comme de la qualité, constitue l'un des plus sérieux défis auquel le pays sera confronté au cours du siècle prochain.

1.1. Les aspects quantitatifs et d'allocation de la ressource

En effet, vers l'an 2000, la presque totalité des ressources hydrauliques identifiées et mobilisables aura été mobilisée et les projections font craindre de graves pénuries à partir de 2010. Du coté de l'usage agricole, la Tunisie est appelée à moderniser son secteur irrigué, à augmenter sa productivité et à accroître sa compétitivité et ce pour atteindre deux objectifs majeurs :

- assurer une satiété quantitative en produits agro-alimentaires de base au niveau du marché intérieur et avec des prix abordables compte tenu des contraintes budgétaires des ménages ;
- assurer des produits agro-alimentaires de qualité destinés à l'exportation notamment vers les pays de l'Union Européenne avec laquelle la Tunisie a signé un accord de libre échange.

Il convient donc de se préoccuper de ces situations en rationalisant les usages de tout type. Le graphique n° 2 ci-contre synthétise la problématique générale de notre recherche.

L'allocation optimale de l'eau en général et la tarification de l'eau d'irrigation en particulier sont des thèmes majeurs qui ont préoccupé les pouvoirs publics et ce à travers les VIII° et IX° plans de développement économique et social (1992-1996 et 1997-2001).

Si tout le monde s'accorde à dire que l'eau en Tunisie est un bien rare et qu'une allocation optimale de la ressource est plus que jamais indispensable pour atteindre des objectifs raisonnables, la manière de mettre en place une telle allocation optimale reste à déterminer. La tarification est ainsi proposée comme un outil privilégié pour l'utilisation optimale de l'eau. Il s'agit en fait d'éviter les gaspillages d'eau dans les réseaux et au niveau de la parcelle, et d'inciter à irriguer effectivement la totalité des superficies équipées pour rentabiliser les investissements hydrauliques et accroître la productivité de l'eau et rendre compétitif le secteur irrigué. La structure de la tarification doit inciter les agriculteurs à adopter un comportement qui soit conforme à l'intérêt général et elle doit faciliter le recouvrement des coûts de l'eau qui, seul, permet la pérennité des aménagements.

1.2. Les aspects qualitatifs de la ressource

En plus des problèmes quantitatifs aigus de la ressource viennent se greffer des nuisances d'ordre qualitatif compromettant la viabilité des systèmes de production pratiqués. En effet, la dégradation de la qualité de l'eau d'irrigation est arrivée à un stade très prononcé en aval du bassin hydrographique de la Medjerda. Dans les PPI de la BVM, la montée de la salinité a fait des ravages en terme de baisse de rendements des cultures et parfois en terme de disparition pure et simple d'autres cultures rémunératrices telle que la pomme de terre, qui jadis faisait partie des systèmes de production dans la BVM. En effet, la salinité des eaux est un élément de toxicité qui implique des baisses de rendement au niveau des cultures sensibles et modérément tolérantes.

Un autre problème qualitatif de taille devra être cité mais il n'entre pas en ligne de compte dans notre recherche. Il s'agit de la présence des algues et des boues dans les réseaux hydrauliques sous pression qui caractérisent surtout les nouveaux PPI de la BVM.

Les algues et les apports solides circulant dans les réseaux sous pression occasionnent des colmatages de filtres, des compteurs, des asperseurs et des goûteurs.

Au-delà des nuisances lors de l'irrigation, des pertes de temps et d'argent pour l'agriculteur, la présence de ces impuretés dans l'eau d'irrigation entrave l'installation des systèmes d'irrigation économes en eau et ne permet pas de rompre avec les systèmes gravitaires, source de gaspillage d'eau.

2. Objectifs et Questions de la recherche

Ce dont il est question dans cette recherche est l'étude du comportement des agriculteurs du PPI de Kalaat Landlouss, vis-à vis de la ressource en eau et la durabilité du système agraire dans la BVM vue sous les angles suivants :

- la salinité des eaux d'irrigation ;
- les diverses structures de tarification ;
- l'adéquation entre offre et demande en eau à court et à moyen terme.

Il est illusoire de penser répondre à toutes les questions précédemment posées dans les divers chapitres **I, II, et III** de notre présent travail. Cependant, les questions qui seront débattues et auxquelles nous tenterons modestement d'apporter des réponses dérivent de la question centrale suivante :

Les objectifs du développement du secteur irrigué peuvent-ils être hypothéqués ou remis en cause par une dégradation de la qualité des eaux d'irrigation et une inadéquation probable entre offre et demande en eau à court et à moyen terme ?

La réponse à cette question passe obligatoirement par des réponses à des questions subsidiaires relatives à différentes échelles d'analyse.
Notre recherche empruntera trois niveaux d'analyse :

2.1. Niveau 1 : Etude du comportement des agriculteurs

Au niveau micro-économique, les principales questions auxquelles s'attaquent notre recherche sont les suivantes :

(i) Quels sont les comportements des agriculteurs en terme de choix des activités agricoles face aux problèmes de dégradation continue de la qualité des eaux d'irrigation par la montée de la salinité ?

(ii) Quelles sont les cultures irriguées capables de valoriser une eau de salinité comprise entre 2,5 et 3,5 g/l ?

(iii) Quelles sont les stratégies des agriculteurs en terme de choix des activités agricoles :

- avec une tarification proportionnelle ;
- et en cas d'adoption de diverses structures tarifaires (préférentielle et binôme) décidées par l'Etat pour être appliquées dans les PPI de la vallée de la Medjerda ?

(iv) comment évoluent les systèmes de production face à des variations éventuelles dans les disponibilités annuelles de l'eau au niveau du PPI ?

2.2. Niveau 2 : Durabilité du système agraire

La recherche vise également à montrer que la viabilité des systèmes de production en irrigué dans la BVM est fonction de l'amélioration de la qualité des eaux d'irrigation. En effet, les systèmes de production actuels dans la BVM sont exposés à des mutations profondes et accélérées en raison de la montée progressive de la salinité des eaux d'irrigation et la salure des sols. Il s'agit de montrer que sans une intervention anti-salinité efficace et rapide de la part de la puissance publique, seules certaines cultures fourragères peuvent résister à des montées de salinité supérieures ou égales à 3,5 g/l .

Les décideurs de la politique hydraulique de la Tunisie, conscients de la menace éventuelle dans le futur d'une inadéquation entre ressources-besoins en eau ont procédé à la connexion des barrages du nord du pays. Cette politique a fait de l'eau un facteur de production mobile pour l'amener là où elle est socio-économiquement demandée. Le canal Medjerda-Cap-Bon est une illustration de ce que nous venons de dire. Les activités agrumicoles dans le Cap-Bon sont sauvées par les eaux du nord. Les sources d'alimentation des PI ou, en d'autres termes, l'offre en eau d'irrigation a été estimée d'ici l'an 2010.

De ce fait, un dernier objectif assigné à cette recherche consiste à élucider l'aspect adéquation ou inadéquation entre offre et demande en eau d'irrigation d'ici l'an 2010. La demande en eau agricole sera estimée dans un PPI de la BVM et comparée à l'offre prévue par les services hydrauliques compétents pour le même horizon de temps.

2.3 Impacts des mesures envisagées par les pouvoirs publics

2.3.1 Les objectifs de la puissance publique

La rareté de l'eau en Tunisie et les défis auxquels est confrontée l'agriculture irriguée à la veille du XXI ème siècle ont fait de la nécessité de l'allocation optimale de la ressource hydrique une condition impérative pour atteindre des objectifs longuement recherchés par l'Etat. Il s'agit de l'augmentation de la production agricole en quantité et en valeur. Cette dernière passe par l'amélioration de la productivité agricole et la maîtrise des coûts de production, ce qui génère des prix abordables à l'intérieur du pays et compétitifs dans une vision exportatrice.

La recherche d'un usage optimal de l'eau d'irrigation en terme de systèmes de production valorisateurs d'une ressource rare et de qualité médiocre constitue la préoccupation majeure des pouvoirs publics. L'augmentation de la productivité de l'eau pourrait contribuer partiellement à atteindre les objectifs précités de l'Etat.

L'utilisation de l'eau en agriculture peut être valorisée de plusieurs façons à travers notamment les choix des systèmes de production appropriés, rémunérateurs et viables.
Ces choix adéquats en terme d'assolements optimaux conjugués à une meilleure organisation de la production et de la commercialisation[31] peuvent accroître la production agricole en quantité et en valeur et contribuer à une valorisation maximale de l'eau mobilisée conformément à la législation hydraulique[32], lequel objectif est vivement recherché par l'Etat investisseur.

2.3.2. Les mesures envisagées

La tarification paraît comme étant l'outil par lequel se fait l'arbitrage des engagements entre les différents partenaires en matière de prise en charges de ces coûts. **Quel est le meilleur système tarifaire du point de vue de l'encouragement du développement agricole et du maintien de l'équilibre budgétaire de l'Etat ?**

Une réponse à cette question constitue le vif du sujet. En effet, derrière cette grande finalité explicite, une multitude implicite de solutions-objectifs sera atteinte. Il s'agit notamment :

- de l'exploitation rationnelle et durable de la ressource ;
- et l'équilibre budgétaire de l'organisme gestionnaire ;

La pertinence de l'intervention des pouvoirs publics pour lutter contre la salinité de l'eau et la salure conséquente des sols est indiscutable. La volonté de la puissance publique d'asseoir une agriculture durable et soutenable dans les PPI de la BVM s'est manifestée dans sa décision de mener à court et à moyen terme des travaux d'aménagements susceptibles d'améliorer la qualité de l'eau d'irrigation en ramenant la salinité de la ressource à des valeurs comprises entre 1,3 à 1,6 g/l. Il s'agit du projet « qualité-filtration » des eaux d'irrigation dans la BVM qui s'inscrit dans le cadre du développement progressif et continu de la zone en question.

[31] Les problèmes de commercialisation se posent d'une manière très aiguë pour les produits à marché libre.
[32] En Tunisie, le code des eaux (loi n° 75-16 du 31 Mars 1975) stipulait dans son chapitre III, article 23 que « le droit d'usage d'eau reste attaché à un fonds déterminé dans le cadre d'une utilisation basée sur la valorisation maxima du mètre cube d'eau ».

Ce projet est censé éradiquer la dynamique négative qui a touché les systèmes de production dans la BVM en terme de tendance à un mono-système de production fourrager et de permettre la possibilité de la pratique de certaines cultures rémunératrices telle que la pomme de terre, qui se sont éclipsées suite à la dégradation de la qualité de l'eau d'irrigation dans l'extrême aval de la Vallée de la Medjerda.

Section 2 : Site de la recherche

1. Pourquoi la BVM?

En Tunisie, le secteur irrigué à partir des eaux de surface s'identifie historiquement à la basse vallée de la Medjerda.

Depuis 1956, date de l'indépendance, l'Etat tunisien par le biais de diverses politiques de développement économique a visé la modernisation du pays et le développement des activités économiques stables. Dans ce cadre, il a choisi de développer et d'intensifier l'agriculture visant un objectif d'autosuffisance alimentaire. La première région aménagée pour l'agriculture irriguée était la basse vallée de la Medjerda. Cette dernière comprenait les terres fertiles laissées par les colons et surtout elle disposait d'une ressource en eau déjà mobilisée (barrage El Aroussia et Mellègue). Cette politique de développement du secteur irrigué dans la BVM s'est poursuivi jusqu'à nos jours. Dans l'actuelle décennie, il a été crée environ 12000 ha de nouveaux PPI irrigués sous pression.

Une classification des PPI établie en 1997 par le ministère de l'agriculture selon l'importance géographique situe la BVM en première position.

La BVM abrite presque le quart des superficies irriguées du pays. Si les anciens PPI dépendent à la fois des eaux de surface mobilisées par les barrages et des puits privés, les nouveaux PPI sont exclusivement alimentés par les eaux des barrages du nord. Les problèmes réels du secteur irrigué en Tunisie liés à l'eau d'irrigation sont toutes existantes dans la BVM. En effet, cette zone géographique avec ses problèmes délicats de distribution de l'eau d'irrigation (qui étaient à l'origine de la connexion des barrages et la mobilité des eaux du nord) et de la dégradation progressive de la qualité de l'eau incarne bien la problématique de notre recherche et pourrait servir de site favorable pour répondre à la grille des interrogations précédemment posée.

Un autre argument de taille qui a guidé notre choix de cette zone pour servir de champ à notre travail est la perception des décideurs de la nature des grands problèmes qui affectent les principaux PPI irrigués à partir des eaux de surface en l'occurrence, la BVM et la HMVM.

Le ministère de l'agriculture considère que comparativement aux PPI de la BVM, ceux de la Haute et Moyenne Vallée de la Medjerda (HMVM) posent peu de problèmes à la collectivité dans la mesure où des efforts sont à consentir via le conseil agricole pour une meilleure productivité de ces PPI.

2. Pourquoi le gouvernorat de l'Ariana ?

2.1. les PPI de l'Ariana : la sous-utilisation de l'eau d'irrigation

Le secteur irrigué en Tunisie souffre d'une multitude de problèmes (de structure, de fonctionnement, d'organisation, d'encadrement technique et de commercialisation). Ceci se répercute par des faibles taux d'utilisation, d'intensification et de faible productivité.

Au niveau national, le taux d'utilisation des superficies équipées dans les périmètres publics irrigués ne dépasse pas les 76%. Le taux d'intensification lui aussi est en deçà des prévisions des planificateurs (80% réalisés contre 120% minimum attendus).

Le cas du gouvernorat de l'Ariana et ses PPI de la BVM représentent bien un secteur irrigué non performant, l'allocation de la ressource rare et chère est sous-optimale (cf. tableau n° 16). Les taux d'intensification et d'utilisation sont les plus faibles de Tunisie[33].

Tableau n° 16: Situation des périmètres irrigués du gouvernorat de l'Ariana. (Campagne 1995/96)

	Périmètres publics	Périmètres privés	Total
Superficie irrigable	33230	3390	36620
Superficie irriguée	16339	3501	19840
Superficie portant 2 cultures	1710	0	1710
Superficie cult.intercal.	739	111	850
Superficie physique irriguée	13890	3390	17280
Taux d'intensification(1)	**49,2**	**103,3**	**54,2**
Taux d'utilisation(2)	**41,8**	**100,0**	**47,2**
(1) Rapport superficie irriguée/ superficie irrigable			
(2) Rapport superficie physique irriguée/Superficie irrigable			

Source : Ministère de l'agriculture, CRDA Ariana, 1997.

A coté des aspects négatifs d'utilisation et d'intensification dans le secteur irrigué à l'Ariana, viennent s'ajouter les problèmes de salinité et de gaspillage d'eau via des systèmes d'irrigation obsolètes (gravitaires) pratiqués dans les PPI du gouvernorat.

2.2. Une grande diversité dans les systèmes de production en irrigué

Le gouvernorat de l'Ariana est caractérisé par une grande diversité dans les systèmes de production en irrigué (production végétale, animale, bonne association ou intégration entre agriculture irriguée et élevage). Ce choix nous permettra de bien tester notre hypothèse relative à l'existence de diverses alternatives de valorisation de l'eau d'irrigation par le choix de systèmes de production adéquats.

Du coté pédoclimatique, et comme le montre le tableau n° 17, les sols du gouvernorat de l'Ariana (fruit d'un comblement alluvionnaire du golfe où aboutissait le fleuve Medjerda) se prêtent bien aux grandes cultures annuelles (céréales, fourrages et légumineuses) et au maraîchage (tomate, pomme de terre, artichaut, melon, pastèque, etc...). Les cultures fourragères irriguées témoignent de la pratique de l'élevage dans le gouvernorat.

[33] Source : Rapport MA/UCSEPI ; 12/1997.

Tableau n° 17 : Répartition des superficies irriguées selon les cultures dans le gouvernorat de l'Ariana (Campagne agricole 1996/1997)

	Superficie	%
Céréales	4010	15.4
Fourrages	5840	22.4
Cultures maraîchères	8330	32.0
Cultures industrielles	140	0.5
Arboriculture	7710	29.6
Cultures sous-serres	17	0.06
Total	26047	100

Source : CRDA de l'Ariana, Octobre1997.

3. Pourquoi le PPI de Kalaat Landlouss ?

3.1 Diversité des systèmes de production et importance de l'élevage laitier

Comme nous l'avions dit précédemment, une zone d'étude à systèmes de production diversifiés (végétal, animal) constitue un terrain privilégié à la conduite de notre recherche qui rappelons le, s'intéresse à identifier le ou les systèmes de productions optimaux capables de mieux valoriser l'eau d'irrigation. Tel est le cas du PPI de Kalaat Landlouss. Cependant, d'autres justifications sont également d'une grande importance et spécifiques à notre travail, il s'agit des raisons détaillées dans les paragraphes qui suivent.

3.2. L'arboriculture fruitière est négligeable.

le fait que l'arboriculture fruitière (2%[34] de superficie irrigable) ne constitue pas une composante principale dans les systèmes de production pratiqués dans le PPI de Kalaat Landlouss est une donnée favorable à notre travail. En effet, l'absence de l'arboriculture permet une souplesse dans la recherche d'une solution optimale nécessitant une réallocation de la ressource terre. Si le modèle propose une réallocation de la terre, cette réallocation sera possible sur des superficies cultivées en cultures annuelles, alors que chercher à installer des cultures sur des terrains occupés par l'arboriculture fruitière devient du domaine de l'impossible si on exclue la possibilité de pratiquer des cultures intercalaires.

3.3. Existence de 3 systèmes d'irrigation à Kalaat Landlouss

Le PPI de Kalaat Landlouss est doté d'un réseau d'irrigation sous pression. Ceci a permis la pratique des systèmes d'irrigation par aspersion et localisés, à coté bien entendu du système d'irrigation gravitaire. Cette caractéristique de réseau sous pression et de multitude de système d'irrigation sur un même site constitue encore une donnée capitale pour tester une hypothèse selon laquelle il existe diverses alternatives de valorisation de l'eau d'irrigation par le choix de systèmes de production à conduite d'irrigation différente.

[34] Le PPI de Kalaat Landlouss est estimé à 3337 ha, dont 2905 ha sur Kalaat et 432 ha sur Tobias, à l'entrée de la ville de Kalaat Landlouss. L'arboriculture fruitière ne couvre que 70 ha.

3.4. Position spatiale privilégiée par rapport au barrage de Sidi Salem

L'alimentation du PPI de Kalaat Landlouss en eau d'irrigation est prévue d'ici l'an 2010 à partir des eaux du nord, plus précisément à partir des lâchures du barrage de Sidi Salem via celui de Laroussia, puis le grand canal du nord.

Le PPI de Kalaat Landlouss dans le gouvernorat de l'Ariana comprend 3337 ha irrigués à partir des eaux du nord et répartis comme suit :

- Henchir Tobias : 432 ha
- Kalaat Landlouss : 2905 ha.

L'eau d'irrigation est pompée dans le réseau principal au niveau de la station dite $\mathbf{P_0}$.

Le plan directeur des eaux du nord prévoit la connexion totale des barrages existant dans la région vers l'an 2010 dans une optique de bonne maîtrise de l'offre de l'eau et de sa mobilité à travers le pays. Les services hydrauliques compétents au niveau du ministère de l'agriculture disposent d'études officielles prévoyant les origines de l'eau pour maintenir l'alimentation en eau de tous les PPI entre autre le PPI de Kalaat Landlouss.

La demande en eau agricole sera estimée dans le PPI et son niveau sera comparée à l'offre prévue par les services hydrauliques compétents pour le même horizon de temps.

Le fait que le PPI de Kalaat Landlouss se situe en aval du barrage de Sidi Salem, qui constitue le cœur du système des barrages interconnectés sera un site privilégié pour élucider les aspects : adéquation offre / demande en eau d'ici l'an 2010, étant donné que la tendance de l'offre en eau est à la baisse, que celle de la demande est à la hausse et que toute adéquation ou inadéquation prend naissance au niveau du barrage de Sidi Salem et dans la Vallée de la Medjerda.

Enfin, et à propos de la qualité de l'eau d'irrigation dans le PPI de Kalaat Landlouss, cette dernière est affectée par les trois nuisances suivantes :

- la teneur en sel (2,6 g/l en été et 3,28 g/l en hiver au niveau de la station $\mathbf{P_0}$) ; comme le montre le tableau n°20 ;
- la teneur en matière organique (débris d'algues) ;
- les transports solides, à la suite des fortes averses d'Octobre, Novembre et Décembre.

Les débris d'algues et les sédiments bloquent les filtres, les asperseurs et les goûteurs.

Tableau n° 18 : Variation saisonnière de la salinité au PPI de Kalaat Landlouss

Année	Salinité en g/l	
	estivale	hivernale
1994	2,49	3,2
1995	3,13	4,17
1996	2,42	2,51
1997	2,34	3,23
Moyenne	2,6	3,28

Source : Ministère de l'agriculture, 1998.

DEUXIEME PARTIE : CADRE THEORIQUE ET METHODES DE LA RECHERCHE

CHAPITRE I : LA TARIFICATION : L'INSTRUMENT LE PLUS UNIVERSEL DE GESTION DE L'EAU D'IRRIGATION

L'eau d'irrigation se gère via trois types d'instrument :

- la tarification
- les quotas
- les marchés

Si le premier outil revêt un caractère incitatif et vise un équilibre budgétaire recherché par le service gestionnaire, le second est plutôt autoritaire et œuvre pour une équité. Les marchés de l'eau se présentent comme une alternative de réallocation optimale de l'eau d'irrigation en cas d'échec des deux autres outils cités.

Dans notre travail, nous nous limiterons uniquement à l'étude de l'outil le plus universel, il s'agit de la tarification comme étant un outil incitatif d'allocation et/ou de couverture des coûts et ce selon les objectifs visés par les décideurs, responsables des fonctions d'allocation des ressources et de gestion des services publics.

Section 1 : La théorie économique et la tarification de l'eau

1. Principes généraux de la tarification de l'eau

Young (1993) a dressé en revue les différents principes de détermination des tarifs de l'eau :

- **le principe « de la capacité de payer »** fait partie des principes qui s'appuient lourdement sur le critère de l'équité. Il s'agit en effet de la règle qui a jusqu'à nos jours le plus souvent présidé à la détermination des tarifs de l'eau d'irrigation un peu partout dans le monde. Ce principe illustre bien les tarifications d'ordre socio-politiques pratiquées notamment dans les pays en voie de développement à climat aride et semi-aride (comme la Tunisie) et où l'eau constitue une ressource rare à élasticité faible (Montginoul, 1997). En général, le monopoleur se contente de récupérer une part importante ou totale des coûts d'exploitation et une part infiniment petite ou nulle de l'investissement initial.

- **le principe « de l'avantage net »,** appelé aussi parfois « principe de la rente », cherche à capter par la voie des tarifs la plus grande partie, voire la totalité dans certains cas du surplus qui échoit au consommateur. La variable clé dans le calcul des tarifs est la productivité nette enregistrée par l'utilisateur de la ressource. Ce principe a été suggéré pour déterminer le prix de l'eau d'irrigation publique et a souvent été retenu par les systèmes politiques des pays à économie fortement centralisées (Ansari, 1968, cité par Young, 1993). Le principe de l'avantage net s'accorde avec la doctrine voulant que l'eau et ses fruits appartiennent à l'Etat. La tarification basée sur les avantages nets, inspirée d'une approche déterministe et dirigiste ne revêt pas un caractère incitatif d'allocation de l'eau et constitue une violation du principe de l'équité qui

devrait entrer en ligne de compte dans tout processus d'allocation de ressource par la puissance publique[35].

■ **le principe « du coût moyen »** prévoit le recouvrement intégral des coûts en faisant payer la consommation unitaire d'après le coût moyen. Young (1993) qualifie cette tarification de juste et équitable dans la mesure où les bénéficiaires ne défraient que les coûts encourus en leur nom.

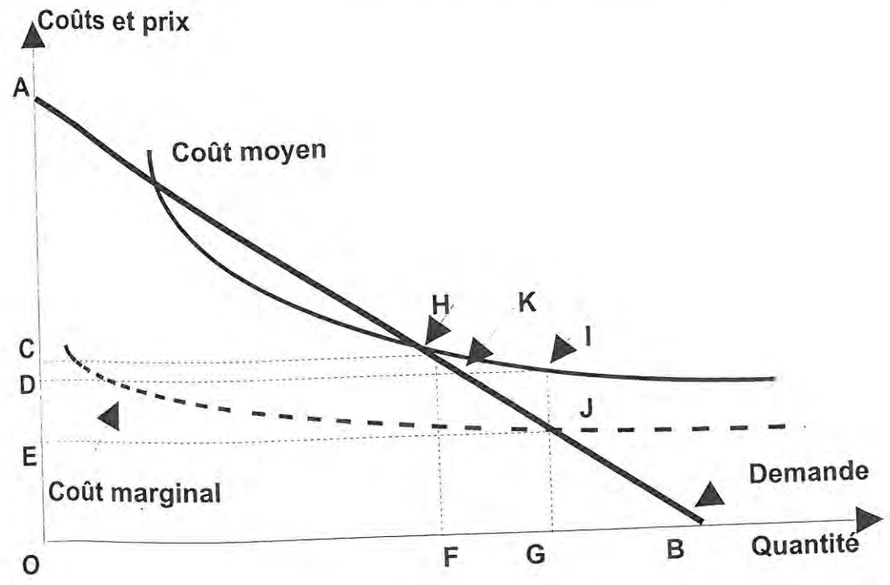
2. Les fondements théoriques de la tarification

L'offre et la demande sont les fondements de la tarification de tout bien économique. Du côté de l'offre de la ressource, le débat entre tarification au coût marginal et celle au coût moyen est très ancien.

2. 1. Que choisir entre tarification au coût marginal et celle au coût moyen ?

La théorie économique a apporté l'essentiel de la réflexion relative à l'eau d'irrigation qui a été ensuite traduite par des modalités et formules tarifaires pratiques mises en œuvre. La maximisation du surplus total (celui des consommateurs et celui des producteurs) est retenue comme critère de bien être collectif.
De ce fait, la théorie économique a préconisé la tarification au coût marginal étant donné la supériorité du surplus total engendré par rapport à une tarification au coût moyen. Le graphique n 3 décrit la situation d'une entreprise à rendements d'échelle croissants.

Graphique n°3 : Tarification et surplus de la collectivité (Montginoul, 1997).



[35] Ce point a été largement débattu dans la partie relative au rôle de l'Etat dans l'allocation des ressources et nous nous sommes fortement appuyés sur les textes de Mougeot traitant ces aspects.

En cas de tarification au coût moyen, le surplus des consommateurs est représenté par la surface **(ACH)** et le producteur n'a aucun profit. Le surplus total est donc limité à **(ACH).** Dans le cas de la tarification au coût marginal, le surplus des consommateurs devient **(AJE),** le producteur subit une perte de **(DIJE).** Le surplus total devient **(ADK).**

La surface du triangle **(ACH)** est inférieur à celle du triangle **(ADK),** ce dernier constitue un surplus qui est supérieur à celui en situation de tarification au coût moyen (la différence consiste en la surface **CHKD**).

Ainsi, la théorie économique recommande l'adoption de la tarification au coût marginal étant donnée que cette dernière emprunte une approche marginaliste et maximise par voie de conséquence le bien-être collectif et fournit un signal de rareté du bien en question.

2 .2. Limites de la tarification au coût marginal

Si la tarification au coût marginal permet d'atteindre l'efficience économique, elle est sujette à des critiques sur le fait, notamment, qu'elle est fondée sur des hypothèses très sévères et qu'elle nécessite beaucoup d'informations pour être établie, chose qui n'est pas évidente et parait « irréaliste » dans l'absolu.

En outre, la tarification au coût marginal, une fois pratiquée par tous les secteurs de l'économie permet d'atteindre le bien-être social maximal. Or, des problèmes émergent dès lors qu'il existe des rendements d'échelle croissants ou que certains monopoles se trouvent dans l'obligation de tarifer leur bien à un prix supérieur au coût marginal, de ce fait l'optimum de Pareto n'est pas atteint étant donné que l'intérêt du producteur a nuit à celui du consommateur.

Selon Mougeot (1989), une tarification au coût marginal de court terme n'est en plus valide que si :

- *l'objectif de l'Etat est l'allocation optimale des ressources,*
- *le secteur privé est parfaitement compétitif,*
- *la répartition des revenus est optimale,*
- *il n'y a pas de contrainte budgétaire de l'entreprise publique.*

Or, ces conditions sont rarement réunies dans la réalité. L'Etat est souvent guidé par des objectifs sociaux, le secteur privé en particulier connaît des situations de monopole ou d'oligopole et l'entreprise publique connaît le plus souvent des déséquilibres budgétaires.

Il faut noter également que le critère de bien être collectif retenu, en l'occurrence la maximisation du surplus total, sous entend qu'on a donné le même poids au surplus de chaque consommateur et au surplus du monopoleur alors que, dans la pratique, des préoccupations d'équité peuvent orienter les choix des pouvoirs publics.

En effet, ces derniers peuvent attribuer une importance plus grande aux intérêts des uns et des autres (cas des agriculteurs et services gestionnaires pour l'eau d'irrigation). Le critère du surplus total occulte l'aspect important des choix publics (généralement celui de l'équité) pour se focaliser exclusivement sur des préoccupations d'efficacité.

2. 3. Tarification au coût marginal et déficit budgétaire du monopole

Nous avons vu dans le paragraphe précédent que la théorie économique privilégie les raisonnements marginalistes et préconisent de ce fait la tarification au coût marginal à celle au coût moyen étant donnée que la première engendre un surplus collectif supérieur à la seconde.

Les monopoles publics constituent une catégorie d'activités à rendements d'échelle croissants. Dans le cas où un monopoleur produit un seul type de bien (cas de la mobilisation de l'eau par l'Etat), les rendements d'échelle croissants impliquent la décroissance du coût moyen à long terme et on est en situation d'économie d'échelle, qui implique à son tour que le coût marginal à long terme est inférieur au coût moyen.

En effet, la mobilisation et la distribution de l'eau impliquent des coûts énormes correspondants à la construction des barrages, des adductions, des stations de pompage principales, secondaires et tertiaires et à la réalisation des périmètres irrigués mais le coût marginal, impliqué pour fournir des m3 d'eau supplémentaires pour un périmètre une fois les réseaux en amont et en aval installés, est moins élevé.

Dans ce cas de figure, la tarification optimale qui égalise le coût marginal engendre systématiquement un déficit dans le budget du gestionnaire du bien en question. Pour combler ce gouffre financier, la tutelle du monopoleur (Etat) aura recours aux impôts collectés d'une manière ou d'une autre auprès des contribuables qui ne vont certainement pas apprécier la procédure.

Dans ce même ordre d'idée, Picard (1992) disait : « *il est donc peu réaliste de fonder la tarification optimale des monopoles publics sur un principe pouvant conduire à un déficit systématique de l'entreprise* ».

Pour les raisons ci-dessus évoquées, il apparaît plus raisonnable d'admettre que le gestionnaire du bien est astreint à respecter une contrainte d'équilibre budgétaire. De ce fait, il est souhaitable que le financement des coûts de production du bien soit couvert par des recettes au moins équivalentes. Cette mesure devient alors une contrainte qu'il faut respecter lors de la définition de toute politique tarifaire.

Pour illustrer cette situation, nous présentons un exemple cité par Picard (1992) dans lequel il a traité le cas d'un monopole public qui produit un bien économique en quantité **Y** et dont la fonction de coût s'écrit :

$$CT(Y) = CF + cY \qquad (3)$$

avec :

CT : le coût total du niveau de production **Y**
CF : le coût fixe dans le processus de production de **Y**
c : le coût marginal
Y : quantité de bien produite.

Le coût de production constitue donc la somme d'un coût fixe **(CF)** et d'un autre variable **(cY).** Le coût marginal **c** est supposé constant et il est toujours inférieur au coût moyen **(c+CF / Y).**

Si **p(y)** correspond à la fonction de demande inverse, dans **le graphique n°4**, la tarification au coût marginal conduit à produire **Y*** avec :

$$p(Y^*)=c \qquad (4).$$

Cette tarification au coût marginal engendre un déficit égal aux coûts fixes **(CF),** représenté par la surface du rectangle **(ABCD).**

Si le monopoleur ou sa tutelle fixe un tarif unitaire égal au coût moyen, il produit alors $\overline{\overline{Y}}$ avec un prix :

$$p(\overline{\overline{Y}}) = c + CF/(\overline{\overline{Y}}) \qquad (5)$$

Si $p(Y_0)$ désigne le prix correspondant à une production Y_0, les marges sur coûts variables sont égales :

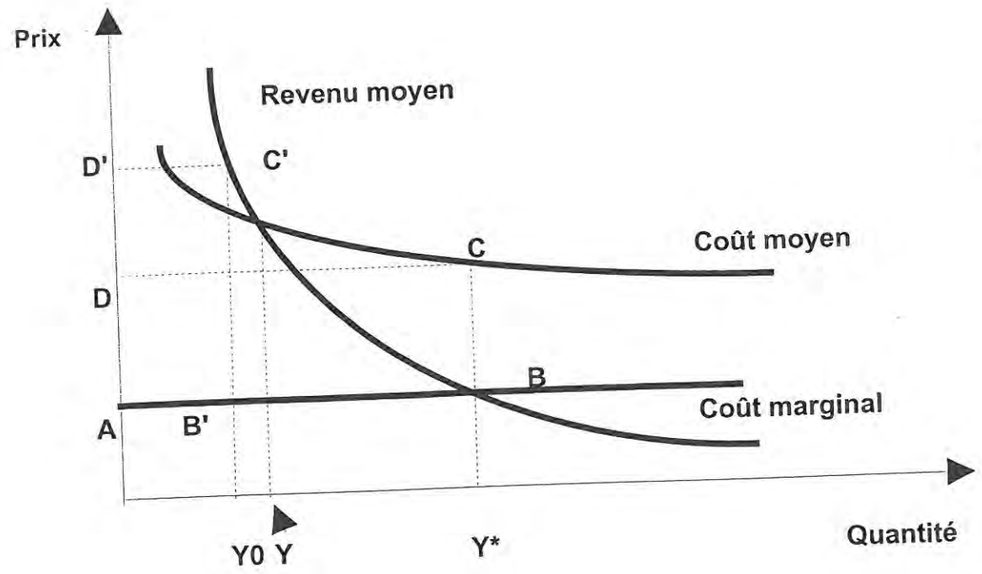
$$[p(Y_0)-c] * Y_0 \qquad (6)$$

et correspondent à la surface du rectangle **(AB'C'D').**

Le profit total s'obtient en déduisant le coût fixe **(CF)** du montant **(AB'C'D')** alors que le surplus total correspond à la surface hachurée dont on déduit le coût fixe **(CF).**
Ce surplus est maximum lorsque $Y_0 = Y^*$ (principe de la tarification au coût marginal) mais la contrainte d'équilibre budgétaire interdit de dépasser le niveau de production $\overline{\overline{Y}}$.

Dans son analyse de la situation, Picard (1992) conclut en désignant $\overline{\overline{Y}}$ **comme une solution de moindre mal** puisque le surplus de la collectivité y atteint son maximum dans le sous-ensemble $[0, \overline{\overline{Y}}]$ des productions compatibles avec l'équilibre budgétaire de l'entreprise.

Graphique n°4 : Tarification au coût marginal et déficit du monopole en cas de rendements d'échelle croissants (d'après Picard, 1992).



Section 2. : Les modalités pratiques de la tarification de l'eau d'irrigation

1. Les préalables du choix d'un système tarifaire

L'un des préalables importants à la mise en place d'un système tarifaire consiste à la connaissance de la sensibilité de la demande en eau par rapport à son prix ou par rapport à une variation dans les composantes d'une structure tarifaire donnée.

1.1. Détermination de l'élasticité prix

L'élasticité **(e)** de la demande d'un bien ou service donné **(Q)** par rapport à son prix **(P),** dite le plus souvent élasticité prix est définie de la manière suivante :

$$e_{Q/P} = \frac{\partial Q / Q}{\partial P / P} \quad (\text{lorsque } \partial P \to 0) \qquad (7)$$

Elle constitue en fait le rapport entre les variations en pourcentage de la quantité demandée et du prix. Cependant, cette définition n'est pas très opérationnelle. C'est pourquoi, on procède autrement pour calculer l'élasticité prix. Ainsi, lorsque la fonction de demande est connue, l'élasticité est égale à la pente de la représentation logarithmique de cette courbe. Etant donné les discontinuités possibles des fonctions de demande, l'utilisation des élasticités d'arc s'impose. Il s'agit de prendre le prix moyen comme prix de référence, pour calculer les variations de prix, et la quantité moyenne comme base pour la mesure du pourcentage de variation de la quantité.

Connaissant deux points **M1(Q1, P1)** et **M2(Q2, P2)** de la courbe de demande, l'élasticité d'arc M1M2 s'écrit alors :

$$E_d = \frac{[Q_2 - Q_1] / [(Q_1 + Q_2)/2]}{[P_2 - P_1] / [(P_1 + P_2)/2]} = \frac{[Q_2 - Q_1] / [Q_1 + Q_2]}{[P_2 - P_1] / [P_1 + P_2]} \qquad (8)$$

Le calcul de l'élasticité d'arc exige la connaissance de deux prix et de deux quantités.

1.2. La fonction de demande en eau d'irrigation et l'horizon temporel

Dans le domaine de l'irrigation, la détermination de la sensibilité de la demande en eau par rapport au prix passe par la prise en compte de certains paramètres. Nous allons les décrire brièvement en se basant sur l'analyse approfondie faite par Montginoul (1997) et se rapportant aux principaux déterminants dans la détermination de la sensibilité de la demande en eau par rapport au prix de l'eau d'irrigation. Les principaux paramètres sont énumérés comme suit :

- **l'horizon de l'étude** : le court terme correspond à une période où l'assolement ne peut être modifié, à moyen terme, l'agriculteur choisit un assolement, alors que le long terme est réservé aux décisions d'adopter l'irrigation et d'investir dans le matériel et éventuellement dans le foncier ;

- **la partie de la courbe de demande dans laquelle on se situe** : la valorisation des premières unités est nettement supérieure à celle des dernières unités consommées ;
- **l'ampleur de la variation du prix** : plus le prix initial est élevé, plus la demande est sensible
- **le niveau de rareté de la ressource en eau** : la rareté de la ressource induit la rigidité de la demande, tel est le cas des pays arides et semi-arides ;
- **le revenu des exploitations** : la rareté de la ressource et l'activité agricole de survie sont à l'origine de la rigidité de la demande en eau ;
- **le type des cultures** : la rigidité de la demande en eau est fonction de la valeur ajoutée des cultures, plus celles-ci ont une valeur ajoutée forte ; mois la demande est sensible face à une variation de prix et vice versa ;
- **le comportement des agriculteurs** : chaque type d'agriculteur a une fonction de demande propre.

Michalland (1995) distinguait entre :

- la demande en eau des agriculteurs à court et à moyen terme ;
- et la demande en eau à long terme.

La fonction de demande en eau à court et à moyen terme se fait en supposant que l'agriculteur était déjà équipé en matériel d'irrigation et que sa demande en eau ne dépendait que du choix de l'assolement et de la conduite de l'irrigation, surtout en terme de dose appliquée. A long terme, les choses sont différentes. L'agriculteur doit non seulement choisir son assolement mais surtout le type d'activité à développer et les investissements matériels et fonciers conséquents.

1.3. Comment définir la fonction de demande en eau d'irrigation ?

Dans la pratique, les outils de prévision et de calcul de la demande en eau d'irrigation sont de deux types :

- les modèles économétriques
- les modèles de simulation de comportement.

Les premiers s'appuient sur des séries chronologiques. Cependant, les séries nécessaires sont rarement disponibles en particulier pour le domaine de l'irrigation dans les pays dits « en voie de développement ». Les seconds permettent de s'affranchir du problème de l'indisponibilité de longues séries jugées nécessaires en simulant via des modèles le comportement des agriculteurs aussi bien au niveau individuel qu'au niveau agrégé.

Il paraît ainsi extrêmement important qu'une attention particulière soit portée à la sensibilité de la demande par rapport au prix de l'eau afin de savoir si telle structure tarifaire ou telle autre revêt un caractère incitatif ou autoritaire dans le processus global de l'allocation de la ressource.

Comme solution, les modèles de simulation sont tout à fait adaptés à ce genre d'investigation. En effet, l'objectif principal du modèle de comportement est de calculer l'élasticité prix de la

demande en eau d'irrigation et de se procurer un outil d'analyse des aspects stratégiques, tel que l'impact agro-économique d'un changement de prix ou de structure de tarification.

En ce qui concerne les modalités pratiques pour la détermination des fonctions de demande en eau, on distingue selon Michalland (1995) les estimations :

- **directes** : la consommation en eau est calculée pour différents prix de l'eau ;
- **indirectes** : les valeurs duales de la ressource sont calculées pour différentes valeurs de volumes d'eau, ceci suppose qu'on est en situation de système d'irrigation autre que celui de la demande.

Dans notre cas, étant donné que le système d'irrigation est à la demande, nous opterons ultérieurement à l'estimation directe qui prend en compte la variation de la consommation d'eau en fonction de différents prix assignés à la ressource.

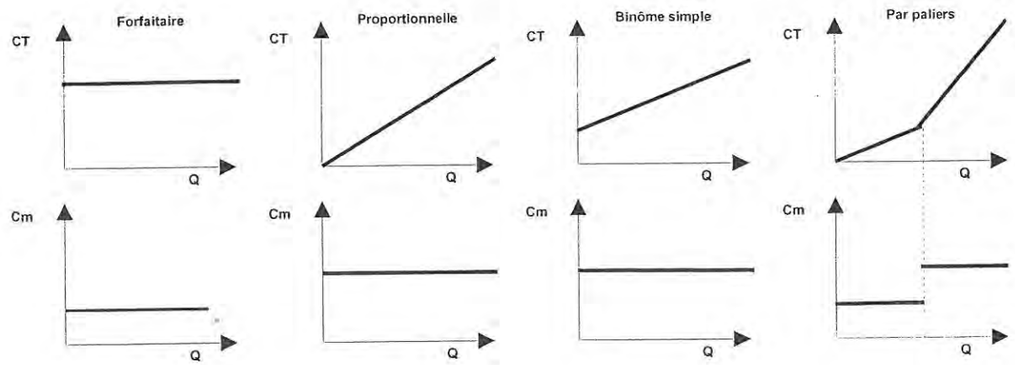
2. Principales structures tarifaires

Une tarification repose au niveau théorique, sur les quantités demandées et offertes du bien à tarifer. Les assiettes les plus souvent rencontrées dans le cas de la tarification de l'eau sont de deux types :

- la surface irriguée,
- et le volume consommé.

Montginoul (1997) a dressé le schéma suivant récapitulant les principales structures tarifaires rencontrées dans la pratique.

Graphiques n° 5 : Structures de tarification



avec :
Q : la quantité d'eau consommée
CT : le montant total de la facture payée par l'agriculteur
Cm : le prix (en unité monétaire/m3) d'une unité supplémentaire d'eau consommée.

Lorsque le volume d'eau consommée constitue la base de la tarification, l'efficience est maximale en revanche cette structure ne permet pas au gestionnaire de combler son déficit budgétaire, la superficie est de ce fait privilégiée et n'est pas équitable (de ce point de vue, une tarification forfaitaire ou binôme est préférée).

Le tableau n° 19 récapitule une comparaison des différentes assiettes de tarification par rapport aux objectifs envisageables.

Tableau n° 19 : Objectifs et bases de la tarification

	Efficience	Equité	Equilibre budgétaire
Volume	Maximale	Faible	Mauvais
Superficie	Faible	Bonne	Elevé
Binôme	Bonne	Bonne	Bon

Source : MAMVA[36] du Maroc, cité par Montginoul, 1997.

3. Le choix de la structure tarifaire

Dans la panoplie des mesures de développement agricole du secteur irrigué, l'instauration d'une tarification est un processus complexe dont le résultat pratique, à savoir la structure tarifaire à appliquer, doit rester simple, compréhensible et peu coûteuse à mettre en œuvre.

L'application d'un système de tarification suppose que soit définie une assiette et que les mesures soient claires et incontestables. Cette possibilité de mesurer est essentielle (DG/GR, 1997).

Les principales assiettes de la tarification de l'eau sont la surface irriguée et la quantité d'eau consommée. Si la première tarification est forfaitaire par hectare et est souvent adoptée dans les systèmes gravitaires où l'offre en eau est peu contrôlée, la seconde est alors uniquement proportionnelle, dite aussi dans la pratique monôme, et est fonction du volume d'eau consommée. Elle peut être aussi binôme simple (prise en compte à la fois de la surface irriguée et de la consommation), ou par paliers, avec des tarifs différents selon la quantité d'eau consommée. La tarification par paliers correspond aussi dans la pratique, à ce qu'on appelle tarification trinôme. L'utilisation de cette dernière est par exemple projetée en Tunisie pour être appliquée dans les PPI de la Tunisie centrale, là où les sources d'eau sont souterraines. Les pouvoirs publics veulent protéger les nappes contre les pompages anarchiques et limiter par voie de conséquence les risques de leurs surexploitations et de leur épuisement. Le tableau n° 20 ci-dessous récapitule les principales structures tarifaires et leurs assiettes correspondantes.

[36] Ministère de l'agriculture et de la mise en valeur agricole au Maroc.

Tableau n° 20 : Quelques structures de tarification de l'eau d'irrigation

Appellation		Bases de la tarification		
théorique	**pratique**	**terme unique**	**Deux termes**	
Forfaitaire	Forfaitaire	nombre.ha irrigués	terme fixe	terme variable
proportionnelle	monôme	volume consommé	-	-
à deux parties	binôme	-	superficie équipée impliquant un volume en franchise	Volume supérieur à la franchise en hiver et volume consommé en été facturés sur la base d'un prix fixe
Par paliers	trinôme[37]	-	superficie équipée impliquant un volume en franchise	Deux tranches avec chacune un prix différent[38]

Source : Elaboration personnelle d'après la bibliographie consultée.

Les différentes structures de tarification de l'eau d'irrigation présentent chacune des avantages et des inconvénients pour la collectivité, le gestionnaire de la ressource en eau et les agriculteurs.

4. Le débat entre tarification strictement proportionnelle et tarification binôme

La prise en compte des charges fixes dans les processus de tarification est à l'origine des controverses entre tarification proportionnelle (représentative de la tarification au coût marginal préconisée par la théorie économique) et tarification binôme. Si la première est capable de maximiser le bien-être collectif mais engendre un déficit de budget dans le cas d'une entreprise en situation de rendements d'échelle croissants, la seconde tarification en incluant les charges fixes vient combler les lacunes de la première solution résidant dans des conditions marginales de non convexité liées à l'existence des charges fixes. Dans le cas de l'eau d'irrigation, une augmentation de la distribution de l'eau sous-entend une baisse du coût marginal alors que les charges fixes demeurent inchangées quelque soit le volume d'eau pompée et refoulée dans le réseau de distribution au niveau d'un PPI.

La solution idéale pour maximiser le bien-être collectif est de tarifer au coût marginal et de couvrir le déficit par voie fiscale. Toutefois, cette solution n'est pas équitable, les charges fixes étant couvertes par des individus qui ne consomment pas le bien tarifé. Picard (1992) prenait position en faveur de la tarification binôme. Il disait à ce propos : *« le système des tarifs optionnels – type « binôme »- peut conduire à une augmentation du surplus des usagers par rapport à une tarification uniforme, tout en préservant l'équilibre budgétaire de l'entreprise ».*

[37] Le terme trinôme ici est utilisé lorsque le nombre de paliers est égal à deux.

[38] La tarification trinôme revêt un caractère dissuasif. En effet, la tranche 1 correspond au besoin en eau des productions courantes avec un matériel d'irrigation performant, la tranche 2 concerne les volumes supplémentaires.

S'agissant d'une comparaison entre les tarifications proportionnelle et binôme attaquée sous l'angle de l'équité, l'efficience d'une tarification binôme est supérieure à celle d'une tarification uniforme en cas de rendements d'échelle croissants (Ng et Weisser, 1974, cités par Montginoul, 1997).

En effet, pour le cas de l'eau d'irrigation tarifée en binôme, plus l'entreprise[39] vend l'eau, plus les coûts fixes seront couverts[40] et plus le coût marginal diminue du fait de la baisse des coûts variables.

5. Approche discriminatoire et tarification non linéaire

5.1. Approche discriminatoire et bien-être

L'économie du bien-être met traditionnellement l'accent sur des mesures qui maximisent le bien-être de la collectivité, telles que la somme des surplus des producteurs et des consommateurs.

Des approches récentes posent la question de savoir si chaque agent économique est strictement avantagé ou désavantagé par une structure de prix (Phlips, 1983).

Le même auteur explique qu'au niveau agrégé, les théorèmes classiques sur le bien-être ne laissent aucune place à la discrimination des prix et occultent par voie de conséquence les différents éléments de différenciation des produits (éléments spatiaux et temporels, différences de qualité et de goût, etc...) qui rendent possibles et profitables la discrimination des prix.

Un bon nombre d'économistes sont hostiles à ce genre d'approche et perçoivent la discrimination par les prix comme une défaillance du fonctionnement des marchés. Phlips (1983) répond à ce genre de réaction en disant que le rejet de l'approche discriminatoire est injustifié dans la mesure où les hypothèses d'homogénéité des produits et d'absence de pouvoir de monopole sont totalement irréalistes.

S'agissant des avantages qu'offre une tarification diversifiée et optionnelle par rapport à une autre uniforme, Picard disait en 1992 : « *l'utilisation simultanée de plusieurs tarifs binômes ou d'un tarif binôme et d'un tarif uniforme (ou proportionnel) permet de mieux adapter la structure tarifaire à la diversité des situations dans lesquelles se trouvent les usagers* ».

Dans ce même ordre d'idée, Phlips (1983) expliquait que les techniques de prix non-linéaires telles que les tarifs à deux parties (un droit d'entrée fixe, plus un prix constant à l'unité) et les tarifs par blocs (prix différents pour des demandes de plus en plus grandes) permettent de révéler les préférences des consommateurs et de fournir des signaux quant à leurs demandes et à leur disposition à payer le bien en question.

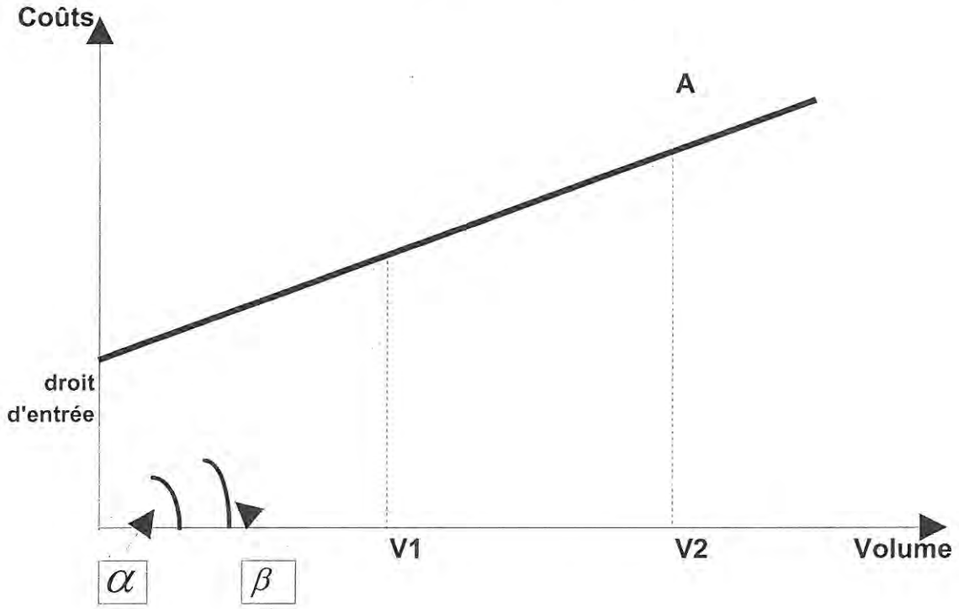
En illustration des idées de Picard et de Phlips, nous citons l'exemple du ministère de l'agriculture en Tunisie qui a dressé des structures tarifaires différentes en fonction d'un classement hydro-agro-écologique qui tient compte des spécificités socio-économiques de chaque zone (cf. Tableau n°14 dans la partie I).

[39] L'hypothèse de situation de rendements d'échelle croissants est implicite.
[40] Lorsque le nombre des abonnés augmente, le taux de couverture des charges fixes augmente.

5.2. La tarification binôme : un cas de discrimination de deuxième degré et de tarification non linéaire

La tarification **binôme,** appliquée dans notre cas de figure à l'eau d'irrigation constitue à la fois une tarification **non linéaire** et une **discrimination au deuxième degré** étant donné que le coût moyen par m3 d'eau consommé n'est pas constant mais dépend des quantités totales achetées. La tarification trinôme est un exemple encore plus explicite. Pour illustrer ces propos, nous allons commenter le graphique n° 6, élaboré à partir du schéma de Phlips (1983).

Graphique n° 6 : Courbede dépenses non linéaires



La droite **A** résulte de l'application d'un tarif binôme. L'ordonnée à l'origine constitue le terme fixe, une sorte de droit d'accès à l'eau d'irrigation alors que la pente est égale au coût marginal (lui même égal au prix marginal uniforme). Bien que le prix marginal soit constant (le prix du m3 d'eau supplémentaire au volume en franchise est constant, quelque soit le volume consommé), le prix moyen du m3 ne l'est pas.

En **V1**, le prix moyen est mesuré par α, en **V2**, le prix moyen est β.

En fait, à chaque point de la droite correspond un prix moyen différent. Pour que le prix moyen soit constant, c'est à dire pour obtenir un prix uniforme, il faudrait que la droite des dépenses passe par l'origine et que l'on soit en situation de tarification proportionnelle.

La droite A est donc non linéaire, en ce sens, toute augmentation de quantité implique une chute de la valeur de l'angle α, tel que $\alpha > \beta$, et on peut encore imaginer un angle ω, tel que $\alpha > \beta > \omega$. De ce fait, le prix moyen est directement proportionnel à la valeur de l'angle.

5.3. Choix théorique optimal des termes d'une tarification binôme

Dans une formule de tarification binôme, deux termes définissent les coûts que peut supporter un consommateur suite à son utilisation du bien à prix non linéaire. Il s'agit de la valeur du droit d'accès à la consommation du bien et du règlement des quantités réellement consommées de ce bien.

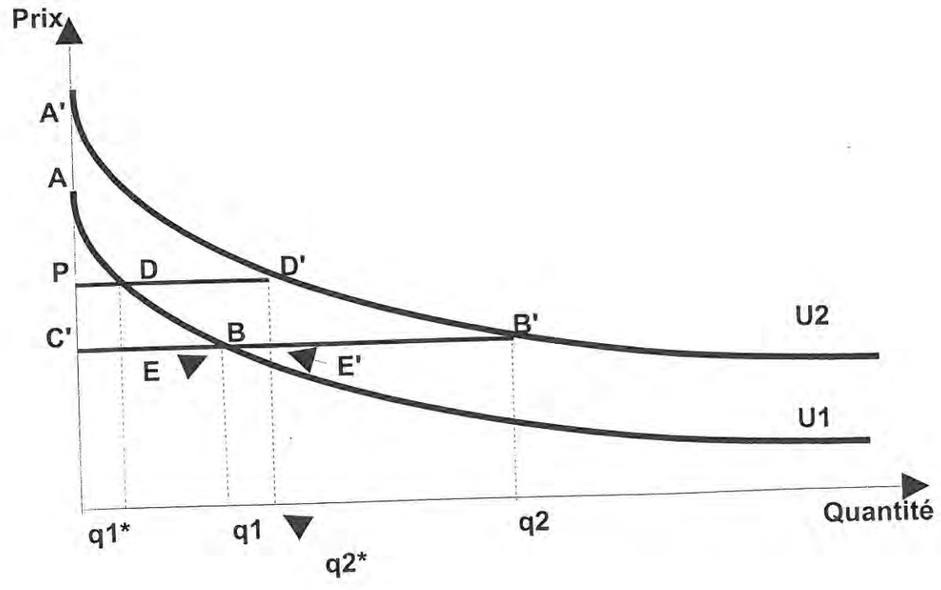
La double question pertinente qu'il faut se poser est : quel est le niveau optimal des droits d'accès à l'usage du bien et quel est le prix optimal des quantités consommées ?

Pour répondre à cette double question, nous nous placerons du côté de l'offre et dans une situation proche de celle de la gestion de l'eau d'irrigation où les décideurs utilisent plutôt des critères de justice sociale que des critères d'optimalité lors de l'allocation de la ressource.

En effet, pour des raisons morales et éthiques, la puissance publique ne tolère pas un traitement inégal des agriculteurs susceptible d'exclure certains d'entre eux. C'est la raison pour laquelle les droits d'accès à l'eau d'irrigation sont pour tous égaux. Le prix de facturation des consommations est le même pour tous les agriculteurs. Le principe de la tarification binôme paraît en plus de son efficience, équitable.

Nous prenons l'exemple de deux consommateurs avec des demandes à utilité constante U1 et U2 représentées dans le graphique n°7.

Graphique n°7 : Optimisation des termes d'une tarification binôme (Source : Oi, 1971, cité par Phlips, 1983).



Lorsque le prix d'une unité est égal au coût marginal **C'** (supposé constant), le surplus dont bénéficie le premier consommateur est égal à la surface du triangle **ABC'.** Le droit d'accès (à la consommation du bien en question), assimilé à un terme fixe **TF**, le plus élevé qu'on puisse exiger est égal à **ABC'**, puisque tout droit d'accès supérieur à **ABC'** éliminerait le premier consommateur du marché. Le profit total est alors de **2(ABC')**, puisqu'on ne retire aucun profit des unités, le coût marginal de production étant constant.

Une question pertinente se pose : ***il s'agit de savoir si le monopoleur a mieux à faire sous la contrainte d'un traitement uniforme de tous les consommateurs*** ? La réponse est évidemment non. Il pourrait être plus profitable de réduire le droit d'accès uniforme **TF** et d'augmenter **p** au-delà du coût marginal à un niveau **P**.

A ce niveau **(P),** le premier consommateur demande **q*1** unités (au lieu de **q1**) et il est prêt à payer un droit d'accès **TF** inférieur ou égal à **ADP**. Les profits tirés du premier consommateur sont réduits de **DBE**.

Quant au second consommateur, il paie maintenant le même droit d'entrée réduit **ADP** et contribue pour une somme complémentaire de **PD'E'C'** (pour **q*2** unités) au profit du monopoleur. Par rapport à la première situation (**TF=ABC'** et **p=C'**), il y a une augmentation de **DD'E'B**.

Au total, les profits du monopoleur augmentent si la surface du « pseudo-trapèze » **DD'E'B** excède celle du triangle **DBE.** ***Le prix optimal p*** *pour* ***le monopoleur*** *est celui qui* ***maximise*** *la différence entre les surfaces du* ***« pseudo-trapèze »*** *et du* ***triangle***.
A l'inverse, ***le prix optimal*** *pour les consommateurs* ***(les agriculteurs*** *dans notre cas de figure, est celui qui* ***minimise*** *la différence entre* ***DBE*** *et* ***DD'E'B*** **.**

CHAPITRE II : METHODES UTILISEES DANS LA RECHERCHE

Section 1 : Approche systémique et modélisation

1. L'exploitation agricole et les notions de système et de modèle

Comme démarche scientifique, l'approche systémique et ses concepts (système agraire, système de production, système de culture, assolement, système d'élevage et système irrigué, etc...) pourra nous aider à comprendre et à analyser le comportement des agriculteurs chaque fois que l'Etat intervient dans les processus de production. Dans la pratique, nous nous limiterons à l'analyse des systèmes de production, des assolements et des systèmes d'irrigation pilotés par les agriculteurs.

Toute mesure de politique agricole doit nécessairement reposer sur une analyse approfondie des mécanismes de fonctionnement technique et économique du secteur. Une analyse de la profitabilité et de la compétitivité des productions animales ou végétales peut aider à mieux comprendre l'évolution économique du secteur agricole face aux changements de la conjoncture économique (Michael.R, Chavas.J.P et al ; 1991).

Les fonctions économiques des agriculteurs et les objectifs des politiques agricoles se prêtent bien aux modèles d'optimisation. Le principe du modèle d'optimisation est de rendre maximum une fonction objectif (telle que somme –ou espérance de la somme– des marges brutes au niveau de l'exploitation) sous un ensemble de contraintes techniques, économiques et juridiques permettant de déterminer –toujours pour le cas des exploitations– les assolements optimaux et la consommation d'eau correspondante.

Damais (1994) disait que « *la modélisation des systèmes de production est un lieu de dialogue entre macro-économiste et agro-économiste et elle s'avère être un moyen de développer la réflexion sur l'articulation micro et macro ; et que des solutions très opérationnelles pouvant être mises en œuvre dans des systèmes d'aide à la décision restent cependant à identifier* ».

De ce fait, l'approche de la modélisation à l'aide de modèles d'optimisation permet d'analyser les exploitations agricoles en maximisant leurs profits sous contraintes. De même, au niveau sectoriel et/ou régional, les décisions des politiques agricoles sont supposées rechercher une allocation optimale des ressources économiques sous contrainte de la rareté ou autres contraintes.

En économie agricole, la programmation mathématique est un cadre de modélisation particulièrement adapté pour l'analyse des choix productifs des agriculteurs et de l'effet des politiques agricoles sur ces choix (Jacquet, 1999).

La programmation linéaire constitue une des méthodes qui permet l'évaluation des effets et des impacts de différents scénarios de politiques agricoles sur les exploitations (Boussard et al, 1974). La technique de la programmation linéaire permet d'avoir une approche de l'ensemble de l'exploitation et de tenir compte des limites de faisabilité liées aux techniques disponibles et aux ressources physiques, économiques et financières de l'exploitation.

La structure générale de la formulation mathématique (algébrique) des problèmes de programmation linéaire est la suivante :

Maximiser $Z = \sum_{j=1}^{n} c_j . X_j$

sous contraintes que

$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} . X_j \leq b_i$ pour tout i (i=1, ..., m)
et $X_j \geq 0$

avec

Z= fonction objectif à maximiser

X_j = niveau de l'activité **j**
c_j = coefficient d'objectif de l'activité **j** ;
a_{ij} = besoins en ressources **i** pour produire une unité d'activité **j** ;
b_i = disponibilité de la ressource **i**

Selon Jacquet (1999), la programmation linéaire semble être mal adaptée à la demande de conseil des agriculteurs, qui ne cherchent généralement pas à raisonner l'ensemble de leurs choix productifs, mais à tester quelques hypothèses de changement dans un système déjà déterminé.

De nos jours et s'agissant du conseil de gestion, les modèles de programmation linéaire ont cédé la place à d'autres techniques qui se disent plus respectueuses du décideur, et de sa rationalité. A cet effet, d'autres modèles se sont mis en place. Il s'agit des modèles de simulation, ou des modèles à base de connaissances, qui permettent d'analyser les procédures et les règles de décision de l'expert et/ou de l'agriculteur (Attonaty, Soler, 1992).

Dans la famille des outils décisionnels en économie et en plus des modèles de simulation dont nous venons de parler, il existe une autre classe de modèles à base d'inférence statistique. Il s'agit des modèles économétriques. Ils constituent un cadre alternatif d'analyse capable d'estimer des paramètres sur la base d'enregistrements réalisés sur de longues périodes. En effet, la validité des paramètres estimés dans un modèle économétrique augmente proportionnellement avec la longueur des séries chronologiques utilisées. De telles informations sont généralement peu ou pas disponibles dans les pays en voie de développement et lorsqu'il s'agit en plus des données concernant l'irrigation. Tel est le cas du secteur irrigué en Tunisie et c'est la raison pour laquelle, nous avons écarté l'utilisation de l'approche économétrique de la gamme des outils utilisés pour venir à terme de la présente recherche.

2. Le risque en agriculture

2.1. Notions de risque et d'incertitude dans le processus de la production agricole

La production agricole est fortement tachée de risque et d'incertitude. Cependant, il y a une différence entre le risque et l'incertitude. Une incertitude échappe à tout calcul de probabilité, en revanche, un risque peut être estimé selon des observations statistiques antérieures. Ces dernières peuvent donner une idée sur un résultat futur tel que l'estimation des rendements des cultures.

Dans l'agriculture, il y a au moins deux types de situation de risque :

- un risque d'ordre naturel ;
- et un risque d'ordre économique et social.

Pour mieux expliciter la notion du risque, nous allons nous référer aussi aux travaux de Mollard (1994). L'auteur considère que « *le risque est une notion globale, qui rend solidaire les systèmes de cultures entre eux, ainsi que l'exploitation agricole avec ses environnements socio-économiques et institutionnels* ». Deux types de risques sont à distinguer selon le même auteur :

- **le risque dilué** : les pratiques culturales forment un ensemble où chaque composante prendra en charge une part du risque global. La compréhension des performances d'un système de culture passe obligatoirement par la prise en compte de son rôle particulier dans le processus de la gestion globale du risque ;
- **le risque partagé** : le risque est étroitement lié aux environnements socio-économiques et institutionnels. Le développement des filières agro-alimentaires (en amont et en aval) dans les pays occidentaux incite les agriculteurs à l'intensification et à la pratique des itinéraires techniques performants, dans les pays en voie de développement, les agriculteurs ne peuvent pas s'engager dans une intensification forte étant donné la fragilité et le risque qui affectent les filières dans lesquelles ils opèrent.

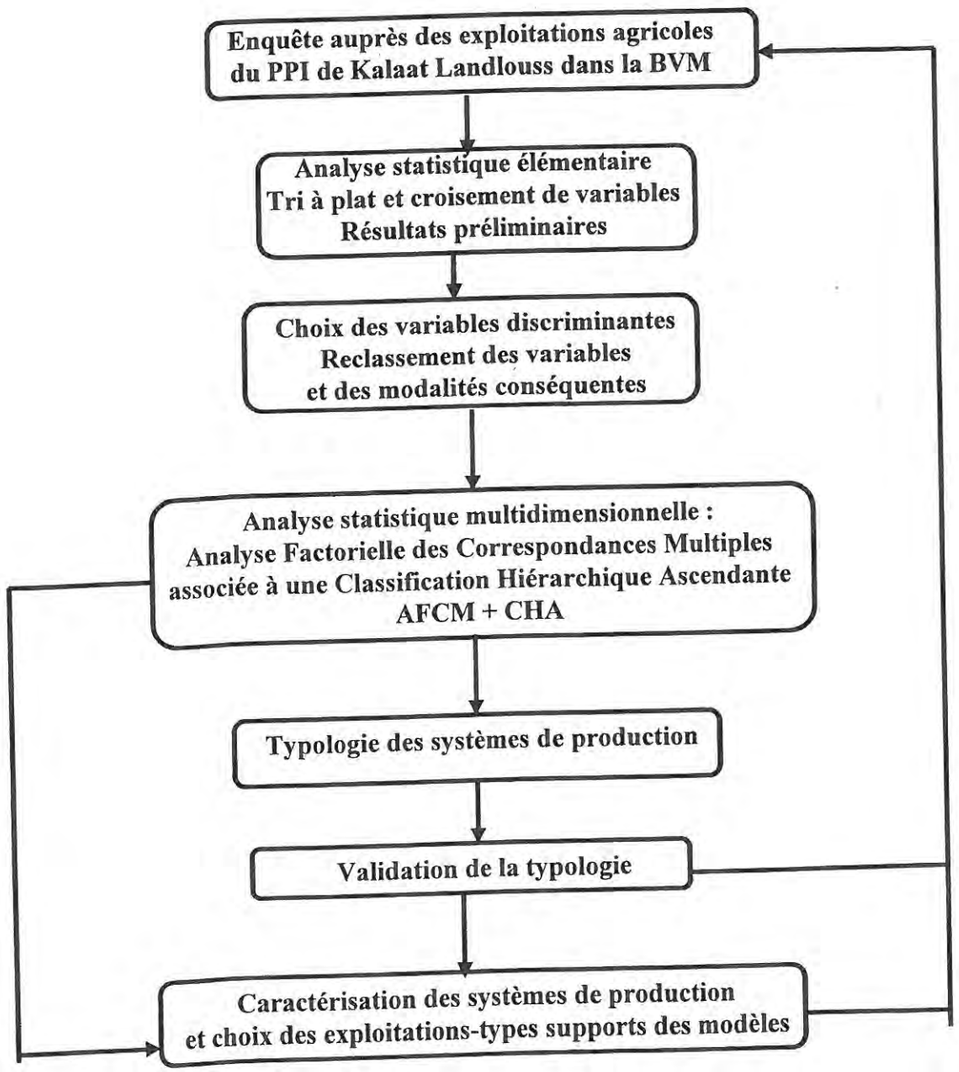
2.2. Modélisation et risque en agriculture

Boussard (1987) laisse entendre qu'au niveau des exploitations agricoles, la modélisation en soi n'est pas une finalité mais plutôt un moyen pour analyser les contraintes qui pèsent sur les décisions des agriculteurs étant donné que ces derniers prennent des décisions « optimales » indépendamment de la fonction objectif. L'auteur disait : « *il est beaucoup plus important de savoir sous quelles contraintes les agriculteurs prennent leur décisions, que de savoir ce qu'ils maximisent* ».

Les formalisations probabilistes restent peu opératoires et peu explicatives du processus de décision en économie agricole (Mollard, 1994). En effet, les pratiques agricoles constituent un système régulé. Les règles de décision sont fonction des situations particulières. La diversité dans les pratiques paysannes témoigne que les approches mathématiques ne peuvent pas prévoir la diversité des réponses des agriculteurs face au risque.
Dans ce même ordre d'idée, Jacquet (1999), disait que les limites de la programmation mathématique sont de taille non négligeable. En effet, l'utilisation de la programmation linéaire

est avant tout normative. Elle occulte le plus souvent des contraintes essentielles à la compréhension des motivations des agriculteurs, et notamment leurs attitudes vis à vis du risque, elle conduit parfois à préconiser des solutions difficilement applicables.

Graphique n°8 : Méthodologie spécifique au montage de la typologie.



Section 2. : Aspects pratiques de la recherche

1. Montage de la typologie des exploitations

Le graphique n° 8 ci-contre retrace les principales séquences méthodologiques spécifiques au montage de la typologie des exploitations agricoles dans le PPI de Kalaat Landlouss.).

1.1. Méthodologie et déroulement de l'enquête

1.1.1. Elaboration du questionnaire

Une enquête doit être considérée comme un processus progressif, dont la clé de voûte est l'élaboration du questionnaire. De la qualité du questionnaire dépend en effet celle des informations recueillies, et donc la richesse, l'intérêt et la pertinence des analyses ultérieures.

La collecte des informations s'est déroulée auprès des agriculteurs, des décideurs centraux, régionaux et locaux. Les services para-étatiques tels que les groupements interprofessionnels, les entreprises étatiques ou privées ayant une relation avec le thème de notre recherche ont été consultés.

L'élaboration d'un questionnaire pertinent suppose une bonne connaissance préalable de la zone d'étude. Pour bâtir les questionnaires d'enquête au niveau des exploitations agricoles, nous avons commencé par des entretiens semi-directifs auprès de personnes ressources couvrant toutes les catégories d'agents économiques impliqués dans le secteur irriguée.

1.1.2. L'échantillon

L'échantillonnage dans une enquête constitue une étape de grande importance à laquelle il faut accorder une attention très particulière car elle conditionne en grande partie la qualité des résultats obtenus, surtout si ces résultats servent de base pour tester des mesures de politiques agricoles. Conscient de l'utilité du choix de l'échantillon dans la recherche d'une représentativité acceptable d'une population, il a été décidé[41] de mener notre enquête auprès des agriculteurs de l'échantillon suivi par la sous-direction des études et du développement agricole du CRDA de l'Ariana.

La stratification est faite sur la base des cartes d'Etat major à l'échelle 1/250.000 et elle divise le gouvernorat de l'Ariana en sept grandes strates, à savoir :

- la strate des « **PI** » avec deux sous-strates, une première pour les PPI sur barrages et une seconde relative aux zones potentiellement irrigables par

[41] La décision de mener les enquêtes auprès de l'échantillon aléatoire suivi par le CRDA de l'Ariana a été prise lors de la réunion tenue le 08/09/1998 au siège du CRDA de l'Ariana. Ont pris part à cette réunion, en plus de l'intéressé, Messieurs :

- Bachta de l'INAT, co-encadreur de la présente recherche ;
- Fekih, chef de service des statistiques agricoles au CRDA de l'Ariana ;
- Hadri, sous-directeur des études et du développement agricole (DEDA) au CRDA de l'Ariana .

pompage à partir de l'Oued Medjerda, ainsi que les zones irrigables à partir des eaux souterraines (puits et forages) ;

- la strate « **arboriculture** » qui se divise en trois sous-strates (olivier, vigne et autres vergers) ;
- la strate culture annuelle avec moins de 15% d'arboriculture ;
- la strate « **culture mixte** » (arboriculture et cultures annuelles pratiquées conjointement et dans des proportions voisines) ;
- la strate « **bois et forêts** » ;
- la strate « **broussailles, alfa et H*madhas* »**, elle regroupe les broussailles, les plantes salicornes, les terres alfatières mais aussi certaines terres montagneuses dénuées de toute végétation.

L'échantillon est choisi au hasard dans la sous-strate des PPI à partir des eaux des barrages.
L'échantillon en terme de surfaces segmentées est repéré au début sur carte d'Etat major au 1/250.000, puis identifié sur des photos aériennes au 1/80.000 (mission 1985) qui seront ensuite agrandies au 1/20.000. Ce travail minutieux de cartographie se conclut par une délimitation approximative et anonyme des exploitations agricoles sur les photos aériennes. Cette délimitation sera découverte et identifiée sur le terrain conjointement avec les techniciens de l'opération de l'échantillonnage et les techniciens locaux.

Dans notre cas de figure, l'échantillon enquêté dans le PPI de Kalaat Landlouss comporte 54 exploitations, le taux de sondage est de 11,25%[42] et nous avons réussi à enquêter 93 %[43] de l'échantillon en question.

1.1.3. Traitement des données et analyse des résultats

L'analyse des résultats commence par un travail de dépouillement des questionnaires : les questions sont traitées une à une, les réponses sont codées de manière à pouvoir être saisies sur ordinateur. Dans le cas de questions « ouvertes » (dont les réponses ne sont pas définies au préalable dans le questionnaire), une liste exhaustive des réponses est établie, puis des regroupements effectués afin d'obtenir des classes homogènes pouvant être codées.

Le tri à plat

La suite de l'analyse consiste à analyser les résultats question par question. Cette forme d'analyse, appelée « tri à plat », permet de dégager les grandes tendances des résultats, ainsi que d'éliminer les réponses peu intéressantes (réponses unanimes, non significatives du fait du faible taux de réponse, ...).

Le croisement de variables

Dans un second temps, sont recherchées des corrélations entre variables prises deux à deux. Cette phase, appelée « croisement de variables », consiste à identifier par exemple si un type de réponse est plutôt caractéristique d'un secteur, d'un Douar, d'une famille, d'agriculteurs ou d'éleveurs ou de toute autre variable d'identification des individus. Elle permet également d'analyser si les réponses à deux questions distinctes sont liées ou indépendantes.

[42] Calcul fait sur la base de 480 agriculteurs actuellement sur le PPI de Kalaat Landlouss.
[43] 4 agriculteurs ont refusé de répondre à notre questionnaire.

Cette phase permet donc de dépasser l'analyse des simples moyennes, qui masquent souvent de fortes disparités au sein de l'échantillon enquêté, et donc de mieux mettre en évidence des types de décisions, de comportements, de courants d'opinion et d'identifier les profils types des exploitations ou des exploitants représentatifs de ces stratégies et ces comportements.

L'analyse factorielle des correspondances multiples associée à une classification hiérarchique ascendante : instruments de la typologie.

Sans enter dans les détails, cette méthode (**AFCM** associée à une **CHA**) permet de mettre en évidence des groupes d'individus partageant les mêmes dotations en moyens de productions, les mêmes décisions ou comportements, ou en d'autres termes les mêmes allocations des facteurs de production. Elle permet également de mettre en exergue les réponses expliquant aux mieux ces groupements, à partir de l'étude des corrélations au sein de l'ensemble des réponses du questionnaire. Les calculs, nombreux et complexes, sont effectués sur ordinateur (logiciel **LISA**).

L'analyse par la méthode **AFCM** que nous venons de présenter n'a concerné que les variables. La classification hiérarchique **(CH)** va intéresser les individus. Les individus réels ne correspondent jamais exactement aux tendances, mais se situent de manière intermédiaire.
A cet effet, la **CH** constitue une deuxième méthode qui vient compléter l'analyse **AFCM**.
L'objectif de cette méthode est d'effectuer, à partir de l'ensemble de données de départ, des groupements qui soient à la fois bien différenciés les uns des autres vis-à-vis des variables et bien homogénéisés vis-à-vis des caractéristiques essentielles de cet ensemble de départ, sans introduire une déformation importante. L'**AFCM** et la **CHA** aboutissent à la construction de la typologie recherchée.

2. La construction des modèles

Dans notre cas, l'analyse économique de l'usage agricole de l'eau dans le PPI de Kalaat Landlouss revient à construire :

2.1. Des modèles individuels de base

Les groupes de la typologie des exploitations agricoles du PPI de Kalaat Landlouss vont être reproduits dans une première phase dans des modèles de base stochastiques statiques avec le maximum de fidélité et de réalisme quand aux aspects pratiques du fonctionnement des exploitations.

Les types d'exploitation sont utilisés pour représenter les différents agriculteurs et leur dotations en ressources autres que l'eau étant donné que le système d'irrigation est à la demande et qu'une contrainte « eau » au niveau individuel n'existe pas. La contrainte « eau » sera formulée au niveau du PPI pour tester différents types de politiques de tarification de l'eau.

2.2. Un modèle stochastique, statique au niveau du PPI

Ce modèle de base est censé reproduire le fonctionnement technique et économique actuel des exploitations agricoles du PPI **sous une contrainte de disponibilité annuelle de l'eau au niveau du PPI** en tenant compte d'une certaine qualité d'eau et par voie de conséquence à

certains résultats économiques correspondants (activités pratiquées et rendements correspondants en fonction de la salinité de l'eau d'irrigation). La tarification qui sera utilisée dans le modèle de base est la tarification proportionnelle, soit 0,105 DT/M3).

2.3. Des modèles de simulation individuels

Les modèles de base individuels vont servir de supports pour construire d'autres modèles de simulations intégrant transversalement l'amélioration graduelle de la qualité de l'eau en terme de baisse de la salinité des eaux d'irrigation et les retombées bénéfiques attendues. Il s'agit de modèles individuels, statiques, stochastiques et comparatifs. L'horizon de temps utilisé dans la comparaison des résultats des modèles est de 7 ans (1998-2004).

Nous visons essentiellement le suivi de l'évolution et la dynamique des systèmes de production en rapport avec l'évolution de la salinité de l'eau d'irrigation et l'application des tarifications préférentielle et binôme dans le PPI de Kalaat Landlouss.

2.4. Estimation des fonctions de la demande en eau d'irrigation

L'évolution de la demande en eau sera estimée pour chaque système tarifaire. Le coté adéquation entre offre en eau et demande du PPI sera également traité dans le temps. Pour ce faire, nous présenterons ci-après les modalités pratiques que nous allons utiliser pour venir à terme de ce volet de notre recherche.

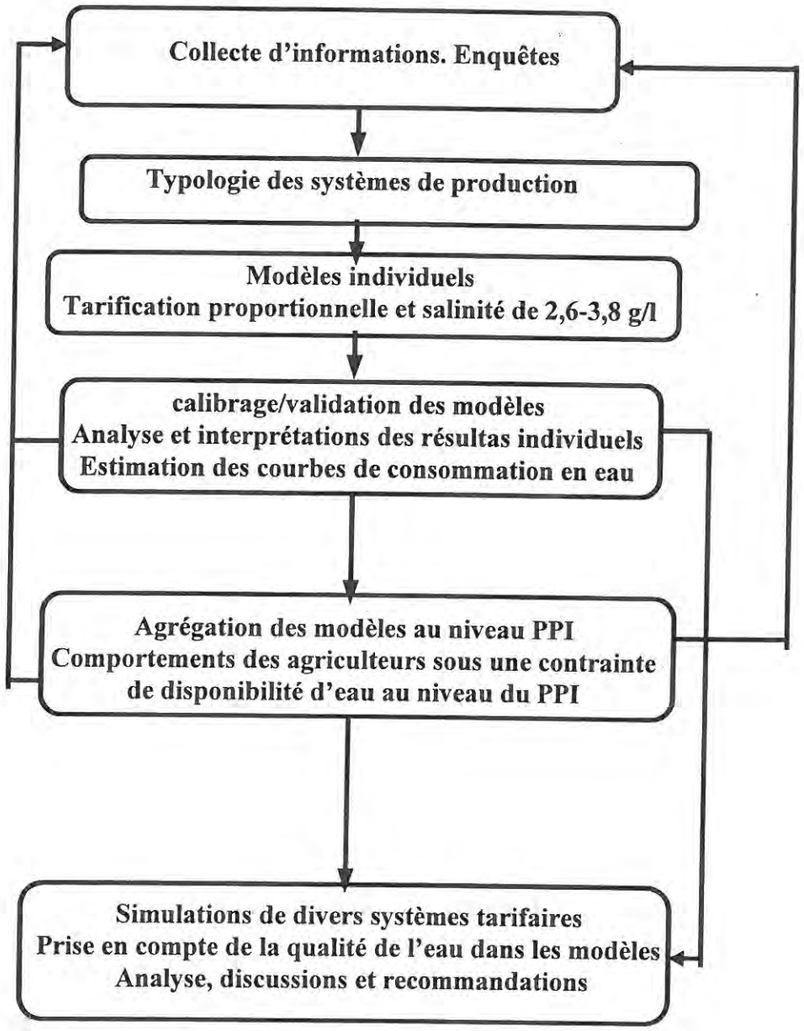
Nous avons dans cette partie, au chapitre **I,** section **2**, présenté les méthodes directes et indirectes utilisées dans l'estimation des fonctions de demande en eau. Dans notre cas, étant donné que le système d'irrigation au PPI de Kalaat Landlouss est à la demande, nous allons opter pour l'estimation directe qui prend en compte la variation de la consommation d'eau en fonction de différents prix assignés à la ressource. L'utilisation de la méthode indirecte suppose l'existence d'une contrainte sur la disponibilité de la ressource à une échelle individuelle, ce qui n'est pas le cas d'espèce dans notre travail.

Et toujours dans ces justifications des outils que nous allons ultérieurement utiliser, l'étude de la sensibilité de la demande d'irrigation par rapport aux prix ou aux différents systèmes tarifaires se fera dans le cadre des modèles individuels. Ceci nous paraît plus raisonnable étant donné que les modèles micro-économiques illustrent le comportement de chaque type d'agriculteurs et que les fonctions de demandes en eau d'irrigation sont spécifiques à chaque type d'exploitants.

La construction d'une fonction de demande agrégée lisse l'hétérogénéité des systèmes de production dans le PPI et pose le problème de la tarification comme instrument incitatif (Montginoul, 1997).

Le graphique n° 9 ci-contre récapitule les principales séquences méthodologiques relatives au montage de la typologie et des modèles de comportement des exploitations agricoles dans le PPI de Kalaat Landlouss.

Graphique n°9 : Méthodologie générale



3.Limites méthodologiques

3.1. Limites de la typologie

La typologie, support des modèles des exploitations agricoles du PPI de Kalaat Landlouss a été montée selon une analyse statistique multidimensionnelle. Cet outil d'analyse, lui a conféré une certaine rigueur, en d'autres termes, elle est rigide et ce caractère n'a pas été sans effet par la suite sur les modèles de comportement élaborés. Rappelons qu'au niveau de la classification hiérarchique ascendante des individus de notre échantillon d'agriculteurs, les groupes **3** et **4**, qui ont servi par le suite de support pour les modèles des exploitations des types **E3** et **E4** sont apparus les derniers, et tout groupe qui se distingue à la fin d'une partition hiérarchique est un groupe non original, en d'autres termes, il est difficilement caractérisable. Par conséquent, le calage de son modèle ne sera pas aussi évident que le modèle d'un groupe qui surgit en tête d'une classification hiérarchique tel que le modèle du type **E1**, relatif aux grandes exploitations polyvalentes.

Les mouvements de transfert de la terre entre les exploitations agricoles n'ont pas été intégrés dans les modèles et ce en raison de l'indisponibilité de données socio-éco-foncières. En d'autres termes, notre typologie ne reconnaît pas l'absentéisme dans le PPI et ne répond pas aux questions suivantes :

- quelles sont les origines et les niveaux des terres louées ?
- quelles sont leurs destinations ?

3.2. Limites des modèles

Les informations relatives aux variations des rendements des cultures en fonction des apports différents de l'eau d'irrigation et intégrés dans les modèles sont du type empirique et ce en raison de l'indisponibilité de données « sérieuses » découlant de modèles agronomiques spécifiques en la matière.

Quant aux données relatives à l'évolution des rendements des cultures en fonction de l'amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation en terme de baisse de salinité, nous avons utilisé des données dressées par l'ingénieur conseil allemand mandaté par le ministère de l'agriculture (AHT : Agrar und Hydrotechnik) et l'ex-centre de recherche du génie rural, actuel INGREF en Tunisie.

La caractéristique principale de ces données réside dans le fait qu'elles sont élaborées dans des parcelles d'expérimentation irriguées toutes selon le mode gravitaire, alors que dans notre PPI, les systèmes d'irrigation sont diversifiés. Les céréales et les fourrages sont conduites en aspersion. Les cultures maraîchères alternent entre le gravitaire et le localisé et ce selon le types d'exploitations. Les rendements en situation de plein champ (grandeur réel) seront certainement différents de ceux enregistrés en situation d'expérimentation.

Ici, un thème de recherche important peut être envisagé dans le futur, il s'agit d'utiliser des modèles agronomiques -type Cropsyst- qui peuvent prédire les variations des rendements en fonction des niveaux différents de salinité de l'eau d'irrigation.

La même remarque est valable pour les données qui ont servi à écrire les diverses équations relatives à l'alimentation animale. Les données que nous avions intégré dans nos modèles relèvent simultanément des pratiques de deux agriculteurs types retenus dans chaque groupe de la typologie et des pratiques locales telles qu'elles nous ont été présentées par le service vétérinaire local. Dans la réalité, chaque exploitation a ses propres contraintes en matière d'alimentation du bétail. Les contraintes peuvent être d'ordre foncier (taille de l'exploitation), financier (trésorerie) et technique (assistance vétérinaire non gratuite en matière d'alimentation des bovins).

La technologie dans le processus de l'irrigation a été considérée constante et ce jusqu'en 2003. En réalité, même si la qualité de l'eau est médiocre et n'encourage pas à installer des équipements d'irrigation localisée, quelques agriculteurs sont tentés de bénéficier des subventions allouées à l'économie de l'eau (40 à 60% de l'investissement selon la taille de l'exploitation) en irriguant les cultures maraîchères en goutte à goutte et en changeant les asperseurs (plus performants avec un débit plus faible que l'actuel) pour le cas des fourrages et des céréales. Si ce changement a lieu, les emblavures vont augmenter, notamment en année du type **N2** dans les exploitations des types **E1**, **E2** et **E4**.

L'avant dernière limite des modèles consiste en l'impossibilité actuelle d'intégrer des variations en terme de modalités pratiques, qui vont toucher le secteur de la production laitière dans le futur. En effet, les prix du lait dans le futur proche (vers l'an 2002) vont dépendre certainement de sa qualité.

Nous disons ceci, parce que si l'orientation générale et dominante actuelle du PPI est laitière, rien ne permet catégoriquement de dire que la situation demeurera pareille à partir de 2002. Si les exploitations du type **E3** et **E4** étaient exclues de la sphère laitière suite à l'application de cahiers de charges rigoureux en matière d'alimentation et de conduite des bovins laitiers, il y aurait éventuellement une redistribution des activités de production dans le PPI de Kalaat Landlouss. Les systèmes de production actuels peuvent muter et les ratios actuels de maraîchage peuvent varier, même si la contrainte main-d'œuvre en terme de charges salariales est déjà actuellement très active ; cela pèsera très lourd dans les choix futurs des agriculteurs.

Finalement, nous dirons, que dans notre approche, le cadre d'analyse était statique et comparatif. Cependant, les modèles dynamiques et récursifs de comportement sont aussi un bon outil pour mieux appréhender la dynamique dans les systèmes de production irrigués et sont par conséquent générateurs de résultats plus précis.

TROISIEME PARTIE

TYPOLOGIE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES DANS LE PPI DE KALAAT LANDLOUSS ET DESCRIPTION DES MODELES CORRESPONDANTS

CHAPITRE I : TYPOLOGIE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES DANS LE PPI DE KALAAT LANDLOUSS (REGION : BASSE VALLEE DE LA MEDJERDA).

Section 1 : Analyse statistique multidimensionnelle

1. Choix des variables support de l'AFC

Pour réaliser l'AFC, nous avons retenu 15 variables dont 9 qualitatives et 6 quantitatives. Les variables sont éclatées en 44 modalités. La définition des variables et des modalités conséquentes est détaillée au tableau n° 21 ci-contre.

1.1. Les variables structurelles

Les variables structurelles retenues sont les suivantes :

* la superficie irrigable totale ;
* la main-d'œuvre familiale permanente ;
* la main-d'œuvre temporaire salariée ;
* les unités femelles bovines (vaches laitières et génisses) ;

♦ La variable : superficie irrigable totale **(SUP)** a été gardée pour caractériser structurellement les exploitations.

♦ La main-d'œuvre familiale permanente **(MOP)** intervenant sur l'exploitation d'une façon permanente a été retenue également pour voir si la disponibilité quantitative suffisante ou insuffisante de la main-d'œuvre familiale influence respectivement l'adoption de tel ou tel système de production.

♦ Le recours à la main-d'œuvre temporaire a été retenu comme variable structurelle qui peut éventuellement caractériser les exploitations pratiquant surtout le maraîchage.

♦ La variable : cheptel **(BOV)** regroupe les effectifs des vaches laitières et des génisses pleines ou aptes à la reproduction. L'importance de cette variable est capitale dans l'identification d'un éventuel système de production laitier et dans la régulation du fonctionnement économique des exploitations agricoles du fait qu'elle constitue un capital mobilisable à n'importe quel moment de l'année et générateur d'une trésorerie permanente dont les agriculteurs ont besoin.

1.2. Les variables de fonctionnement

En plus des variables structurelles classiques ci-dessus mentionnées, nous avons défini des variables intégrées et spécifiques capables d'affiner la typologie des exploitations enquêtées compte tenu de nos premières impressions lors du remplissage des questionnaires. Ces variables sont ci-dessous citées et commentées.

Les variables de fonctionnement retenues pour la réalisation de l'**AFCM** sont les suivantes :

* la première occupation du sol en % par rapport à la superficie irrigable totale ;
* la deuxième occupation du sol en % par rapport à la superficie irrigable totale ;
* la première activité prioritaire dans l'irrigation ;
* la deuxième activité prioritaire dans l'irrigation ;
* la superficie (en %) irriguée en gravitaire et en goutte à goutte ;
* la superficie (en %) irriguée en aspersion ;
* la traite (manuelle ou mécanique) ;
* la récolte des fourrages en vert ;
* le taux d'utilisation du facteur terre ;
* le premier poste d'affectation du revenu agricole ;
* l'activité agricole principale déclarée par rapport au revenu agricole ;

♦ la première et la deuxième occupation **(OC1S** et **OC2S)** du sol par rapport à la surface agricole totale utile sont gardées au montage de la typologie pour mettre en évidence les éventuelles préférences végétales des agriculteurs dans l'allocation du facteur terre.

♦ Il a été demandé aux agriculteurs de préciser les cultures auxquelles ils réservent en priorité l'eau d'irrigation (**ACTIRRIG1** : activité à irriguer en première priorité, **ACTIRRIG2** : activité à irriguer en deuxième priorité). Les réponses nous permettent d'identifier des allocations différentes du facteur eau et par voie de conséquence des systèmes de production différents dans la valorisation de l'eau d'irrigation. En d'autres termes, nous cherchons à différencier les assolements maraîchers de ceux fourragers.

♦ Les variables "pourcentage de la superficie irriguée par aspersion" **(%ASP)** et "pourcentage de la superficie irriguée en gravitaire et en goutte à goutte" **(%GRGG)** sont retenues pour identifier les exploitations orientées vers l'élevage laitier des exploitations orientées vers le maraîchage. En effet, l'irrigation par aspersion concerne les fourrages en vert d'été et d'hiver (maïs, bersim, sorgho, luzerne, orge en vert, ...) et l'irrigation gravitaire et localisée est réservée au maraîchage d'hiver et d'été (tomate, artichaut, melon, ...).

♦ La variable "traite" **(TRT)** ou "méthode de traite" est retenue pour différencier les exploitations en fonction de leur taille du cheptel bovin laitier et de leurs allocations de la main-d'œuvre en matière de traite des vaches laitières.

En effet, la traite est mécanique pour les grands cheptels et dans les exploitations insuffisamment dotées en main-d'œuvre familiale et salariée en revanche elle est manuelle chez les petits éleveurs ou les petits agriculteurs ayant des troupeaux bovins ne nécessitant pas l'introduction de la mécanisation dans l'opération de la traite.

♦ La variable "récolte des fourrages verts" **(RCFV)** ou "méthode de récolte des fourrages verts" est introduite dans une même optique relativement similaire à la variable "traite" précédemment commentée. La récolte des fourrages peut être mécanique (faucheuse animée par la prise de force d'un tracteur ou manuelle par la faux). Cette variable permet d'identifier les grandes structures cultivant de grandes superficies de fourrage vert, fréquemment au cours d'une même année et faisant recours par nécessité à la récolte mécanique ; elles sont aussi « mécaniquement indépendantes »: ces structures sont bien équipées en matériel agricole. Quant aux petites

structures « mécaniquement dépendantes », faisant recours à la location de matériel agricole (notamment matériel de travail du sol), les superficies de fourrage vert seront petites et la récolte sera automatiquement manuelle.

♦ La variable "taux d'utilisation" **(TXUT)** des superficies physiques irrigables a été retenue pour différencier les grandes structures des petites. Théoriquement, une exploitation va chercher à rentabiliser le facteur de production le plus rare. Tel est le cas des petites structures qui vont chercher à maximiser la productivité de la superficie irrigable dont elles disposent.

♦ La variable "premier poste d'affectation du revenu agricole" (AFRV) a été retenue pour participer au montage de l'AFCM dans le but d'avoir une idée sur l'affectation des revenus agricoles, ainsi que sur l'évolution des exploitations agricoles du PPI de Kalaat Landlouss. Nous avons retenu à l'intérieur de cette variable 4 modalités possibles d'affectation des revenus. Il s'agit de :

- Les revenus peuvent être insuffisants et ne pas permettre par conséquent toute sorte de capitalisation et d'épargne. Ils servent par conséquent uniquement à l'autoconsommation **(CONS)**. Tel est le cas des petites exploitations où les moyens de production font défaut.

- Capitalisation dans les bovins **(CAPB),** que nous avons jugé capable de nous éclaircir si cette variable **(CAPB),** pivot d'un éventuel système de production laitier constitue le moyen le plus efficace dans la régulation du fonctionnement économique des exploitations agricoles dans le PPI.

- La capitalisation peut aussi se faire via l'investissement dans le matériel agricole et d'irrigation **(CAPM).** Il s'agit ici d'une pratique d'exploitations agricoles connaissant une forte croissance et une accumulation dynamique de capital.

- D'autres exploitations agricoles enregistrent de bons revenus agricoles mais ces revenus ne sont guère réinvestis dans l'activité agricole. Ils sont affectés à d'autres activités économiques : le commerce de toutes sortes en ville et l'immobilier **(CAPC).** Il s'agit d'une pratique rencontrée chez les chefs d'exploitations âgés et n'ayant pas de fils aînés disponibles ou aptes à prendre la relève dans l'activité agricole. Dans cette modalité, nous avons aussi inclus 4 individus qui affectent la totalité de leurs revenus à l'épargne.

♦ la variable : principale activité agricole déclarée par rapport au revenu agricole **(ACRC)** est gardée dans une optique de confronter les déclarations économiques, qualitatives et quantitatives du chef d'exploitation. Un agriculteur déclarant un revenu agricole essentiel d'origine animale devrait forcément pratiquer un système de production basé sur des assolements fourragers. Quant à un maraîcher, il devrait avoir des superficies importantes (en % de SUP. totale) destinées aux cultures de tomate, artichaut et melon. L'irrigation gravitaire devrait couvrir le maximum des superficies irrigables. Cette variable permet en fait une assistance dans le choix des groupes et contribue considérablement à affiner la typologie définitive des unités de productions agricoles familiales opérant dans le PPI de Kalaat Landlouss.

1.3. Variables secondaires de croisement

Dans le montage de l'**AFCM**, certaines variables n'ont pas de contribution significative (elles contribuent peu dans la formation des axes factoriels), nous avons décidé de les écarter de la participation dans la typologie. Cependant, elles sont gardées pour d'éventuels croisements avec d'autres variables et pour mieux affiner la caractérisation des groupes d'exploitations types identifiées dans le PPI de Kalaat Landlouss. Il s'agit de :

* l'âge de l'exploitant
* le taux d'intensification
* les revenus extra-agricoles et la pluriactivité.

◆ L'âge (AGE) de nos enquêtés est compris entre 28 et 74 ans. Le choix de cette variable quantitative est justifié du fait du rôle qu'elle peut jouer à la fois dans le fonctionnement technique et économique de l'exploitation, ainsi que sur l'avenir de celle-ci en terme d'évolution, de reproduction à l'identique par le biais du fils aîné en cas d'âge avancé de l'actuel exploitant ou à la disparition dans le cas contraire.

◆ La variable "taux d'intensification" **(TXINT)** est retenue pour être croisée avec des variables comme "superficie", "taille du cheptel bovin" et "premières occupations du sol". Nous projetons aussi de croiser cette variable avec la partition des classes de la hiérarchie, en d'autres termes, cette variable permettra de bien caractériser les groupes et de valider la typologie. Les exploitations ayant des petites superficies et/ou pratiquant des assolements fourragers devront avoir des taux d'intensification élevés. Les grandes structures bien dotées en facteur terre seront à l'opposé des petites structures.

◆ La variable "pluriactivité", ou revenus extérieurs" **(REX)**, n'a pas été retenue dans **l'AFCM**. Cependant, elle a été gardée pour d'éventuels croisements avec d'autres variables et pour mieux caractériser les groupes de la typologie.

2. L'analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM) : contribution et interprétation des axes

Nous rappelons que cette technique statistique permet de décrire la dépendance ou la correspondance entre des ensembles de caractères. La population est représentée de manière synthétique par un ou plusieurs graphiques, utilisant un nombre restreint de facteurs, qui expliquent au mieux la variabilité des individus et les relations entre les variables. L'analyse a porté sur 50 exploitations agricoles dans le PPI de Kalaat Landlouss.

2.1. Contribution des trois premiers axes dans l'explication de la variabilité totale de la population

L'histogramme (cf. graphique n° 10 ci contre) montre que le premier axe défini est représenté par une valeur propre qui participe à 21,214 % de l'inertie totale du nuage. Les représentativités du deuxième et du troisième axe sont respectivement 17,298 % et 8,312 %. Le plan principal (celui formé par les deux premiers axes) explique 38,512 % du nuage, soit presque les 2/5 de l'information totale. Le plan factoriel formé par le premier axe et le troisième axe représente

Graphique n° 10 : Histogramme des valeurs propres des axes factoriels.

```
!NUM ! VAL PROPRE ! POURCENT!  CUMUL  !*!  HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES DE LA MATRICE
! 1 !   .41014 !  21.214 !  21.214 !*!***************!***************!***************!***************
! 2 !   .33444 !  17.298 !  38.512 !*!***************!***************!***************!****
! 3 !   .16070 !   8.312 !  46.825 !*!****************!*********
! 4 !   .12641 !   6.539 !  53.363 !*!*****************!***
! 5 !   .10586 !   5.476 !  58.839 !*!*****************!
! 6 !   .10160 !   5.255 !  64.094 !*!*****************!
! 7 !   .09483 !   4.905 !  68.999 !*!***************
! 8 !   .08287 !   4.286 !  73.285 !*!*************
! 9 !   .06937 !   3.588 !  76.873 !*!***********
! 10 !  .06593 !   3.410 !  80.283 !*!***********
! 11 !  .05443 !   2.815 !  83.099 !*!*********
! 12 !  .05347 !   2.766 !  85.864 !*!*********
! 13 !  .04390 !   2.271 !  88.135 !*!*******
! 14 !  .04059 !   2.099 !  90.234 !*!*******
! 15 !  .03326 !   1.720 !  91.955 !*!******
! 16 !  .02820 !   1.459 !  93.413 !*!****
! 17 !  .02506 !   1.296 !  94.710 !*!****
! 18 !  .02204 !   1.140 !  95.850 !*!***
! 19 !  .01922 !    .994 !  96.844 !*!***
! 20 !  .01706 !    .882 !  97.726 !*!**
! 21 !  .01552 !    .803 !  98.529 !*!**
! 22 !  .00992 !    .513 !  99.042 !*!*
! 23 !  .00695 !    .359 !  99.402 !*!*
! 24 !  .00506 !    .262 !  99.663 !*!*
! 25 !  .00351 !    .182 !  99.845 !*!*
! 26 !  .00203 !    .105 !  99.950 !*!
! 27 !  .00096 !    .050 ! 100.000 !*!
```

quant à lui 29,526 % de l'information. Les trois premiers axes factoriels représentent une valeur propre cumulée qui participe à 46,825 % de l'inertie totale du nuage.

2.2. Interprétation des axes factoriels

Pour interpréter les axes factoriels, et compte tenu de l'effectif des modalités (44), nous avons retenu uniquement celles ayant une contribution supérieure ou égale à 2,5 %.
Les modalités support de l'**AFCM** contribuent dans la formation des axes de la manière suivante:

2.2.1. Axe 1

L'axe 1 est formé de :

- 4 variables structurelles : **(SUP, MOP, MOT, BOV)** relatives à la superficie, à la main-d'œuvre permanente (familiale et salariée), à la main-d'œuvre temporaire salariée et à l'effectif des unités femelles bovines.
- 7 variables fonctionnelles : **(TRT, RCFV, ACTIRRIG1, ACTIRRIG2, SUPGRGGG%, OC1S, OC2S)** relatives respectivement au mode de traite (manuel ou mécanique), au mode de récolte des fourrages en vert, aux activités prioritaires dans l'allocation de l'eau d'irrigation, au pourcentage de la superficie irriguée gravitairement et en localisé et aux première et deuxième occupation du sol.

Le tableau n° 22 récapitule les contributions des principales modalités dans la formation de l'axe factoriel n° 1.

Tableau n° 22 : Formation relative de l'axe 1

Côté ---		**Côté +++**	
Modalité	Contribution en %	Modalité	Contribution en %
SUP4	8,5	**SUP1**	3,6
MOP4	4,0	**MOTN**	3,2
MOTO	3,5	**BOV1**	2,8
BOV4	6,1	**TRTN**	2,6
TRTC	4,6	**AG1M**	3,6
RCFC	5,4	**OC1M**	3,6
AG2M	2,6	**OC2N**	4,0
GRG2	2,7	---	---
OC2M	3,7	---	---
Total relatif	**41,10**	**Total**	**23,40**

Source : résultats de l'AFCM.

Au total, les 16 modalités énumérées constituent à elles seules 64,5 % de la contribution absolue à la formation du premier axe.

Une première analyse du tableau montre bien que l'axe 1 est constitué dans ses deux côtés, positif et négatif par des modalités extrêmes **(SUP4#SUP1, MOTO#MOTN, BOV4#BOV1,**

TRTC#TRTN, OC2M#OC1M), ceci est signe de présence de deux groupes d'exploitations originales et totalement opposées. Nous nous contentons de dire pour le moment qu'il s'agit de grandes exploitations du côté négatif de l'axe face à de petites exploitations du côté positif de l'axe pratiquant du maraîchage.

2.2.2. Axe 2

L'axe 2 est caractérisé par une seule variable structurelle : le cheptel bovin en unité femelle **(BOV).** Quant aux variables de fonctionnement, elles sont en nombre de 6 et sont les suivantes : le mode de traite (**TRT** : manuel ou mécanique), le mode de récolte des fourrages en vert **(RCFV)**, la première activité prioritaire dans l'allocation de l'eau d'irrigation **(ACTIRRIG1)**, le pourcentage de la superficie irriguée gravitairement et en localisé **(SUPGRGGG%)** ; le pourcentage de la superficie irriguée par aspersion **(SUPASPER%)**, et la première occupation du sol **(OC1S)**. Le tableau n° 23 récapitule les contributions des principales modalités dans la formation de l'axe 2.

Tableau n° 23 : Formation relative de l'axe 2

Côté ---		Côté +++	
Modalité	Contribution en %	Modalité	Contribution en %
RCFM	2,4	**BOV1**	4,2
GRG1	5,1	**TRTN**	8,3
ASP3	5,5	**RCFN**	8,0
---	----	**AG1M**	10,0
----	----	**ASP1**	4,5
----	-----	**OC1M**	10,0
Total relatif	**13,00**	**Total**	**45,00**

Source : résultats de l'AFCM.

Une première lecture de l'axe 2 permet de dire qu'il existerait éventuellement une opposition entre deux groupes. Il s'agira du côté négatif de l'axe d'un groupe d'éleveurs bien distinct et du côté positif de l'axe d'un groupe d'agriculteurs pratiquant essentiellement du maraîchage. Le groupe des maraîchers est bien prononcé du fait de la forte formation relative du coté positif de l'axe en question. Les 9 modalités ci-dessus énumérées totalisent une contribution absolue de 58 % dans la formation de l'axe 2.

2.2.3. Axe 3

Au niveau structurel des exploitations agricoles, l'axe 3 est formé de 3 variables, il s'agit de : la superficie **(SUP),** la main-d'œuvre permanente (**MOP** : familiale et salariée) et l'effectif du cheptel bovin en unité femelle **(BOV).** Au niveau fonctionnel des unités de production familiales agricoles, 5 variables ont contribué significativement à la formation de l'axe 3. Il s'agit du mode de récolte des fourrages en vert **(RCFV),** de la première activité prioritaire dans l'allocation de l'eau d'irrigation **(ACTIRRIG1)**, du pourcentage de la superficie irriguée gravitairement et en localisé **(SUPGRGGG%)**, du pourcentage de la superficie irriguée par aspersion **(SUPASPER%)**, et du taux d'utilisation de la superficie irrigable **(TXUT).**

Les modalités actives à contribution significative dans la formation de l'axe 3 sont récapitulées au tableau n° 24.

Tableau n° 24 : Formation relative de l'axe 3

Côté ---		Côté +++	
Modalité	Contribution en %	Modalité	Contribution en %
SUP3	14,4	SUP1	4,5
MOP3	3,1	BOV1	3,9
BOV3	7,4	RCFN	2,5
AG1M	2,6	ASP1	4,2
GRG3	3,1	TUT1	4,5
ASP2	5,8		
TUT2	7,1		
Total relatif	**43,50**	**Total**	**19,60**

Source : résultats de l'AFCM.

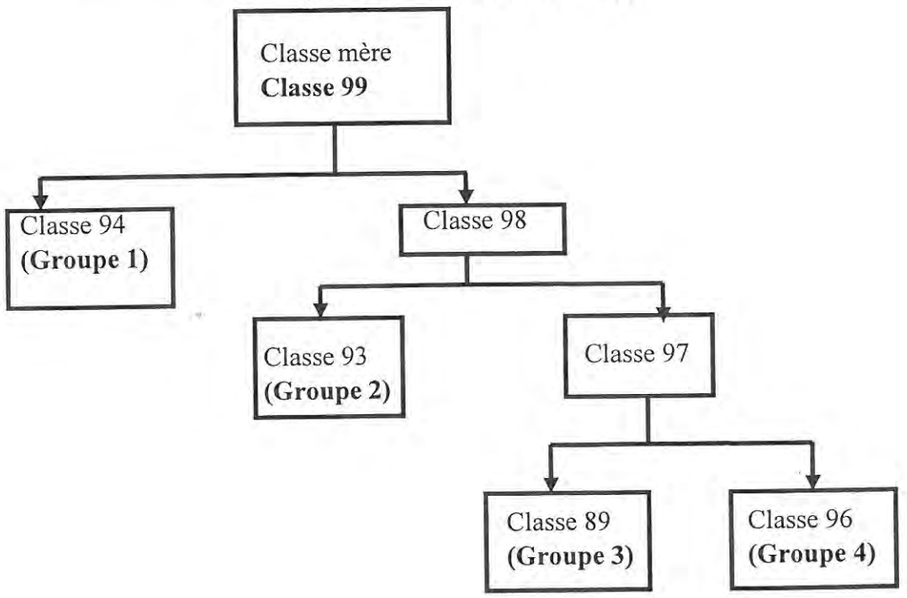
Une première interprétation de l'axe 3 nous amène à dire qu'il existerait une opposition entre des exploitations « moyennes en terme de structure » qui pratiquent des activités diversifiées (végétales et animales) et des petites exploitations orientées essentiellement vers la pratique du maraîchage. Au total, les 12 modalités ayant participé à la formation de l'axe 3 constituent à elles seules une contribution absolue de 63,10 %.

3. Classification hiérarchique des individus

3.1. Eclatement des groupes et niveau de signification

La classification hiérarchique permet l'élaboration de l'arborescence suivante (graphique n° 11) montrant l'origine des groupes formés, ainsi que les niveaux de leurs significations.

Graphique n°11 : Eclatement des classes et formation des groupes
(Source : résultats de la CHA).



Graphique n° 12 : Histogrammes des indices de la hiérarchie, éclatement des classes et formation des groupes

```
!  J  ! I(J) ! A(J) ! B(J)!T(J)!T(Q) ! HISTOGRAMME DES INDICES DE NIVEAU DE LA HIERARCHIE
!-----!------!------!------!------!-----------------------------------------------------
!  99!  324!   94!    98! 358! 358!**********************************************
!  98!  271!   97!    93! 300! 657!*****************************************************
!  97!  107!   89!    96! 118! 775!**********************
!  96!   69!   95!    84!  77! 852!************
!  95!   28!   91!    88!  31! 882!****
!  94!   16!   90!    83!  17! 900!**
!  93!   12!   69!    92!  13! 913!**
!  92!    9!   14!    82!  10! 923!*
!  91!    8!   68!    85!   9! 933!*
!  90!    8!   76!    87!   9! 941!*
!  89!    7!   71!    86!   7! 948!*
!  88!    6!   75!    47!   7! 955!*
!  87!    5!   77!    36!   6! 961!*
!  86!    4!   73!    79!   5! 965!*
!  85!    4!   81!    61!   4! 969!*
!  84!    4!   80!    32!   4! 973!*
!  83!    3!   78!    20!   3! 976!*
!  82!    2!   65!     1!   2! 979!*
!  81!    2!   72!    58!   2! 981!*
!  80!    2!   31!     5!   2! 983!*
!  79!    1!   52!    17!   2! 984!*
!  78!    1!   70!    35!   2! 986!*
!  77!    1!   74!    22!   2! 987!*
!  76!    1!   56!    25!   2! 989!*
!  75!    1!   60!    33!   1! 990!*
!  74!    1!   37!    55!   1! 991!*
!  73!    1!   62!    67!   1! 992!*
!  72!    1!   57!    27!   1! 993!*
!  71!    1!   66!    64!   1! 994!*
!  70!    1!   59!     2!   1! 994!*
!  69!    1!   42!    21!   1! 995!*
!  68!    1!   63!    16!   1! 996!*
```

L'histogramme des indices de niveau de la hiérarchie des classes montre l'origine et l'ordre dans lequel les groupes sont ainsi formés. Nous les citons par ordre croissant de niveau de la hiérarchie:

- groupe 1
- groupe 2
- groupe 3 et groupe 4.

En d'autres termes, les groupes 1 et 2 sont facilement perceptibles et caractérisables sur les plans factoriels, alors que les groupes 3 et 4 peuvent être caractérisées avec moins de précision comparativement au groupe n° 1 (celui qui est constitué en premier lieu à partir d'un indice de 36% au niveau de la hiérarchie). Concernant la composition des groupes, le tableau n° 25 récapitule les 50 individus en une partition de 4 groupes différenciés les uns des autres vis-à-vis des variables totales et relativement homogènes vis-à-vis de quelques caractéristiques essentielles.

Tableau n° 25 : Formation des groupes et niveau de la hiérarchie

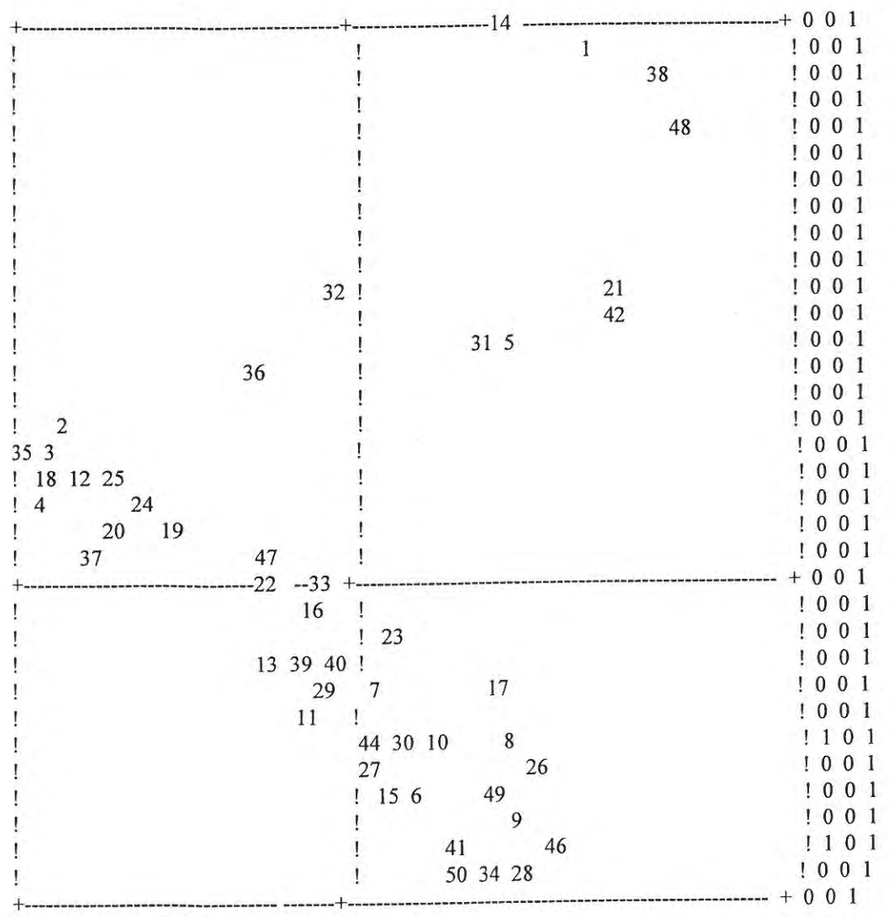
Groupes	Individus	Effectif	%	% cumulé	Indice de niveau de la hiérarchie en %
Groupe 1	2 ; 3 ; 4 ; 12 ; 18 ; 19 ; 20 ; 22 ; 24 ; 25 ; 35 ; 36 ; 37 ;	13	26	26	35,80
Groupe 2	1 ; 5, 14 ; 21 ; 38 ; 42 ; 48	7	14	40	65,70
Groupe 3	6 ; 8 ; 9 ; 10 ; 17 ; 26 ; 28 ; 34 ; 41 ; 43 ; 45 ; 46 ; 49 ; 50	14	28	68	77,50
Groupe 4	7 ; 11 ; 13 ; 15 ; 16 ; 23 ; 27 ; 29 ; 30 ; 31 ; 32 ; 33 ; 39 ; 40 ; 44 ; 47	16	32	100	85,20
Total	**50**	**50**	**100**	-----	

Source : nos enquêtes.

3.2. Position des groupes sur les axes factoriels

La projection des 50 individus sur les deux plans factoriels respectivement formés par les axes **[1 ; 2]** et les axes **[1 ; 3]** est représentée dans les graphiques n° 13 ci-contre et n° 14 au verso de cette page. L'interprétation de ces graphiques permet de dresser le tableau n° 26 qui place les groupes par rapport aux axes factoriels.

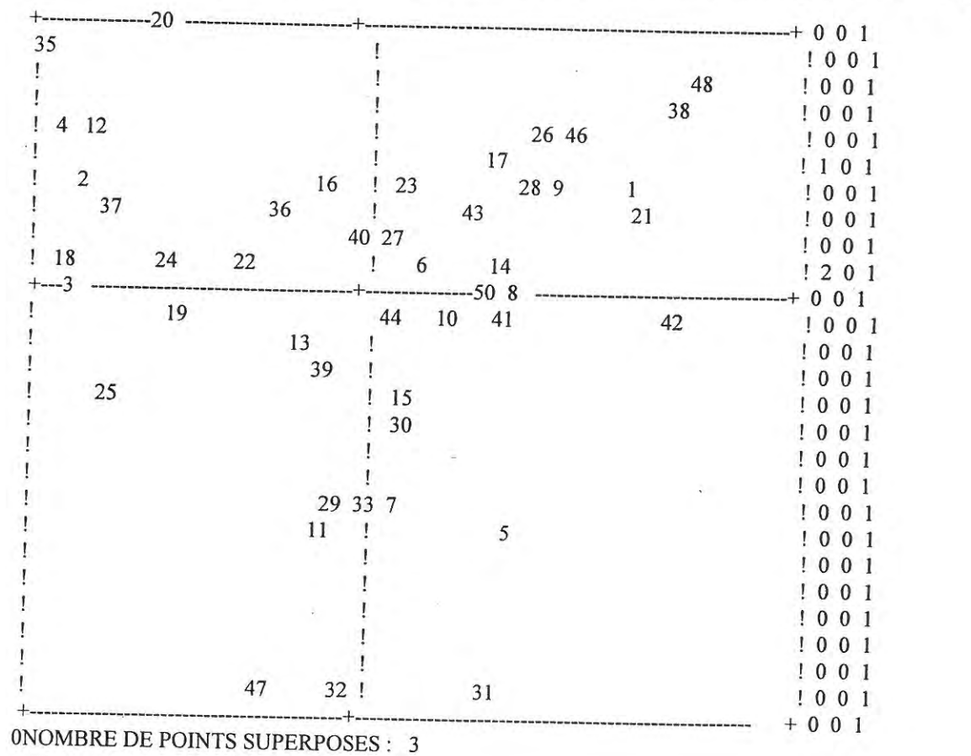
Graphique n° 13 : Projection des individus sur le plan factoriel formé par les axes [1 ; 2]



0NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 2

45 (8) 43 (41)

Graphique n° 14 : Projection des individus sur le plan factoriel formé par les axes [1 ; 3]



0NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 3

49 (17) 34 (14) 45 (14)

1FIN NORMALE DU PROGRAMME AFCM

Tableau n° 26 : Position des groupes sur les axes factoriels

	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Groupe 1	-----	++++	++++
Groupe 2	++++	++++	++++
Groupe 3	++++	----	++++
Groupe 4	**0**	----	----

Source : résultats de l'AFCM.

L'interprétation du tableau n° 26 permet de dire que les groupes **[1 ; 4]** sont relativement opposés aux groupes **[2 ; 3]** 1 sur l'axe 1, les groupes **[1 ; 2]** sont parfaitement opposées aux groupes **[3 ; 4]** sur l'axe 2, et enfin sur l'axe 3, le groupe **4** s'est bien distingué du coté négatif par son opposition au reste des groupes.

Section 2 : Typologie des exploitations agricoles et systèmes de production correspondants

1. Caractéristiques des groupes

Les caractéristiques fondamentales de chaque groupe identifié sont retenues après comparaison de leurs fréquences dans leur groupe avec celles dans la population totale. En d'autres termes, nous considérons des modalités caractéristiques d'un groupe lorsque le profil de celui-ci diffère nettement en plus ou en moins du profil moyen qu'offre ces mêmes variables ou modalités dans la population mère.
L'interprétation des résultats statistiques de la partition en classes de la hiérarchie, donnés aux tableaux n° 22 à 26 ; des graphiques n° 15 et n° 16 (au verso de cette page) relatives à la projection des variables sur les plans factoriels **[1 ; 2]** et **[1 ; 3]**, à l'aide de la collecte continue d'informations tout au long du traitement informatique des données de base, et de notre connaissance de l'environnement socio-économique de la zone abritant le PPI de Kalaat Landlouss, a permis d'identifier 4 groupes d'exploitations agricoles jugés homogènes par rapport aux caractéristiques qui les regroupent et qui se différencient les uns des autres par rapport à l'ensemble des caractéristiques choisies au départ pour discriminer la population mère .

1.1. Exploitations du type E1 (26%)

Il s'agit du groupe 1, celui des grandes structures à activités diverses. Leur poids dans le PPI est estimé à 26%. Les principales variables caractéristiques du groupe **E1** sont récapitulées au tableau n° 27 qui suit.

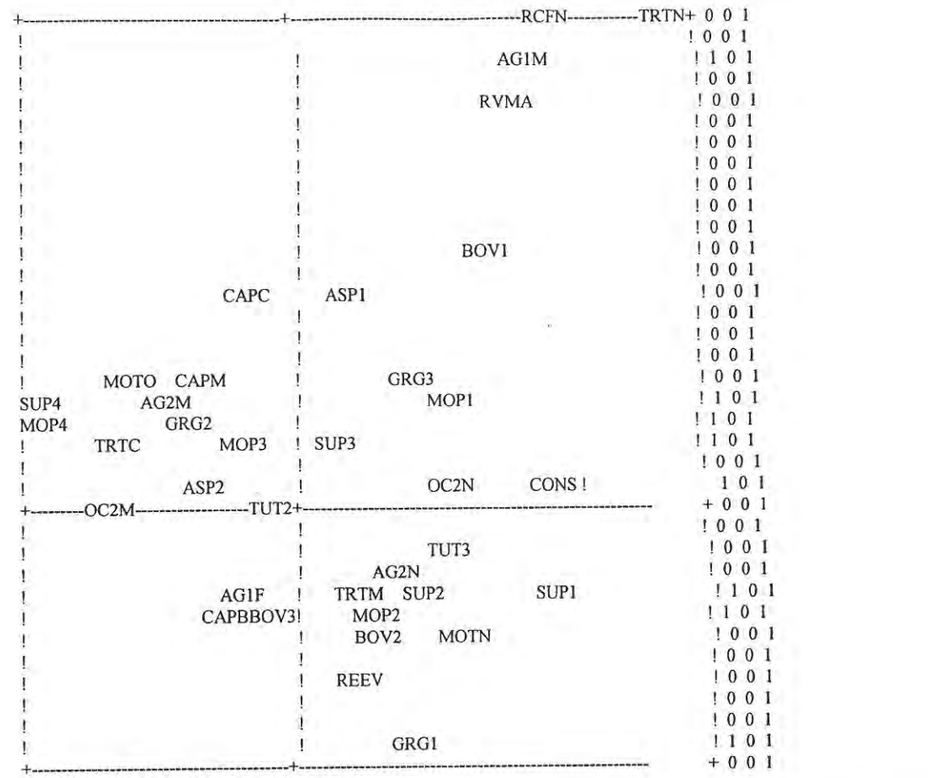
Tableau n° 27 : Caractéristiques principales du groupe E1

Variables ou modalités	
de structure	**de fonctionnement**
SUP4	**TRTC**
MOP3	**RCFC**
MOP4	**AG1F**
MOTO	**AG2M**
BOV4	**CAPB**
	RVDV

Source : nos enquêtes.

Comme précédemment montré dans l'interprétation des plans factoriels, le groupe **E1** représente de grandes structures à activités agricoles diversifiées (élevage et maraîchage), ayant des superficies irrigables moyennes de 18,6 ha (cf. graphique n° 17).

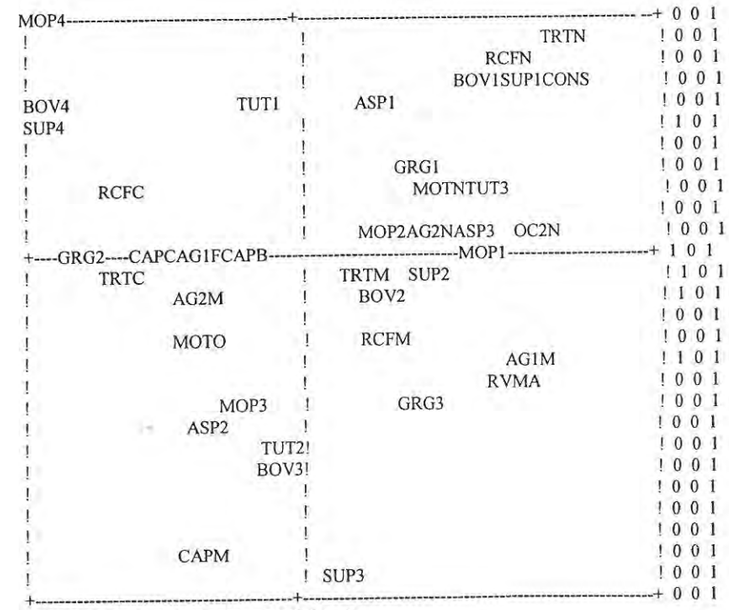
Graphique n° 15 : Projection des variables caractéristiques des groupes de la typologie sur le plan factoriel formé par les axes [1 ; 2].



0NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 8

OC1M(AG1M) RVDV(SUP4) BOV4(MOP4) RCFC(TRTC) TUT1(ASP2) OC1F(AG1F) RCFM(MOP2) ASP3(GRG1)

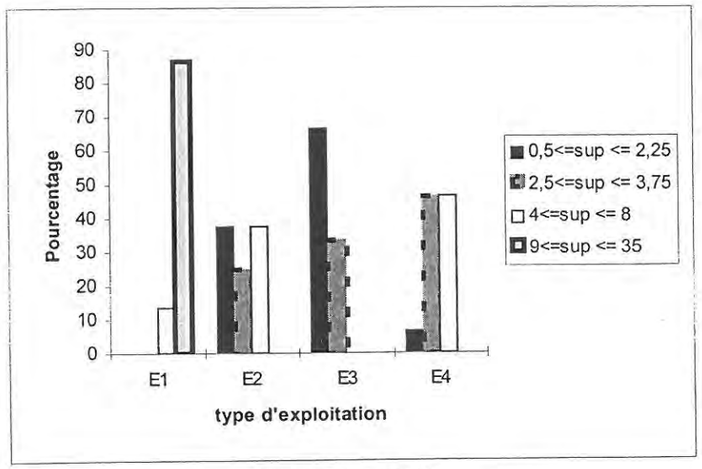
Graphique n° 16 : Projection des variables caractéristiques des groupes de la typologie sur le plan factoriel formé par les axes [1 ; 3].



0NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 5

RVDV(SUP4) OC1F(AG1F) REEV(TRTM) OC2M(AG2M) OC1M(AG1M)

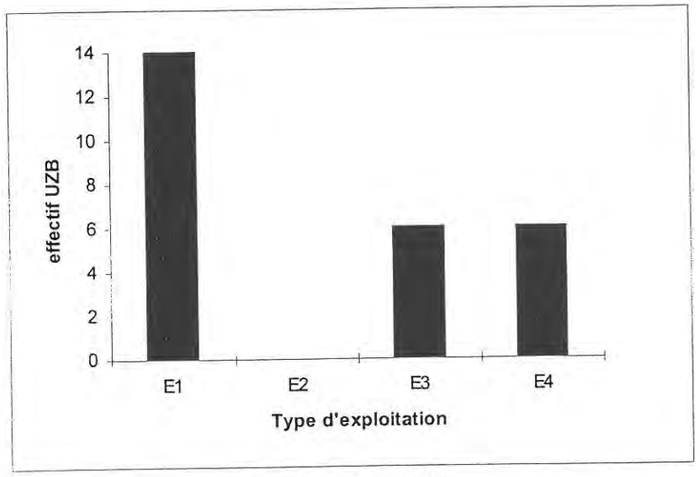
Graphique n° 17 : Superficie irrigable (ha) dans les groupes de la typologie



Source : nos enquêtes.

Le cheptel bovin laitier est important, l'effectif des unités zootechniques bovines (UZB) est de 14 en moyenne (cf. graphique n° 18).

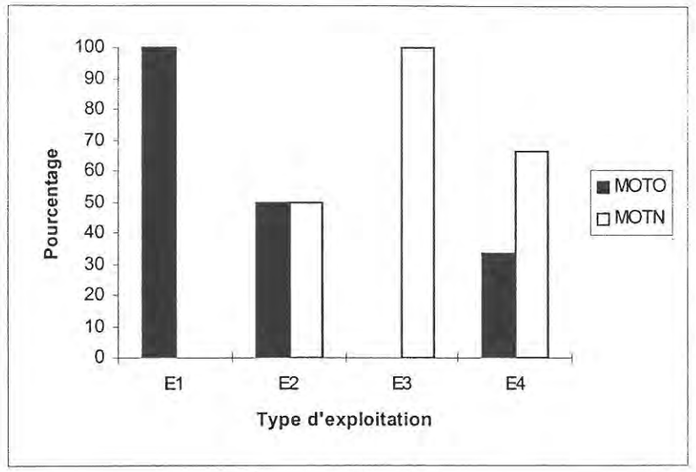
Graphique n°18 : Importance du cheptel bovin en UZB selon les groupes de la typologie



Source : nos enquêtes.

Les actifs familiaux et salariés permanents sont importants (3 à 6 actifs permanents).
Le recours de ce groupe à la main-d'œuvre temporaire salariée est massif (cf. graphique n° 19).

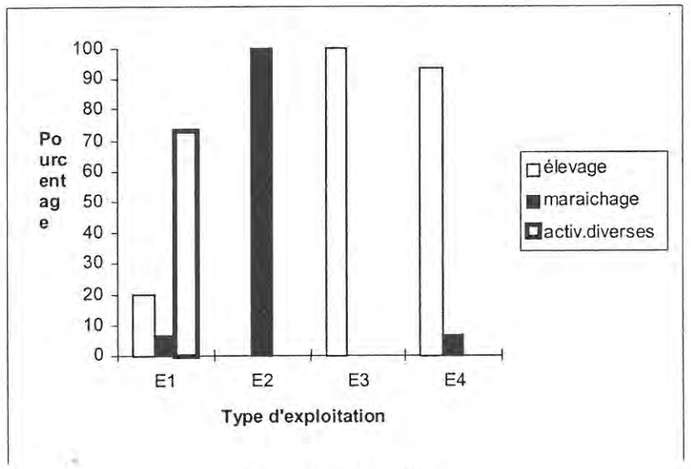
Graphique n° 19 : Recours à la main-d'œuvre temporaire selon le type d'exploitations



Source : nos enquêtes.

Au niveau fonctionnel, le groupe des grands agriculteurs est mécaniquement indépendant. Les matériels agricole, de traite et d'irrigation ne manquent pas. La diversification dans les activités agricoles est justifiée par la pratique des cultures fourragères et maraîchères et la diversification dans le revenu agricole (cf. graphique n° 20).

Graphique n° 20 : Activité principale déclarée par rapport au revenu agricole selon le groupe d'exploitation



Source : nos enquêtes.

Ce groupe d'agriculteurs enregistre des résultats économiques performants de telle sorte qu'une partie du revenu agricole est capitalisée dans les bovins, le matériel agricole et d'irrigation et enfin le commerce en ville draine une part importante des revenus dégagés de l'activité agricole.

1.2. Exploitations du type E2 (14%)

Il s'agit du groupe des maraîchers, leur poids dans le PPI est estimé à 14%. Le tableau n° 28 récapitule les principales variables caractéristiques de ce groupe.

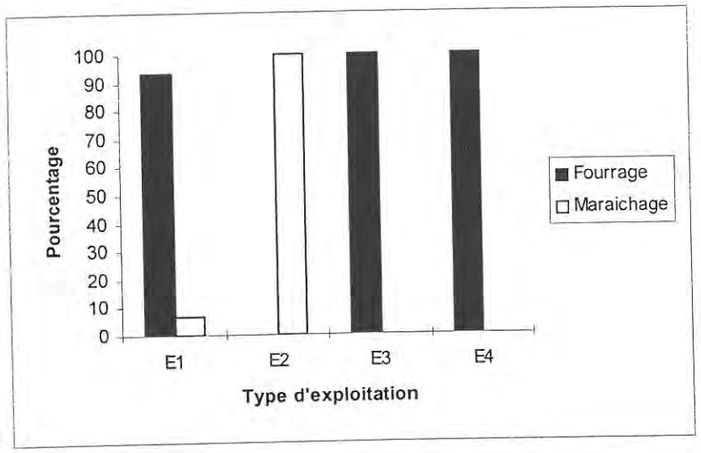
Tableau n° 28 : Caractéristiques principales des exploitations du type E2

Variables ou modalités	
de structure	**de fonctionnement**
SUP2	**AG1M**
SUP3	**GRG3**
MOP1	**ASP1**
MOP2	**RVMA**
MOTO	**----**
BOV1	**----**

Source : nos enquêtes.

Le groupe des maraîchers gère des superficies irrigables moyennes de 3,1 ha. (cf. Graphique n° 17). La main-d'œuvre familiale et salariée permanente est comprise entre 2 et 4 actifs (cf. graphique n° 27). Le recours à la main-d'œuvre salariée temporaire est une pratique courante notamment pour répondre aux besoins en main-d'œuvre de la culture de la tomate tardive (cf. graphique n° 19). Le graphique n° 18 montre que la composante animale est absente de la combinaison des spéculations formant le système de production des exploitations du type **E2**, et ce sont plutôt les groupes **E1, E3** et **E4** qui pratiquent l'élevage bovin. Au niveau fonctionnel, nous constatons que ce groupe affecte l'eau d'irrigation en priorité aux cultures maraîchères (cf. graphique n° 21).

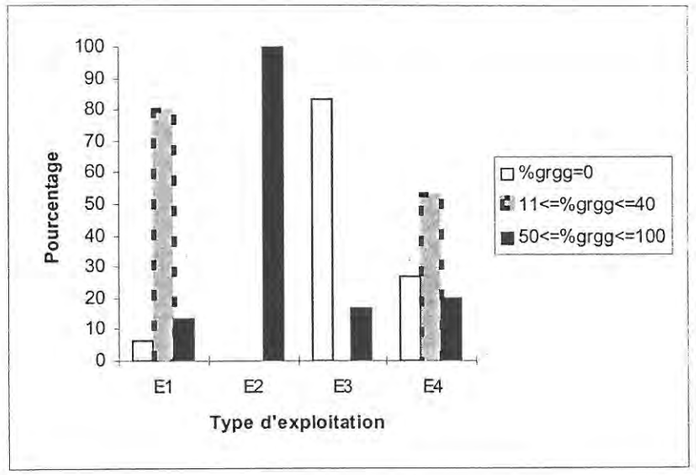
Graphique n° 21 : Priorités culturales dans l'allocation de l'eau d'irrigation selon le type d'exploitation



Source : nos enquêtes.

Les systèmes d'irrigation pratiqués par le type **E2** sont du type gravitaire et localisé. La fertigation est une technique de production qui commence à être pratiquée par les maraîchers du PPI de Kalaat Landlouss (cf. graphique n° 22).

Graphique n° 22 : Importance des superficies irriguées en gravitaire et en goutte à goutte selon le type d'exploitation



Source : nos enquêtes.

Le graphique n° 20 montre que les produits maraîchers constituent l'essentiel du revenu agricole tiré par ce type d'exploitation.

1.3. Exploitations du type E3 (28%)

Il s'agit du groupe des petits éleveurs, leur poids dans le PPI est estimé à 28%. Le tableau n° 29 récapitule les principales variables caractéristiques de ce groupe.

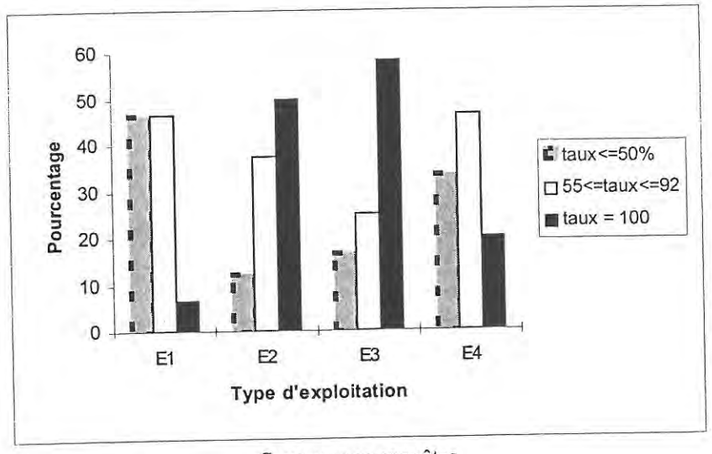
Tableau n° 29 : Caractéristiques principales des exploitations du type E3

Variables ou modalités	
de structure	**de fonctionnement**
SUP1	**TRTM**
SUP2	**RCFM**
MOP2	**AG1F**
MOTN	**AG2N**
BOV1	**ASP3**
BOV2	**TUT3**
---	**CONS**
---	**CAPB**
----	**REEV**

Source : nos enquêtes.

Les exploitations agricoles gérées par ce groupe sont les moins dotées en moyens de production. Les superficies irrigables gravitent autour d'une moyenne de 2,2 ha, soit SUP1 et SUP2 (cf. graphique n° 17), ce qui justifie un taux d'utilisation élevé des superficies irrigables par rapport aux autres groupes de la typologie (cf. graphique n° 23).

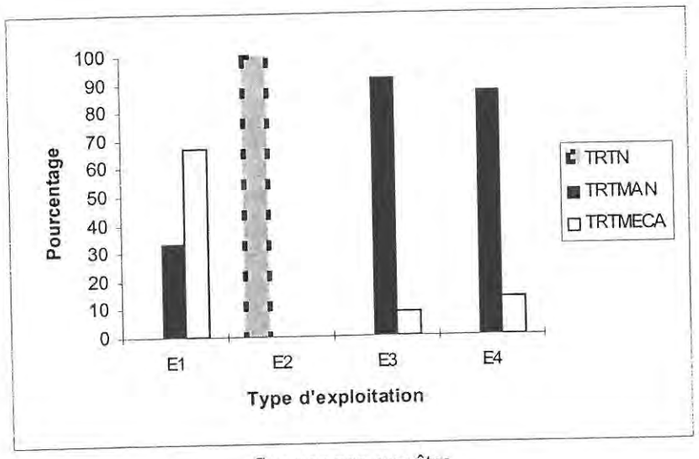
Graphique n° 23 : Taux d'utilisation des superficies irrigables selon le type d'exploitation



Source : nos enquêtes.

La main-d'œuvre familiale fait défaut (1 à 2 actifs par exploitation : généralement, il s'agit du couple familial ou du chef d'exploitation plus un fils âgé de plus de 15 ans qui intervient temporairement). Le cheptel animal compte 6 UZB dont les vaches laitières sont traitées manuellement (cf. graphique n° 24).

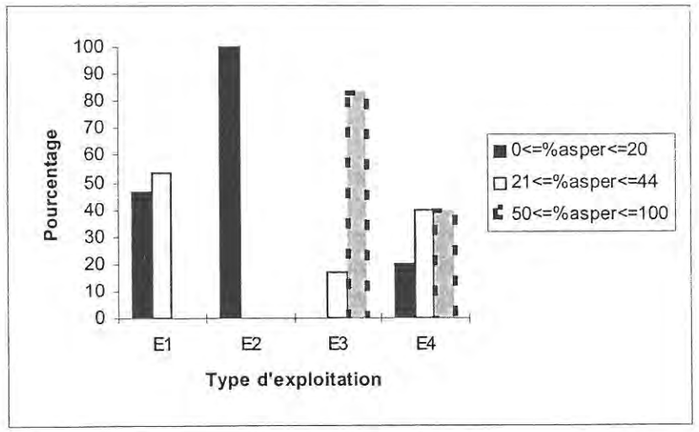
Graphique n° 24 : Mode de traite des vaches laitières selon les types d'exploitation



Source : nos enquêtes.

L'allocation de l'eau d'irrigation va en priorité aux fourrages comme le montre le graphique n° 21. Les fourrages sont irrigués par aspersion (cf. graphique n° 25).

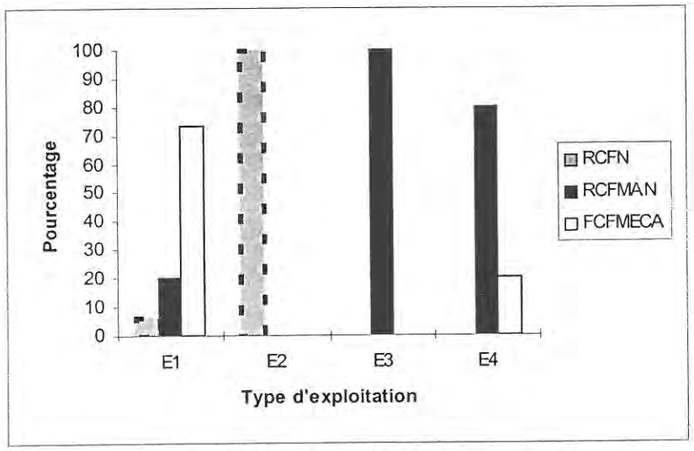
Graphique n° 25 : Importance des superficies irriguées par aspersion selon le groupe d'exploitation



Source : nos enquêtes.

Le groupe des petits éleveurs a recours à la location du matériel agricole pour assurer les travaux de préparation du sol, les cultures fourragères sont récoltées manuellement (cf. graphique n° 26).

Graphique n° 26 : Mode de récolte des fourrages selon le type d'exploitation agricole



Source : nos enquêtes.

Le graphique n° 20 montre que 93,33 % des agriculteurs de ce groupe tirent l'essentiel de leurs revenus agricoles de la pratique de l'élevage.

1. 4. Exploitations du type E4 (32%)

Il s'agit d'un groupe d'exploitations moyennes pratiquant l'élevage bovin et le maraîchage mais à une échelle et avec des technologies différentes des exploitations polyvalentes du type **E1**.

Elles sont les plus rencontrées dans le PPI de Kalaat Landlouss, leur poids est estimé à 32%. Les principales variables caractéristiques des exploitations du type **E4** sont récapitulées dans le tableau n° 30.

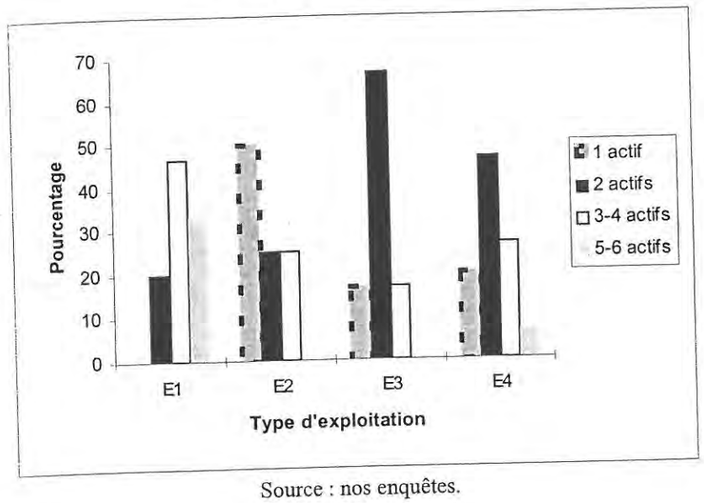
Tableau n° 30 : Caractéristiques principales des exploitations du type E4

Variables ou modalités	
de structure	de fonctionnement
SUP3	TRTM
MOP2	RCFM
MOP3	AG1F
BOV2	AG2M
BOV3	GRG2
---	ASP2
---	TUT2
---	CAPB

Source : nos enquêtes.

Le caractère médian des modalités ci-dessus énumérées montrent bien que ces exploitations sont de type moyen. Le graphique n° 17 montre que le facteur terre dans le groupe 4 n'est pas abondant comme dans le groupe **E1** (**SUP3**, soit superficie irrigable moyenne de 4,3 ha). Le graphique n° 27 montre aussi que la main-d'œuvre familiale ne manque pas (**MOP2 et MOP3**, soit 2 à 4 actifs par exploitation).

Graphique n° 27 : Importance de la main-d'œuvre permanente (familiale et salariée) selon le type d'exploitation



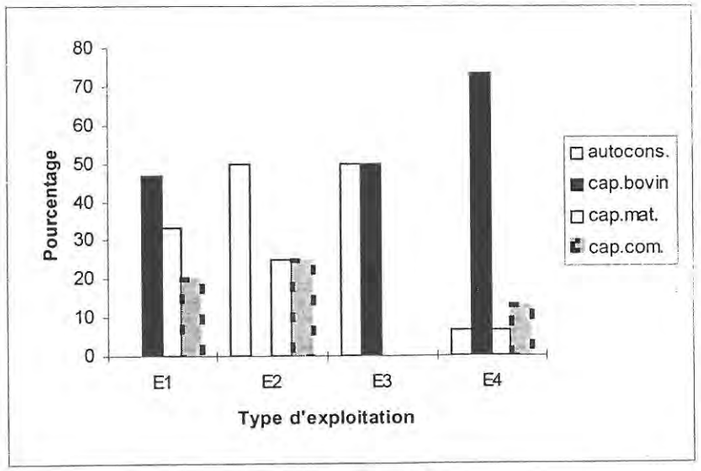
Source : nos enquêtes.

Comme le montre le graphique n° 18, le groupe **E4** fait de l'élevage bovin, l'effectif des UZB est d'environ 6.

Au niveau fonctionnel, « l'abondance » relative de la main-d'œuvre familiale expliquent les modes manuels de ce groupe d'exploitation dans la traite et la récolte des fourrages (cf. graphiques n° 24 et 26).

La diversité des pratiques agricoles du groupe **E4** est perceptible dans le graphique n° 20 et explique aussi la diversification dans l'affectation du revenu agricole dégagé avec une dominance de la capitalisation dans les animaux (cf. graphique n° 28).

Graphique n° 28 : Premier poste d'affectation des revenus agricoles dégagés selon le type d'exploitation



Source : nos enquêtes.

2. Principaux enseignements de la typologie

2.1. Synthèse de la typologie

La typologie des exploitations agricoles dans le PPI de Kalaat Landlouss qui vient d'être présentée a mis en évidence la présence de 4 types d'exploitations agricoles qui opèrent dans le PPI et valorisent l'eau d'irrigation via des systèmes de production différents.

Si les valorisations de la ressource dans les exploitations du type **E1** et **E4** suivent une même logique de diversification des activités agricoles (végétales et animales), elles diffèrent en revanche dans leurs échelles structurelles et dans les technologies mises en œuvre pour réussir le processus de la production.

De l'autre côté, les exploitations du type **E2** et **E3** valorisent l'eau d'irrigation différemment et illustrent de ce fait deux systèmes de production bien originaux. Il s'agit respectivement des maraîchers et des petits éleveurs de bovin.

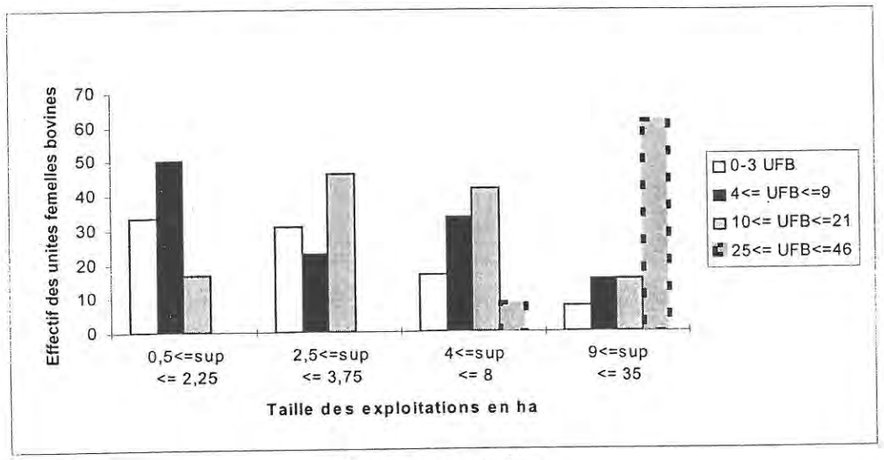
2.2. Principaux traits des exploitations agricoles du PPI

Au-delà des variables discriminatoires qui ont servi à caractériser les différents groupes issus de la typologie des exploitations agricoles dans le PPI de Kalaat Landlouss, nous avons noté quelques fortes relations ou tendances entre diverses variables qui caractérisent l'échantillon des agriculteurs enquêtés. Il s'agit en fait de :

2.2.1. la relation entre cheptel bovin et superficie irrigable

Le graphique n°29 montre que l'effectif du cheptel bovin est bien proportionnel à la superficie irrigable. A partir d'une superficie de 6 ha, les effectifs des troupeaux bovins commencent à devenir importants.

Graphique n° 29 : Importance du cheptel bovin laitier en fonction de la superficie irrigable

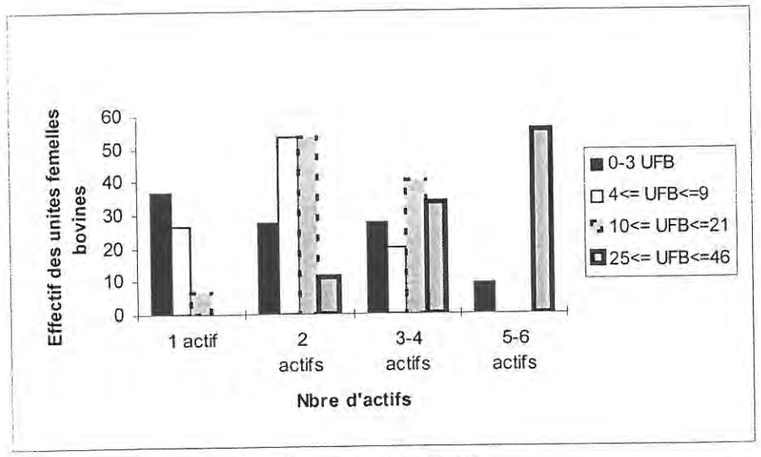


Source : nos enquêtes.

2.2.2. La relation entre cheptel bovin et main-d'œuvre permanente

En plus d'une dépendance de la taille de l'exploitation, l'effectif du cheptel laitier est fonction également de la main-d'œuvre permanente disponible sur l'exploitation. Dans la plupart des cas, cette main-d'œuvre est salariée, à l'exception des petites structures qui conduisent des troupeaux bovins inférieurs à 10 têtes. Les exploitations disposant de plus de 3 actifs permanents comptent plus de 10 unités femelles bovines dans leurs troupeaux (cf. graphique n° 30).

Graphique n° 30 : Importance du cheptel bovin laitier en fonction de la main-d'œuvre permanente disponible sur l'exploitation

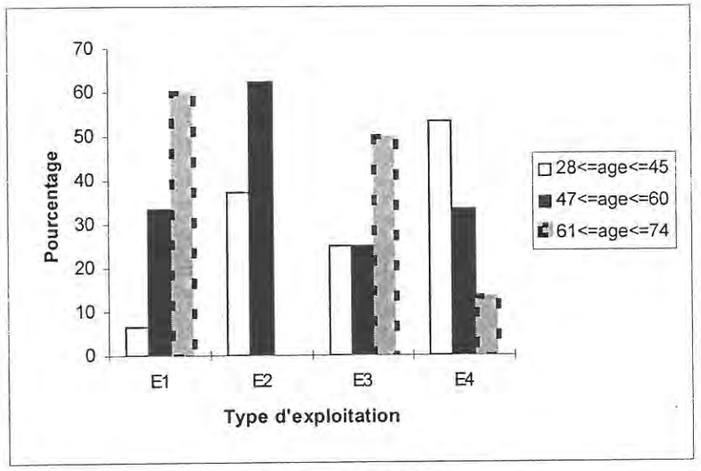


Source : nos enquêtes.

2.2.3. Relation entre âge de l'exploitant et affectation des revenus agricoles dégagés

Avant de présenter la relation entre l'âge de l'exploitant et l'affectation des revenus agricoles dégagés, il est nécessaire de voir la répartition de la variable âge chez les différents groupes d'exploitants agricoles dans le PPI de Kalaat Landlouss (cf. graphique n°31).

Graphique n° 31 : Facteur âge dans les différents groupes d'exploitants agricoles



Source : nos enquêtes.

Les exploitants du type **E1** sont les plus âgés, 60% d'entre eux ont un âge supérieur à 61 ans.
A l'inverse, cette classe d'âge n'existe pas chez les maraîchers **(E2),** ces derniers alternent entre jeunesse (28 à 45 ans) et âge moyen (47 à 60 ans), ceci explique en partie leur pratique des cultures maraîchères, qui exigent beaucoup de travail et de main-d'œuvre.

Les exploitants du type **E3** sont à 50% des vieux (âge supérieur à 61 ans), les 50% qui restent sont partagés équitablement entre âge jeune et âge moyen.

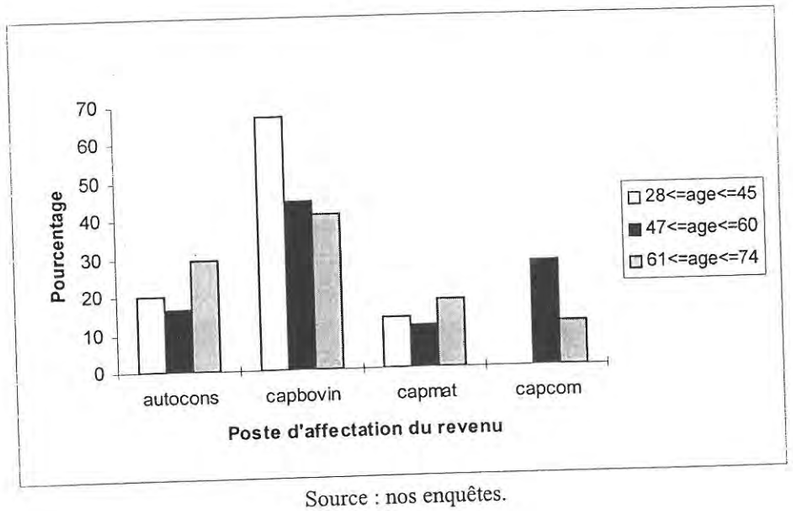
Le groupe **E4** est formé essentiellement de jeunes (plus de 50% ont un âge compris entre 28 et 45 ans), le reste est réparti entre âge moyen et âge avancé avec une supériorité relative de l'âge moyen. En gros, nous pouvons dire que les vieux sont minoritaires dans le groupe **E4**.

Concernant l'affectation des revenus agricoles dégagés en fonction de l'âge des exploitants, une première remarque portera sur la prédominance de la capitalisation dans les bovins pour la totalité des agriculteurs du PPI de Kalaat Landlouss, à l'exception des maraîchers, qui rappelons-le représentent 14% dans l'échantillon enquêté.

Comme le montre le graphique n° 32, la capitalisation bovine est entreprise par toutes les catégories d'âge mais elle est très significative chez les agriculteurs les plus jeunes du PPI (environ 70% des agriculteurs qui capitalisent dans les bovins ont un âge compris entre 28 et 45 ans). L'élevage bovin, en plus de son caractère de capital de production est en fait perçu comme une épargne chez les agriculteurs. Ce sont les plus jeunes qui lui accordent plus d'importance étant donné que les plus vieux ont déjà atteint leur effectif maximum d'unités femelles bovines.

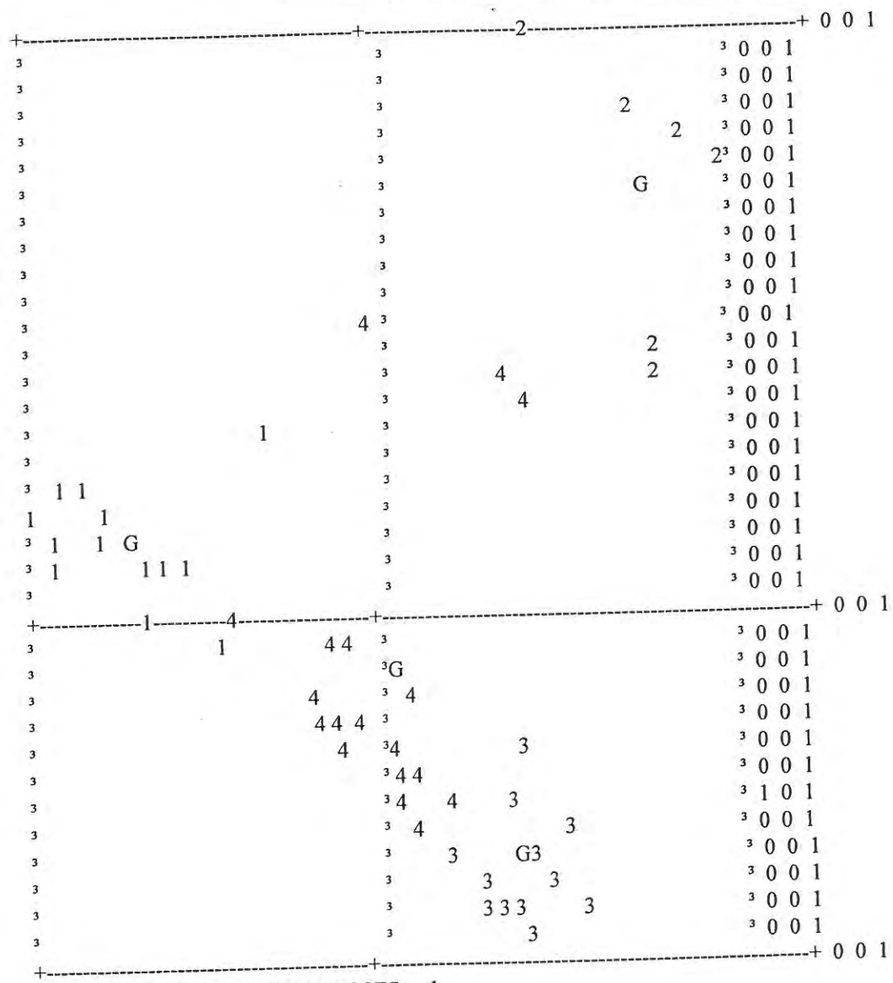
Ceci est également justifié par la capitalisation dans le commerce. Cette dernière rubrique intéresse uniquement peu d'agriculteurs d'âge moyen et avancé et elle n'est pas encore à la portée des jeunes.

Graphique n° 32 : Affectation des revenus agricoles dégagés en fonction de l'âge des exploitants



Source : nos enquêtes.

Graphique n° 33 : Centres de gravité des groupes de la typologie sur le plan factoriel formé par les axes [1 ; 2]



0NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 1

3 (3)

CHAPITRE II : DESCRIPTION DES MODELES DES EXPLOITATIONS AGRICOLES DU PPI DE KALAAT LANDLOUSS (REGION : BASSE VALLEE DE LA MEDJERDA).

Rappel

Nous rappelons que la typologie des exploitations agricoles opérant dans le PPI de Kalaat Landlouss est la suivante :

Tableau n° 31 : Définition des groupes de la typologie des exploitations du PPI de Kalaat Landlouss.

Type	Appellation	Principales activités
E1	grandes exploitations polyvalentes	élevage bovin grandes cultures maraîchage
E2	exploitations moyennes maraîchères	maraîchage
E3	Petites exploitations d'élevage	élevage bovin
E4	exploitations moyennes polyvalentes	élevage bovin maraîchage

source : nos enquêtes.

Nous avons élaboré un deuxième questionnaire et mené une deuxième enquête complémentaire auprès de deux exploitations types de chaque groupe et ce pour collecter des informations très précises en matière de fonctionnement technico-économique des exploitations agricoles issues de notre typologie. Nous nous sommes aidés pour le choix de ces exploitations types des résultats statistiques de la partition hiérarchique. En d'autres termes, le logiciel donne la possibilité de projeter le centre de gravité de chaque groupe de la typologie sur le plan factoriel formé par les axes **[1 ; 2].** Les deux exploitations les plus proches des divers centres de gravité (cf. graphique n° 33 ci-contre) ont fait l'objet de la deuxième enquête approfondie pour alimenter les modèles en données. En définitif, nos modèles sont établis sur des exploitations moyennes relatives à chaque groupe issue de la typologie.

Section 1 : Description des modèles micro-économiques de base

1. Le facteur terre dans les modèles de base

1.1. Occupation annuelle du sol

Le facteur terre dans les 4 types d'exploitations est 100% irrigable. Les cultures sont en majorité annuelles, à l'exception de l'artichaut et de la luzerne.

Les différents niveaux des activités végétales sont représentés par deux variables, **X** et **Y**.

X correspond aux activités végétales annuelles, autres que pérennes qui occupent le sol avant l'annonce éventuelle du rationnement de l'eau d'irrigation pendant l'année agricole en cours. Il s'agit à titre exhaustif et indépendamment du type du modèle, des activités végétales suivantes : artichaut, luzerne, bersim, orge en vert, blé tendre, blé dur, avoine.

Y correspond aux activités végétales annuelles autres que pérennes qui occupent le sol après l'annonce éventuelle du rationnement de l'eau d'irrigation pendant l'année agricole en cours. Il s'agit de : la tomate, la pomme de terre de saison, le melon, la courge et le maïs fourrager. L'équation **(9)** décrit la composition de la superficie irrigable en fonction des variables **X** et **Y**.

$$\sum_{car} X_{car} + \sum_{csr} Y_{csr,n} \leq SIG \qquad (9)$$

avec:
car : indice de l'ensemble des cultures avant restriction
csr : indice de l'ensemble des cultures soumises à la restriction
SIG : superficie irrigable
n : indice de l'ensemble des états de remplissage des barrages, avec **n1** : année de non rationnement et **n2** : année de rationnement de l'eau (réduction de 50% de l'offre en eau d'irrigation avec une probabilité d'une année sur cinq).

1.2. Occupation mensuelle du sol

Le cycle de vie annuel des cultures est représentée mensuellement dans un tableau de présence des cultures. Une culture présente le mois M est illustrée par un coefficient 1, le cas contraire est symbolisé par 0.

L'idée est d'introduire une équation de présence des cultures et par voie de conséquence d'occupation mensuelle du sol. Cette équation permet au modèle de proposer des activités végétales en respectant leur cycle agronomique annuel, et d'éviter des propositions de cultures en dehors du temps normal de leur cycle de vie.

L'équation **(10)** permet également d'apprécier la productivité marginale mensuelle du facteur terre irriguée.

$$\sum_{car} PC_{car,m} * X_{car} + \sum_{csr} PC_{csr,m} * Y_{csr,n} \leq SIG \qquad (10)$$

avec :

PC : présence des cultures
m : indice de l'ensemble des mois de l'année soit **m1** à **m12**.

2. Le facteur travail

La main-d'œuvre familiale est disponible dans les différents types d'exploitations agricoles dans le PPI de Kalaat Landlouss mais dans des proportions différentes.

Le recours à la main-d'œuvre temporaire est fréquent durant la saison estivale surtout dans les exploitations du type **E1** et **E2**. L'équation **(11)** est établie pour permettre à chaque modèle de ne plus recruter de main-d'œuvre temporaire qu'après avoir consommé la totalité de la main-d'œuvre familiale permanente et ce pour chaque mois de l'année agricole. Les besoins **(BT)** en main-d'œuvre par culture sont déterminés mensuellement.

$$\sum_{car} X_{car} * BT_{car,m} + \sum_{csr} Y_{csr,n} * BT_{csr,m} - MOP_m \leq MOT_{m,n} \qquad (11)$$

avec :

BT : besoins en travaux des cultures en jours de travail
MOP : main-d'œuvre permanente, le plus souvent familiale
MOT : main-d'œuvre temporaire recrutée en cas de besoin.

3. l'eau d'irrigation

3.1. La quantité d'eau consommée

L'eau d'irrigation dans le PPI de Kalaat Landlouss provient des eaux du nord. Le système de la Medjerda est principalement alimenté par le barrage de Sidi Salem, via celui de Laroussia. Et d'une manière générale, la superficie à irriguer annuellement et surtout en espèces annuelles estivales est fonction de la disponibilité de l'eau du barrage de Sidi Salem. Le niveau des réserves de ce dernier dépend en premier lieu de la pluviométrie accumulée et de la demande en eau dans les années précédentes. La consommation en eau des cultures va dépendre de la fréquence des lachures à usage agricole et en dernière analyse de la qualité pluviométrique de l'année en question.

L'équation **(12)** détermine d'une manière trop simplifiée la consommation en eau des cultures irriguées dans un modèle de base.

$$\sum_{car} X_{car} * CONSEAU_{car,n} + \sum_{csr} Y_{csr,n} * CONSEAU_{csr,n} = EC_n \qquad (12)$$

où :

CONSEAU : consommation en eau de chaque culture en m3
EC : eau consommée par chaque type d'exploitation en fonction des années **n**.

3.2. Qualité de l'eau consommée : rapports – salinité, activités végétale – et rendements des cultures

L'aspect qualitatif de la ressource en eau est intégré dans les modèles de base en terme d'impacts de la salinité de l'eau d'irrigation sur les rendements des cultures et le fait même de pratiquer ou non certaines cultures. En effet, des cultures comme la pomme de terre de saison et d'arrière saison sont actuellement « rayées » de la gamme des activités maraîchères dans le PPI de Kalaat Landlouss. C'est la raison pour laquelle elles ne figurent pas dans les activités des modèles de base des types d'exploitations pratiquant le maraîchage. Egalement, la qualité de l'eau d'irrigation ou plus précisément la salinité de l'eau influe sur les rendements des cultures. Dans les modèles de base, nous avons intégré les rendements de toutes les activités végétales selon les conditions de salinité de la campagne 1997/1998 et qui sont les suivantes :

- Salinité en hiver : 3,28 g/l
- Salinité en été : 2,6 g/l.

Nous notons par la même occasion que ces niveaux de salinité vont « rester stables » et ce jusqu'à l'an 2000, échéance à laquelle, les pouvoirs publics compétents commenceront à mettre en œuvre le projet « qualité-filtration » des eaux du nord qui vise l'amélioration graduelle de la qualité de l'eau d'irrigation en rabattant sensiblement leur salinité et en piégeant les algues qui ne cessent de perturber le fonctionnement hydromécanique des réseaux sous pression dans la Basse Vallée de la Medjerda (BVM).

De ce fait, tous les calculs de modification ultérieure et d'amélioration des rendements des cultures et l'apparition éventuelle de certaines activités suite au retour des conditions propices à leurs pratiques prennent comme base de niveau de salinité et de rendements les données constatées au cours de nos enquêtes et qui constituent des données empiriques recueillies au cours de la campagne 1997/1998.

3.3. Tarification proportionnelle et coût de l'eau consommée

Les modèles de base sont établis selon les conditions agro-économiques de la campagne 1997/1998. Le type de tarification utilisé au cours de cette campagne est la tarification classique dite « proportionnelle », autrement dit, les charges de l'eau d'irrigation sont facturées selon la

consommation et selon un prix unique fixé par le service gestionnaire de la ressource à savoir dans le cas de figure, la division de l'hydraulique et l'équipement rural (DHER) du CRDA de l'Ariana. Nous rappelons que le prix du m3 d'eau d'irrigation durant la campagne 1997/1998 était de 0,105 DT.

L'équation **(13)** définit le coût de l'eau d'irrigation dans les modèles de base pour toutes les exploitations du PPI de Kalaat Landlouss, quelque soit le système de production pratiqué.

$$\left(\sum_{car} X_{car} * CONSEAU_{car,n} + \sum_{csr} Y_{csr,n} * CONSEAU_{csr,n} \right) * PEAU = CHARGO_n \qquad (13)$$

avec :

PEAU : prix du m3 d'eau à la borne selon la tarification proportionnelle en DT
CHARGO : coût total de l'eau supporté par chaque type d'exploitation en DT.

4. Le système d'élevage bovin

Nous avons arrêté pour chaque type d'exploitation qui pratique la production animale son mode de conduite du troupeau bovin et ce en traçant la trajectoire de l'effectif des bovins au cours de l'année, il a été décidé de retenir l'unité zootechnique bovine **(UZB[44])** comme unité de calcul de l'effectif des bovins.

En plus des données des enquêtes, les hypothèses considérées pour les calculs de gestion du troupeau bovin pour chaque type d'exploitation dans le PPI de Kalaat Landlouss sont récapitulées dans le tableau n° 32 suivant.

Tableau n° 32 : Hypothèses ayant servi dans calcul de la composition des troupeaux bovins en UZB selon le type d'exploitation

Hypothèses	E1	E3	E4
Fertilité en %	96	90	90
Mortalité de 0 à 1 an en %	4	10	10
Mortalité de 1 à 3 ans en %	2	3	3
Mortalité des vaches laitières en %	2	3	3
Vente des velles à 12 mois en %	66	50	66
Vente des veaux à 12 mois en %	**100**	**100**	**100**
Taux de renouvellement en %	14	20	14
Ventes de vaches réformées en %	14	19	14

Source : nos enquêtes.

Il ressort de ce tableau que la production animale au PPI de Kalaat Landlouss est orientée vers la production laitière, la production de viande ne constitue pas la finalité du système de production animal, ceci est illustré par des ventes de 100% des naissances mâles. En effet, 100% des veaux

[44] Une UZB constitue une vache laitière et ses dérivées : veau, velle et leur trajectoire dans le futur : ils peuvent être soit gardés, soit vendus après un certain temps et ce en fonction des décisions de l'agriculteur. Les taux de mortalité sont également pris en compte dans le calcul de la trajectoire de formation du cheptel.

sont vendus à l'âge de 12 mois et c'est uniquement une proportion des velles qui est gardée pour garantir ultérieurement le renouvellement du cheptel laitier après le départ des vaches âgées de réforme.

A partir des données des enquêtes et en utilisant les hypothèses ci-dessus énumérées, il nous a été possible de dresser la composition et le fonctionnement de chaque troupeau bovin en fonction des exploitations pratiquant l'élevage laitier. Cette composition est basée sur la situation actuelle des exploitations et sur les stratégies à court terme de chaque type d'éleveur (cf. tableau n° 33).

Tableau n° 33 : Fonctionnement du système de production animale

Type	Composition du cheptel bovin
E1	1VL[45]+0,46 vo (0-1an)+0,46 vel (0-1an)+0,14 génisses (1-2ans)+0,14 génisses (2-3ans)
E3	1VL+0,45 vo (0-1an)+0,45 vel (0-1an)+0,2 génisses (1-2ans)+0,2 génisses (2-3ans)
E4	1VL+0,45 vo (0-1an)+0,45 vel (0-1an)+0,14 génisses (1-2ans)+0,14 génisses (2-3ans)

Source : nos calculs.

Ces équations ont ensuite servi à arrêter, en fonction des types d'exploitations, les productions[46] et les charges[47] afférentes à chaque UZB.

La conduite du troupeau bovin en terme d'alimentation en fourrage vert et sec a constitué un thème très important dans notre travail de modélisation. Les enquêtes primaire et secondaire ont montré que l'alimentation du cheptel bovin dans les exploitations agricoles pratiquant l'élevage se fait par deux menus au cours de l'année. Il s'agit d'un menu d'hiver à base de bersim et d'orge en vert et d'un menu d'été basé sur le maïs fourrager et la luzerne. Le foin d'avoine et le concentré (à base de son, d'orge et de maïs broyé) sont des aliments qui interviennent transversalement le long de l'année. Cependant, les quantités d'aliments frais ou secs apportées aux animaux diffèrent d'un type d'exploitation à un autre et le résultat du mode d'alimentation (tant quantitative que qualitative) ressort au niveau des produits en lait, en viande jeune et viande de réforme que tire chaque type d'exploitation de chaque unité zootechnique conduite.

4.1. Le cas des cultures fourragères consommées en vert

A partir de nos enquêtes, nous avons établi des normes d'unités de superficies physiques fourragères minimales pour garantir l'alimentation des bovins telle que nous l'avons constaté dans nos exploitations types. Bien entendu, ces types d'alimentation sont pratiqués dans les exploitations du type **E1, E3, E4** et supposés couvrir les besoins en Unités Fourragères Lait **(UFL)** et en Matières Azotées Digestibles **(MAD).** Les équations **(14.1), (14.2), (14.3),** et **(14.4)** représentent les superficies physiques minimales en cultures fourragères en vert nécessaires à l'alimentation d'une unité zootechnique telle que constatées dans les différents types d'exploitations agricoles pratiquant l'élevage bovin.

[45] VL : vaches laitières, vel : velles, vo : veaux.
[46] Il s'agit de la viande jeune, viande de réforme et lait.
[47] Il s'agit des superficies physiques en divers cultures fourragères nécessaires pour alimenter en verdure une UZB, ainsi que le foin, le concentré, l'eau d'abreuvement, le salaire du vacher et les soins pathologiques monétarisés.

$$X_{'bersim'} \geq CONVBESF_{'bersim'} * UZB \qquad \textbf{(14.1)}$$

$$Y_{'mais',n} \geq CONVBESF_{"mais'} * UZB \qquad \textbf{(14.2)}$$

$$X_{'luzerne'} \geq CONVBESF_{"luzerne'} * UZB \qquad \textbf{(14.3)}$$

$$X_{'orgvert'} \geq CONVBESF_{"orgvert'} * UZB \qquad \textbf{(14.4)}$$

où :

UZB : nombre d'unités zootechniques élevées dans chaque type d'exploitation
CONVBESF : superficie physique minimale à emblaver pour nourrir une unité zootechnique. Les cultures fourragères consommées en vert sont la luzerne, le maïs fourrager, le bersim et l'orge en vert.

4.2. Le cas du foin et des dérivés des céréales

La culture du foin la plus pratiquée dans le PPI de Kalaat Landlouss est l'avoine. Cette dernière constitue une culture pivot dans l'alimentation du cheptel bovin. C'est l'aliment régulateur utilisé pour tamponner les effets négatifs d'éventuelles périodes de disettes. Toutes les exploitations pratiquant l'élevage bovin produisent presque la totalité de leur foin nécessaire sur place. Cependant, l'avoine n'est pas conduite de la même façon dans les exploitations du type **E1, E3,** et **E4** et par voie de conséquence les rendements en balles / ha ou en tonnes de foin sec / ha vont être différents selon l'itinéraire technique adopté dans la conduite de la culture. Nous avons également défini un coefficient **(gortvd)** qui convertit en sec la masse fourragère d'avoine en vert. Ce coefficient va dépendre du rendement en masse verte de l'avoine et par conséquent du type de l'exploitation.

Les dérivés des céréales sont également valorisés dans les exploitations pratiquant l'élevage bovin. La paille produite par l'orge en vert et le blé tendre sont aussi introduites après correction[48] dans l'équation **(15)** de l'affouragement en sec du cheptel.

$$X_{'avn'} * RDT_{'anv',n} / gortvd + QG_n + \sum_{car} X_{car} * pail_{n,car} \geq GORT * UZB \qquad \textbf{(15)}$$

avec:

RDT : rendement de l'avoine en masse verte selon les années
gortvd : coefficient de conversion de la masse d'avoine verte en foin sec
QG : achat éventuel du foin sec sur le marché local
pail : rendement en tonne de paille des cultures **'car'** comme l'orge en vert et le blé tendre
GORT : quantité annuelle en foin sec consommée par une unité zootechnique.

[48] On admet que les apports en UFL et MAD de la paille constituent le 1/3 des apports du foin.

4.3. Le cas du concentré

La consommation du concentré est omniprésente dans les modes d'alimentation du cheptel bovin des exploitations du type **E1, E3 et E4**. Comme toute pratique, les quantités de son et de concentré présentées aux animaux diffèrent d'un type d'exploitation à une autre et le résultat de chaque mode est sanctionné au niveau de la production laitière par unité zootechnique conduite par chaque type d'exploitation. L'approvisionnement en son et concentré se fait sur le marché. Cependant, quelques parcelles d'orge en vert sont exploitées en verdure une seule fois, puis fertilisées encore et laissées pour la production de l'orge en grain qui est destinée essentiellement à l'alimentation du cheptel bovin. Cette pratique permet d'alléger les dépenses relatives à l'acquisition du son et du concentré et permet également de réguler et de tamponner les périodes de non disponibilité du son et du concentré sur le marché local et sur les marchés environnants.

L'équation **(16)** retrace le bilan de l'utilisation du concentré dans l'alimentation du cheptel bovin par les exploitations du type **E1, E3 et E4.**

$$SON * UZB \leq QS + \sum_{car} X_{car} * grain_{n,car} \qquad (16)$$

où :

SON : quantité annuelle de concentré consommée par une unité zootechnique
QS : achat de son et concentré sur le marché local et sur les marchés environnants.
grain : production en tonne de grain des parcelles d'orge laissées à la production de grains.

Après vérification des normes théoriques en matière d'alimentation des cheptels bovins laitiers, nous avons constaté que la conduite alimentaire du cheptel de l'exploitation du type **E1** est la plus proche des besoins théoriques, les exploitations du type **E3** et **E4** n'arrivent pas à satisfaire les besoins de leur cheptel en **UFL** et **MAD** convenablement durant toute l'année. Cette différence dans les modes alimentaires des différents types d'exploitations est sanctionnée par une différence remarquable au niveau de la production laitière par unité zootechnique conduite. Les soins pathologiques non gratuits interviennent également au niveau de la productivité des unités zootechniques. Les exploitations du type **E1** ont un recours continu aux consultations vétérinaires à tous les stades de conduite : inséminations artificielles, contrôle de routine durant la gestation, la phase des mise-bas et l'assistance vétérinaire en alimentation. Les exploitations du type **E3** et **E4** se contentent généralement d'avoir recours aux consultations vétérinaires uniquement pour assurer les inséminations artificielles et elles font rarement appel aux vétérinaires pour conduire des mises-bas.

4.4. La taille du troupeau bovin

L'effectif des unités zootechniques composant le cheptel bovin dépend de plusieurs facteurs dont notamment la terre et la main-d'œuvre familiale permanente et disponible sur l'exploitation. Compte tenu du succès relatif de la filière lait dans la région, toutes les exploitations pratiquant l'élevage bovin capitalisent dans la production laitière et ce en augmentant graduellement les effectifs des vaches laitières et des génisses pleines.

Mais au bout d'un moment, et compte tenu des contraintes de terre et de main-d'œuvre ci-dessus mentionnées, les exploitations agricoles sont supposées atteindre leur maximum ou leur potentiel dans la conduite de l'élevage bovin laitier.

A cet effet, nous avons déterminé d'une manière empirique pour chaque type d'exploitation le maximum de vaches laitières qu'il peut conduire 'convenablement'[49].

Les réponses des exploitations types sont traduites dans l'équation **(17)**.

$$UZB \leq EFFMAX \qquad (17)$$

avec :

UZB : nombre d'unités zootechniques conduites dans l'exploitation
EFFMAX : maximum d'unités zootechniques que peut conduire l'exploitation compte tenu surtout de ses ressources en terre et en main-d'œuvre familiale disponible.

5. La place du maraîchage dans le PPI de Kalaat Landlouss

Dans le PPI de Kalaat Landlouss, l'Etat a tout fait pour consolider les systèmes de production laitiers et par voie de conséquence la filière « lait » alors que le maraîchage continue à être pratiqué dans une moindre importance en dépit d'une qualité médiocre de l'eau d'irrigation et d'une tarification « musclée » qui ne cesse de défavoriser une valorisation de l'eau d'irrigation via les cultures maraîchères. En effet, nous avons bien constaté que la stratégie de l'Etat a bel et bien épousé celle des agriculteurs et ceci par l'engagement de ces derniers dans l'adoption de l'élevage bovin laitier de race pure. Les systèmes maraîchers ont tendance dans la situation actuelle et à moyen terme[50] à se stabiliser en terme d'occupation des terres irriguées, voire dans l'extrême des cas à disparaître de la composition des systèmes de production. Les équations **(18.1), (18.2)** et **(18.3)** illustrent la pratique du maraîchage des exploitations du type **E1**, **E2** et **E4** pour des raisons agronomiques et de contraintes de main-d'œuvre familiale permanente. Nous signalons que la culture de la tomate se pratique du fait de l'existence d'une filière tomate bien ancrée dans la BVM.

$$\sum_{mare} Y_{mare,n} \leq SIG * RATME_n \qquad (18.1)$$

$$\sum_{marh} X_{marh} \leq SIG * RATMH \qquad (18.2)$$

$$\sum_{mare} Y_{mare,n} + \sum_{marh} X_{marh} \leq SIG * RATMT_n \qquad (18.3)$$

[49] Le terme 'convenablement' revient aux modes de conduite alimentaires observés chez chaque type d'exploitation. Il s'agit de pratiques réelles d'agriculteurs-éleveurs en matière d'alimentation des bovins.

[50] La tarification préférentielle applicable de 1999 à 2001 a tendance à pénaliser le maraîchage, et stimuler la céréaliculture et les cultures fourragères, elle met les maraîchers en difficulté par rapport aux éleveurs des bovins. C'est pour toutes ces raisons et autres considérations de main-d'œuvre et de rotations agronomiques que le maraîchage est pratiqué selon des ratios ou des maximas dans chaque type d'exploitation agricole, à l'exception des exploitations du type E3, qui font uniquement de l'élevage bovin laitier.

où :

mare : indice de l'ensemble des cultures du maraîchage d'été
ratme : ratio du maraîchage d'été par rapport à la superficie irrigable
marh : indice de l'ensemble des cultures du maraîchage d'hiver
ratmh : ratio du maraîchage d'hiver par rapport à la superficie irrigable
ratmt : ratio du maraîchage total par rapport à la superficie irrigable.

6. Pratiques culturales spécifiques et rotations particulières

Dans le PPI de Kalaat Landlouss, la culture maraîchère la plus pratiquée est celle de la tomate de saison (variété tardive, dite localement « *Mazouzi* »). Cependant, le mode de conduite de cette culture diffère d'un type d'exploitation à un autre. Il s'agit principalement du système d'irrigation utilisé pour la conduite de la tomate. Les exploitations du type **E1** et **E2**, respectivement les grandes exploitations polyvalentes et les exploitations moyennes maraîchères utilisent des systèmes d'irrigation et de fertilisation localisés, il s'agit de la technique de la « fertigation », laquelle technique a permis aux exploitations du type **E1** et **E2** de tirer des rendements respectables (60 à 70 tonnes/ha) et d'anéantir par voie de conséquence les effets de baisse de rendement causés par la montée de la salinité des eaux d'irrigation. D'autres types d'exploitations, à l'instar des **E4** (exploitations moyennes polyvalentes) continuent à pratiquer la culture de la tomate et la conduisent en gravitaire.

Selon Hazell et Norton (1986), on peut introduire dans un modèle plusieurs activités qui concernent une seule espèce, mais chaque activité est définie par rapport à une technique de conduite telle que le mode d'irrigation, de fertilisation, et de traitement sans pour autant violer les principes de la programmation linéaire.

C'est pour cette raison que dans les modèles de base figurent des activités différentes pour une même espèce maraîchère. Il s'agit de la tomate conduite en fertigation chez **E1** et **E2**, et de la tomate en gravitaire pratiquée par **E4**. Dans ce même ordre d'idée, nous constatons que les exploitations du type **E1** font du blé tendre à travers deux activités. En effet, le blé tendre peut venir derrière une tomate de fertigation (il s'agit du blé tendre nommé bltdfg dans le modèle type **E1**) ou derrière une autre céréale ou rarement derrière une jachère travaillée.

Dans les exploitations du type **E1**, les agriculteurs conscients de l'importance de la quantité de fertilisants apportée à la tomate via la fertigation réservent les parcelles utilisées à la culture du blé tendre et ce pour permettre à cette dernière de pomper le reliquat des éléments nutritifs restés au sol et qui n'ont pas encore migré dans des horizons profonds du sol. Cette technique a permis à ses pratiquants d'avoir des bons rendements en blé tendre. L'équation **(19)** illustre la pratique du blé tendre derrière la tomate en fertigation.

$$Y_{'tomgg',n} \geq X_{'bltdfg'} \qquad \textbf{(19)}$$

où :

tomgg : tomate conduite en fertigation
bltdfg : blé tendre venant derrière une tomate conduite en fertigation.

Dans les exploitations du type **E2** (celles qui font uniquement du maraîchage), se pratiquent les cultures des cucurbitacées (melon et courge). Ces cultures sont soumises au rationnement de l'eau et se pratiquent dans des proportions de sol moindres comparativement à la tomate. L'équation **(20)** présente la pratique des culture du melon et de la courge chez **E2**.

$$\sum_{curb} Y_{curb,n} \leq SIG * RATCB_n \qquad \textbf{(20)}$$

avec :

curb : indice de l'ensemble des cultures appartenant à la famille des cucurbitacées
ratcb : ratio des cucurbitacées par rapport à la superficie irrigable.

7. La fonction objectif

Comme son nom l'indique, la fonction objectif traduit dans un modèle d'optimisation les objectifs qui influent énormément dans la prise de décision de tout agent économique. Dans le PPI de Kalaat Landlouss, il s'agit de maximiser le revenu brut de chaque type d'exploitation et ce en fonction des activités végétales et animales entreprises dans l'exploitation. Ce revenu brut est un revenu espéré étant donné qu'il dépend de la probabilité d'occurrence de chaque état de nature d'eau disponible dans le barrage de Sidi Salem. L'équation **(21)** montre la reproduction en écriture algébrique dans les modèles de base le revenu espéré (RVE) par les agriculteurs selon les systèmes de production pratiqués dans le PPI de Kalaat Landlouss.

$$RVE = \sum_{car,n}\Big(\big(\big(RDT_{car,n} * PRX_{car,n}\big) - CHO_{car}\big) * X_{car} * proba_n\Big)$$

$$+ \sum_{csr,n}\Big(\big(\big(RDT_{csr,n} * PRX_{csr,n}\big) - CHO_{csr}\big) * Y_{csr,n} * proba_n\Big)$$

$$- \sum_{m,n} MOT_{m,n} * PMOT * proba_n - \sum_n CHARGO_n * proba_n$$

$$+ UZB * \Big(PRODA - ABRV * PEAU - PATHO\Big) - \sum_n QG_n * PGORT * proba_n$$

$$- QS * PSON - SALVACH \qquad \textbf{(21)}$$

où :

RDT : rendement des cultures selon la variation de l'offre due au remplissage ou non du barrage de Sidi Salem.
PRX : prix de vente des cultures selon la variation de l'offre.
CHO : charges opérationnelles des activités végétales à l'exception des redevances hydrauliques.
proba : probabilités du rationnement ou non de l'eau dans le PPI.
MOT : main-d'œuvre temporaire recrutée en cas de besoin en jours.

PMOT : salaire en DT de la main-d'œuvre temporaire recrutée.

CHARGO : redevances hydrauliques annuelles payées par l'exploitation.

PRODA : valeur totale de la production animale : cette valeur intègre la production laitière et les productions des viandes jeunes et de réforme.

ABRV : volume d'eau consommé annuellement par une unité zootechnique.

PEAU : prix du m3 d'eau à la borne.

PATHO : coût des soins pathologiques et des interventions vétérinaires imputés à chaque unité zootechnique conduite.

QG : quantité de foin éventuellement acheté sur le marché.

PGORT : prix du foin sur le marché.

SON : quantité de concentré et de son achetés sur le marché.

PSON : prix du concentré sur le marché.

SALVACH : salaire annuel du vacher.

8. La prise en compte du risque dans les modèles

Les modèles de base des exploitations agricoles du PPI de Kalaat Landlouss qui seront ultérieurement décrits sont du type stochastique. La prise en compte du risque est réelle et relève bien de la pratique. Guidé par des nécessités d'utilité de notre travail au niveau décisionnel, nous avons intégré la manière dont une haute commission au sein du ministère de l'agriculture gère l'eau en cas de pénurie. L'approche de la gestion de l'eau et sa distribution par cette commission est du type « binaire ». Il s'agit oui ou non de rationner l'eau d'irrigation . Cette décision est prise après avoir déduit les besoins domestiques et d'autres besoins classés prioritaires.

La décision est généralement prise au début du mois de Mars de chaque année, date supposée opportune et qui coïncide avec le moment où les agriculteurs commencent à préparer la saison irriguée estivale.

Les agriculteurs du PPI de Kalaat Landlouss se sont habitués à s'attendre à ce genre de décision de la part du service gestionnaire de l'eau, et s'ils ont la certitude de pouvoir irriguer convenablement leurs cultures d'hiver, il n'en est pas de même pour les cultures fourragères et maraîchères d'été. L'incertitude dans les quantités d'eau disponibles a été introduite dans les modèles de base par l'utilisation d'une structure stochastique en fonction de la procédure ou pas du rationnement de l'eau d'irrigation.

La probabilité de rationner l'eau d'irrigation est de 0,2 ; celle du non rationnement est de 0,8. Le rationnement pratiqué par l'autorité compétente en la matière consiste généralement en une réduction de 50% de l'offre estivale en eau d'irrigation. La priorité dans l'irrigation est accordée aux cultures fourragères, puis stratégiques, des cultures comme les cucurbitacées viennent en

dernière position. Il s'agit de sauvegarder le patrimoine productif existant, dans le cas d'espèce, le cheptel bovin en est l'objectif et il est sauvé via la mise en eau habituelle des parcelles fourragères.

Nous signalons que l'année **1998** au cours de laquelle, nous avons réalisé nos enquêtes est une année du type **N1** (la ressource n'est pas rationnée). La dernière année du type **N2** (la ressource est rationnée) qu'ont connu les agriculteurs du PPI de Kalaat Landlouss remonte à **1995**.

Faute de ne pas avoir trouvé la variabilité de la production des cultures par rapport aux différents niveaux d'apports d'eau d'irrigation résultant d'un modèle agronomique, nous nous sommes contentés d'aborder ces aspects d'un point de vue empirique.

9. Le calage des modèles de base

Nous signalons à la fin de cette partie relative à la description des modèles individuels que ces derniers sont calés sur des valeurs moyennes de variables pour chaque type d'exploitation. Les modèles de base ainsi construits représentent la moyenne de chaque type d'exploitation. La technologie utilisée dans la conduite des productions végétales et animales est recueillie auprès de deux agriculteurs pour chaque type d'exploitation retenue et ces données sont revues et corrigées avec les responsables locaux dans le PPI de Kalaat Landlouss (aigadiers, chef des CRA et CTV, le vétérinaire et son adjoint, les vendeurs des intrants, les responsables des centres de collecte du lait, etc...).

10. Description du modèle agrégé

La méthode d'agrégation adoptée consiste à intégrer les 4 modèles d'exploitations agricoles dans un seul modèle et ce dans un cadre d'équilibre partiel. Toutes les contraintes individuelles sont reportées dans le modèle agrégé. Le graphique n°34 ci-contre représente un schéma simplifié de la structure du modèle agrégé de base que nous allons décrire dans les paragraphes suivantes.

La seule liaison entre les différents modèles individuels représente la gestion communale de l'eau d'irrigation qui en dernière analyse peut être assimilée à un transfert de ressource. L'équation **(22)** détermine la consommation en eau d'irrigation des exploitations agricoles du PPI de Kalaat Landlouss.

$$\sum_{car} X_{car,e} * CONSEAU_{car,e,n} + \sum_{csr} Y_{csr,n,e} * CONSEAU_{csr,e,n} = EC_{n,e} \qquad \textbf{(22)}$$

où :

CONSEAU : consommation en eau de chaque culture, par année et par exploitation.
EC : eau consommée par chaque type d'exploitation en fonction des années **n**.
e : indice de l'ensemble des exploitations du PPI.

Cette consommation d'eau par type d'exploitation et par année multipliée par le poids de chaque type d'exploitation ne devrait pas dépasser l'offre en eau d'irrigation réservée annuellement au PPI de Kalaat Landlouss. L'équation **(23)** limite la consommation totale d'eau d'irrigation dans le PPI à la valeur de l'eau disponible au cours de l'année en question.

$$\sum_{e} EC_{n,e} * PDS_e \leq OFFO_n \qquad \textbf{(23)}$$

où :

EC : eau consommée dans chaque exploitation et selon la qualité des années.
PDS : poids du type d'exploitation dans le PPI.
OFFO : eau d'irrigation disponible pour le PPI selon la qualité des années.

Compte tenu de l'indisponibilité de données quantitatifs fiables relatifs au fonctionnement du marché foncier et aux transferts de la terre dans le PPI de Kalaat Landlouss, l'agrégation n'a pu intégré ces aspects.

Nous nous sommes contentés d'écrire une équation **(24)** dans laquelle la somme des superficies des activités en X et en Y ne doit pas dépasser la superficie corrigée[51] du PPI.

$$\sum_{e,car} X_{car,e} * PDS_e + \sum_{e,csr} Y_{csr,n,e} * PDS_e \leq SUPPP \qquad \textbf{(24)}$$

avec :

SUPPP : superficie totale corrigée du PPI en tenant compte du biais de l'échantillon aléatoire de l'enquête de base.

Les échanges entre les exploitations concernant la main-d'œuvre sont quasiment inexistants, la totalité de la main-d'œuvre temporaire recrutée le plus souvent en été est cherchée en dehors de la région.

[51] Le fait que l'échantillon d'agriculteurs sujet de notre typologie support de nos modèles de base est aléatoire, la superficie du PPI dans le modèle agrégé (3488 ha) ne coïncide pas exactement avec la superficie réelle du PPI (3337 ha).

La fonction objectif dans le modèle agrégé de base est le revenu espéré dans le PPI de Kalaat Landlouss. Comme le montre l'équation **(25),** il s'agit de la somme des revenus espérés par chaque type d'exploitation multiplié par le poids de chaque type d'exploitation opérant dans le PPI.

$$Z = \sum_{e} RVE_e * PDS_e \qquad \textbf{(25)}$$

avec

$$RVE_e = \sum_{car,n}\Big(\big(\big(RDT_{car,e,n} * PRX_{car,e,n} \big) - CHO_{car,e} \big) * X_{car,e} * proba_n \Big)$$

$$+ \sum_{csr,n}\Big(\big(\big(RDT_{csr,e,n} * PRX_{csr,e,n} \big) - CHO_{csr,e} \big) * Y_{csr,n,e} * proba_n \Big)$$

$$- \sum_{m,n} MOT_{m,n,e} * PMOT * proba_n - \sum_{n} CHARGO_{n,e} * proba_n$$

$$+ UZB_e * \Big(PRODA_e - ABRV_e * PEAU - PATHO_e \Big) - \sum_{n} QG_{n,e} * PGORT * proba_n$$

$$- QS_e * PSON - SALVACH_e$$

PDS : poids du type d'exploitation dans le PPI.

Section 2 : Principales simulations

1. Introduction de la tarification préférentielle dans les modèles individuels (50% de réduction du prix de l'eau pour les céréales et les fourrages).

1.1. Horizon temporel : 1999-2001

Nous allons décrire succinctement les modèles fonctionnant sous l'horizon de temps ci-dessus mentionné et intégrant une nouvelle tarification dite « préférentielle », favorisant la céréaliculture, les cultures fourragères et pénalisant encore le maraîchage. L'application de ce type de tarification est entrée en vigueur au début de la campagne agricole en cours (1998/1999) et les pouvoirs publics compétents (Direction générale du génie rural du ministère de l'agriculture) comptent appliquer cette tarification d'ici l'an 2001.

Dans cet horizon de temps et au début de l'année 2000, commence l'exécution du projet de l'amélioration de la qualité de l'eau dans la BVM et les premiers fruits de ce projet sont attendues vers l'an 2001. A cet effet, l'amélioration dans les rendements des cultures est prise en compte dans les modèles individuels et ce pour l'année 2001.

1.2. Principales différences entre les modèles individuels de base et les modèles individuels intégrant la tarification préférentielle

La structure générale des modèles reste inchangée. Cependant, les équations relatives à la consommation et aux coûts de l'eau vont changer du fait de l'existence de deux types de prix et ce en fonction des cultures qui bénéficient ou pas de ces tarifs préférentiels de l'eau. La consommation en eau des cultures autres que les céréales et les fourrages est payée au tarif normal, c'est à dire selon la tarification proportionnelle comme pour la campagne 1997/1998.

Au cours de la première année (1999), le prix du m3 d'eau payé au tarif proportionnel **(PEP)** est de 0,12 DT ; en l'an 2000, il sera de 0,135 DT ; pour arriver théoriquement à 0,15 DT en l'an 2001.

Pour le cas des céréales et des cultures fourragères, ces derniers bénéficient d'un tarif préférentiel **(PP),** il s'agit de payer la consommation des céréales et des cultures fourragères avec un prix préférentiel **PP** de 50% en moins par rapport à **PEP**, comme le montre l'équation **(26).**

$$PP_{nf} = 0.5 * PEP_{nf} \qquad (26)$$

avec :

PEP : prix du m3 d'eau payé au tarif proportionnel.
PP : prix du m3 d'eau payé au tarif préférentiel.
nf : indice de l'ensemble des années futures (nf concerne ici la période de 1999 à 2001).

Partant de cette différence dans le règlement de la consommation en eau selon les cultures, il était question d'écrire deux équations distinctes de la consommation en eau et ce en fonction des cultures et du mode de règlement .

Les équations **(27)** et **(28)** montrent respectivement la consommation d'eau des cultures bénéficiant du tarif préférentiel et celles qui continuent à être pratiquées et payées au tarif proportionnel et ce pour chaque exploitation et selon qu'on fasse du rationnement ou pas.

$$\sum_{carp} X_{carp,e} * CONSEAU_{carp,e,n} + \sum_{csrp} Y_{csrp,n,e} * CONSEAU_{csrp,e,n} = CEPREF_{n,e} \qquad (27)$$

avec :

carp : indice de l'ensemble des cultures avant restriction de l'eau et payées selon le prix préférentiel **(PP).**

csrp : indice de l'ensemble des cultures soumises à la restriction de l'eau et payées selon le prix préférentiel **(PP).**

CEPREF : consommation totale des cultures payées au tarif préférentiel.

$$\sum_{carpr} X_{carpr,e} * CONSEAU_{carpr,e,n} + \sum_{csrpr} Y_{csrpr,n,e} * CONSEAU_{csrpr,e,n} = CEPROP_{n,e} \qquad (28)$$

avec :

carpr : indice de l'ensemble des cultures avant restriction de l'eau et payées selon le prix proportionnel **(PEP).**

csrpr : indice de l'ensemble des cultures soumises à la restriction de l'eau et payées selon le prix proportionnel **(PEP).**

CEPROP : consommation totale des cultures payées au tarif proportionnel.

S'agissant du calcul du coût de l'eau conséquent, à savoir le coût de la consommation d'eau réglé au tarif préférentiel et celui réglé au tarif proportionnel, il était également question d'écrire deux équations de redevances hydrauliques distinctes.

Les équations **(29)** et **(30)** montrent respectivement le coût de consommation d'eau des cultures bénéficiant du tarif préférentiel et celles qui continuent à être pratiquées et payées au tarif proportionnel et ce pour chaque exploitation et selon qu'on fasse du rationnement ou pas.

$$CHARGOPREF_{n,e} = CEPREF_{n,e} * PP \qquad (29)$$

où :

CHARGOPREF : coût de la consommation d'eau réglée au tarif préférentiel.

PP : prix préférentiel du m3 d'eau.

$$CHARGOPROP_{n,e} = CEPROP_{n,e} * PEP \qquad (30)$$

où :

CHARGOPROP : coût de la consommation d'eau réglée au tarif proportionnel.

PEP : prix proportionnel du m3 d'eau.

L'équation **(31)** décrit les charges totales d'eau **(CHARGO),** tout tarif confondu et c'est cette valeur qui sera intégrée dans le calcul du revenu espéré de chaque type d'exploitation.

$$CHARGO_{n,e} = CHARGOPREF_{n,e} + CHARGOPROP_{n,e} \qquad (31)$$

Qu'en est-il avec la fonction objectif ?

A propos de la fonction objectif, cette dernière ne change pas dans sa structure quelque soit le modèle de simulation envisagé. Cependant, la structure interne de ces composantes changent. En illustration de ce que nous venons de dire, la variable **CHARGO** est présente quelque soit le modèle de simulation envisagé. Cependant la structure de l'équation qui détermine cette variable change d'un modèle à un autre.

2. Intégration de la tarification binôme dans les modèles individuels

2.1. Horizon de temps et amélioration de la qualité de l'eau : 2002-2004

Nous allons décrire brièvement les modèles individuels fonctionnant sous l'horizon de temps ci-dessus mentionné et intégrant la tarification binôme.

Au début de cet horizon de temps, le projet de l'amélioration de la qualité de l'eau dans la BVM atteint sa vitesse de croisière.

Vers 2002, il sera procédé à l'injection des eaux du transfert nord (salinité voisine de 1,6g/l) dans la Medjerda et ce au niveau de Henna. De ce fait, la salinité de l'eau d'irrigation pompée au niveau de la station de pompage P0[52] sera de 1,7 à 2,1 g/l.

A partir de l'an 2004, on assistera à l'entrée en service du canal Béjaoua-Tobias. Ce canal est prévu pour transporter de l'eau douce de 1,3g/l pour l'emmener jusqu'à Tobias, au niveau de la station P0, lieu de mélange de l'eau douce et salée. La salinité de l'eau d'irrigation refoulée vers le PPI de Kalaat Landlouss oscillera entre 1,3 et 1,6 g/l.

S'agissant de l'impact de cette amélioration prévisionnelle graduelle de la qualité de l'eau d'irrigation dans le PPI en question, la baisse de salinité contribuera de nouveau à intégrer la culture de la pomme de terre de saison et d'arrière saison dans la gamme des cultures entrant dans la composition des systèmes de production pratiqués dans l'extrême aval du système de la Medjerda. L'impact sur les autres cultures déjà existantes se traduira dans une augmentation

[52] La station P0 est celle qui alimente le PPI de kalaat Landlouss.

nette dans les rendements des cultures. Les modèles individuels fonctionnant avec la tarification binôme intégreront les impacts que nous venons de citer.

2.2. Spécificités des modèles individuels intégrant la tarification binôme

La structure générale des modèles reste inchangée. Cependant, les équations relatives à la consommation et aux coûts de l'eau vont changer du fait de l'existence d'un mode de règlement des consommations d'eau totalement différent au mode proportionnel et celui préférentiel.

2.2.1 Application de la tarification binôme dans les PPI du CRDA de l'Ariana

Nous avons auparavant **(partie I, chapitre II, paragraphe 3)** cité les diverses formules de tarification binôme proposées pour être appliquées dans la **BVM** et ce selon différentes hypothèses et variantes.

Nous rappelons que la formule « jugée réaliste » par les décideurs et qui a été retenue pour le moment pour application est celle intitulée « **H1B** ».

Calcul détaillé de la formule « H1B »

Les données de base ayant servi au calcul des formules tarifaires applicables dans les PPI de l'Ariana sont celles de l'année 1997 et sont récapitulées dans le tableau suivant n° 34.

Tableau n° 34 : Données de structure ayant servi dans le calcul des niveaux tarifaires binômes pour le cas des PPI du CRDA de l'Ariana.

Désignation	Unité	Niveau
Charges fixes	DT	2650000
Charges variables	DT	400000
Superficie des PPI relevant du CRDA	ha	34000
Volume consommé au niveau des PPI	m3	30000000

Source : CRDA de l'Ariana, 1999.

Pour les périmètres du gouvernorat de l'Ariana et pour atteindre la première option « **H1A** », la démarche de calcul est la suivante. Le terme fixe de l'ha serait de :

- couverture des frais fixes actuelles : charges fixes actuelles/superficie totale des PPI de l'Ariana = **2.650.000/34000 = 77,941 DT/ha** pour 1000 m3, soit l'équivalent de **77,941** millimes par m3
- couverture des frais variables[53] pour le volume en franchise = frais variables actuels/consommation actuelle des PPI= **400.000/30.000.000 = 13 millimes /m3** ; soit les 1000 m3/ha **13 DT/ha.**

[53] Tel que électricité, carburant, achat d'eau chez SECADENORD, etc...

L'équation **(32)** décrit l'option « **H1A** », où la totalité des charges fixes actuelles est intégrée dans le premier terme.

$$CE_{n,e} = 91{,}247 * SIG_e + \left(CHIV_e - 1000 * SIG_e\right) * 0{,}013 + CETE_{n,e} * 0{,}013 \qquad \textbf{(32)}$$

Cette équation, dite formule de la prudence maximale permet au service gestionnaire de couvrir la totalité des charges fixes actuelles sur le premier terme, elle représente, selon les gestionnaires une faveur pour l'administration, cependant, elle désavantage l'agriculteur du fait que les deux termes de l'équation ne sont pas équilibrés. Les responsables estiment aussi que le premier terme est lourd à supporter par l'agriculteur et le terme variable parait sous-dimensionné.

L'idée est parvenue aux décideurs d'équilibrer les deux termes de la formule « **H1A** » en transférant une partie du terme fixe vers le terme variable, en d'autres termes, on doit rabattre le chiffre **91,247** et augmenter le second chiffre **(0,013),** et c'est de cette façon que la formule « **H1B** » est née.

Dans la pratique, cette volonté s'est traduite par un terme fixe qui couvre uniquement les **2/3** des charges fixes actuelles et un terme variable, qui en plus des frais variables intègre le **1/3** restant des charges fixes qui n'a pas été pris en compte dans le premier terme. Il faut noter également que les calculs sont faits sur la base d'une hypothèse de **1500 m3** d'eau supplémentaires qui seront consommés sur les **2/3** des superficies équipées.

Le terme fixe de la formule serait le suivant si on continue à considérer que l'on couvre les frais variables des consommations en franchise :

- couverture des frais fixes : **2.650.000*2/3/34.000 = 52 DT/ha** , soit l'équivalent de **52 millimes par m3**.
- couverture des frais variables pour le volume en franchise : **400.000/30.000.000 = 13 millimes par m3**, soit pour les 1000 m3 d'un ha **13 DT.**

Dans cette option **(H1B),** le terme fixe de l'ha est donc de **65 DT** (52 +13, doit 65 DT contre **91,247 DT** dans l'option précédente « **H1A** »), correspondant pour ceux qui consomment les 1000 m3 à 65 millimes par m3.

Le terme variable est alors **13 millimes** pour tout m3 supplémentaire consommé **auquel il faut ajouter le tiers des charges fixes répartis sur les volumes supplémentaires consommés soit** :

- **(2.650.000*1/3)/(34.000 *2/3 * 1500 m3) = 26 millimes par m3**. Le terme variable complet est donc arrondi à **40 millimes** (13 + 26).

Et de ce fait, la nouvelle formule « **H1B** », prévue pour être appliquée au PPI de Kalaat Landlouss est décrite dans l'équation **(33)** .

$$CE_{n,e} = 65 * SIG_e + \left(CHIV_e - 1000 * SIG_e\right) * 0{,}04 + CETE_{n,e} * 0{,}04 \qquad \textbf{(33)}$$

avec :

CE : consommation de l'eau dans une exploitation donnée.
SIG : superficie irrigable de l'exploitation.
CHIV : consommation d'eau par les cultures d'hiver.
CETE : consommation d'eau en été.

La consommation d'hiver concerne les cultures irrigables entre le **01/09/** de l'année **N** jusqu'au **31/03/** de l'année **N+1**. La consommation d'été concerne les cultures irriguées au courant des mois de **Avril, Mai, Juin, Juillet et Août**.

Dans cette formule tarifaire, on distingue la présence de deux termes de règlement des redevances de l'eau d'irrigation.

Le premier terme fixe est proportionnel à la taille de l'exploitation **(65 DT fois la superficie de l'exploitation en ha).**

Le second terme est variable :

- Il comprend une première tranche payable en hiver après déduction d'un volume en franchise **(1000 m3 fois la taille de l'exploitation en ha)** d'eau alloué à chaque exploitation. Si la consommation d'eau en hiver est inférieure ou égale à ce quota, le coût de l'eau consommée en hiver est nul et le reliquat d'eau non consommée n'est plus reportable sur la saison d'été. Si la consommation d'eau en hiver dépasse le quota, la différence positive **(CHIV-VOLUME EN FRANCHISE)** est payable sur la base de 0,04 DT.

- Il comprend de même une deuxième tranche payable en été au tarif de 0,04 DT le m3 et concerne uniquement la consommation des cultures d'été.

Dans les modèles individuels incluant la tarification binôme, les équations relatives à la consommation d'eau et son coût ont changé par rapport aux modèles de base et par rapport à ceux qui ont intégré la tarification préférentielle.

2.2.2. La consommation en eau selon une tarification binôme

La consommation d'eau selon une tarification binôme implique deux périodes comme nous l'avons signalé au paragraphe **2.2.** Il s'agit donc de deux consommations d'eau au cours de l'année agricole : une consommation d'hiver et une consommation d'été.

L'équation **(34)** détermine la consommation des cultures en hiver **(CHIV).**

$$\sum_{carch} X_{carch,e} * CONSEAU_{carch,e,n} = CHIV_{n,e} \qquad (34)$$

avec :

carch : indice de l'ensemble des cultures avant restriction et irriguées en hiver.
CHIV : consommation d'eau en hiver d'une exploitation donnée.

L'équation **(35)** détermine la consommation des cultures en été **(CETE).**

$$\sum_{carce} X_{carce,e} * CONSEAU_{carce,e,n} + \sum_{csrce} Y_{csrce,n,e} * CONSEAU_{csrce,e,n} = CETE_{n,e} \qquad (35)$$

avec :

carce : indice de l'ensemble des cultures avant restriction hydraulique et irriguées en été.
csrce : indice de l'ensemble des cultures soumises à la restriction hydraulique et irriguées en été.
CETE : consommation d'eau en été d'une exploitation donnée.

L'équation **(36)** détermine la consommation annuelle totale d'eau d'une exploitation donnée dans le PPI de Kalaat Landlouss.

$$ETC_{n,e} = CHIV_{n,e} + CETE_{n,e} \qquad (36)$$

où **ETC** représente la consommation totale d'eau d'une exploitation donnée et selon les années de rationnement ou non de l'eau d'irrigation.

2.2.3. Le coût de l'eau selon une tarification binôme

Après avoir écrit les équations relatives à la consommation d'eau en hiver, en été et totales, nous aborderons maintenant les manières de règlement de ces consommations par les agriculteurs et ce selon un mode de tarification binôme.

Selon ce dernier, le coût de l'eau consommée en été est proportionnel au volume consommé comme le montre l'équation **(37).**

$$CHARGOETE_{n,e} = CETE * POETE \qquad (37)$$

avec **CHARGOETE** : charges hydrauliques imputées sur les cultures irriguées en été.

CETE : consommation d'eau en été d'une exploitation donnée selon les états de rationnement ou pas de l'eau d'irrigation.
POETE : prix du m3 d'eau consommé en été.

Si les choses paraissent évidentes pour présenter le mode de règlement des consommations d'été par les exploitations, il n'en est pas de même pour le règlement des redevances hydrauliques en hiver.

Pour calculer le coût payable en hiver, il fallait déduire le volume en franchise de la consommation d'hiver et c'est uniquement lorsque cette différence est positive et strictement supérieure à zéro qu'on peut parler de coût d'eau en hiver. Avec une différence négative, le coût de l'eau en hiver est nul.

Pour traduire ce que nous venons de dire en terme d'équation dans les modèles en question, nous avons écrit l'équation **(38)** qui représente le volume d'eau payable en hiver après déduction du volume en franchise.

$$CHIV_{n,e} - SIG * 1000 = VOLHIVP_{n,e} - VOLHIVN_{n,e} \qquad (38)$$

avec :

SIG*1000 = volume en franchise (1000 m3/ha de SIG).
VOLHIVP : valeur de la différence des membres du premier terme de l'équation **(38)** dans le cas où la consommation d'hiver dépasse le volume en franchise alloué à l'exploitation.
VOLHIVN : valeur de la différence des membres du premier terme de l'équation **(38)** dans le cas où la consommation d'hiver est inférieur au volume en franchise alloué à l'exploitation.

Nous avons intégré dans cette équation deux variables :

- **volhivp** : il s'agit de la valeur positive de la différence entre la consommation réelle en hiver et le volume en franchise ;
- **volhivn** : il s'agit de la valeur négative de la différence entre la consommation réelle en hiver et le volume en franchise.

En déclarant ces deux variables positives au niveau « positive variables » du modèle, si la consommation en hiver est supérieure au volume en franchise, la différence **(CHIV-VOLUME EN FRANCHISE)** va être positive et égale à **volhivp**. Dans le cas contraire, la différence sera négative et correspond à **volhivn**.

De ce fait, le coût de l'eau consommée en hiver va être nul si le volume en franchise dépasse ou égalise la consommation en hiver. Dans le cas contraire, c'est à dire lorsque la consommation en hiver est strictement supérieure au volume en franchise, les charges d'eau en hiver seront imputées sur **VOLHIVP** au tarif du m3 d'eau consommé en supplément par rapport au volume en franchise alloué.

L'équation **(39)** présente le coût de l'eau supporté en hiver par une exploitation donnée.

$$CHARGOHIV_{n,e} = VOLHIVP_{n,e} * POSUPH \qquad (39)$$

avec :

CHARGOHIV : charges hydrauliques imputées sur les cultures irriguées en hiver après déduction du volume en franchise.
VOLHIVP : consommation d'eau en hiver en supplément du volume en franchise alloué à une exploitation donnée selon les états de rationnement ou pas de l'eau d'irrigation.
POSUPH : prix du m3 d'eau consommée en hiver en supplément du volume en franchise alloué.

Maintenant, il nous est possible de récapituler dans l'équation **(40)** le coût total de l'eau d'irrigation supporté annuellement par une exploitation agricole payant ses redevances hydrauliques selon un mode de tarification binôme.

$$CHARGO_{n,e} = SIG_e * FAO + CHARGOETE_{n,e} + CHARGOHIV_{n,e} \qquad (40)$$

où :

SIG*FAO constitue le terme fixe de l'équation tarifaire (**SIG** en ha et **FAO** en DT/ha).
FAO : frais fixes d'accès à l'eau en DT/ha irrigable .
CHARGOETE+CHARGOHIV constituent le terme variable de l'équation tarifaire.
CHARGO : total annuel des charges hydrauliques .

QUATRIEME PARTIE

INTERPRETATION ET ANALYSE DES RESULTATS DES MODELES ECONOMIQUES DE PROGRAMMATION MATHEMATIQUE

Tableau n°35 : Utilisation réelle et simulée de la terre dans le cadre individuel

Type Expl.	Activités	Unité	Réelle[7]	Modèle individuel	
				N1	N2
E1	blé tendre -fg[8]-	ha	2	1,86	0,93
	blé tendre	ha	3,81	2,83	2,83
	artichaut	ha	1,11	1,11	1,11
	tomate -gg[9]-	ha	1,92	1,86	0,93
	bersim	ha	1,55	1,54	1,54
	avoine	ha	1,85	4,00	4,00
	orge en vert	ha	1,55	2,18	2,18
	luzerne	ha	1,17	1,47	1,47
	mais fourrager	ha	1.85	1,74	1,74
	UZB	UZ	14	14	14
	Sup. mise en eau	ha	16,83	18,6	16,74
	sup. physi.irrigable[10]	ha	18,6	18,6	18,6
	Taux .occup.sol[11]	%	90	100	90
E2	artichaut	ha	0,82	0,83	0,83
	tomate -gg-	ha	1,39	1,39	0,27
	melon	ha	0,49	0.83	0
	courge	ha	0,32	0	0,83
	Sup. mise en eau	ha	3,03	3,06	1,95
	sup. physi.irrigable	ha	3,1	3,1	3,1
	Taux .occup.sol	%	98	99	63
E3	bersim	ha	0,50	0,35	0,35
	avoine	ha	1,00	0,98	0,98
	orge en vert	ha	1,00	0,47	0,47
	mais fourrager	ha	0,75	0,38	0,38
	UZB	UZ	6	3,15	3,15
	Sup. mise en eau	ha	3,25	2,2	2,2
	sup. physi.irrigable	ha	2,2	2,2	2,2
	Taux .occup.sol	%	148	100	100
E4	artichaut	ha	0,47	0,47	0,47
	tomate	ha	0,83	0,43	0,43
	bersim	ha	0,50	0,54	0,54
	avoine	ha	1,50	1,52	1,52
	orge en vert	ha	1,00	0,47	0,47
	mais fourrager	ha	0,75	0,59	0,59
	UZB	UZ	6	5,11	5,11
	Sup. mise en eau	ha	5,05	4,3	4,3
	sup. physi.irrigable	ha	4,3	4,3	4,3
	Taux .occup.sol	%	118	100	100

Source : résultats de nos modèles.

[7] Réelle=moyenne observée.
[8] Blé tendre derrière une tomate conduite en fertigation.
[9] tomate conduite en fertigation (irrigation et fertilisation localisées).
[10] Superficie physique irrigable.
[11] Taux d'occupation du sol ou niveau d'intensification.

CHAPITRE I : RESULTATS DES MODELES INDIVIDUELS DE BASE ET SENSIBILITE DE LA DEMANDE EN EAU PAR RAPPORT AU PRIX

Section 1 : Résultats des modèles individuels de base

Il est nécessaire de rappeler que les modèles individuels de base sont censés reproduire le comportement des agriculteurs du PPI dans les conditions socio-agro-économiques de la campagne 97/98. Il s'agit pour une salinité d'eau :

- hivernale de 3,28g/l ;
- et estivale de 2,6 g/l.

Ces niveaux de salinité impliquent la pratique de certaines activités et l'obtention de certains rendements conséquents. Quant au système tarifaire appliqué, il s'agit de la tarification proportionnelle ou monôme, le prix de l'eau ayant servi dans les modèles individuels est de 0,105 DT/m3.

Notre canevas d'interprétation des résultats sera le suivant :

- plans de production végétale et animale conséquents ou allocation de la terre ;
- allocation de l'eau et aspects économiques conséquents ;
- utilisation de la main-d'œuvre salariée ;

1. Allocation des facteurs de production dans les différents types d'exploitations agricoles

Dans l'utilisation des facteurs, nous nous intéresserons en profondeur aux facteurs terre et eau, l'allocation de la main-d'œuvre salariée sera légèrement esquissée.

1.1. Utilisation de la terre

Le tableau n°35 ci-contre récapitule les utilisations individuelles de la terre irriguée et les productions (végétales et animales conséquentes) pour chaque type d'exploitation, selon qu'il y a une disponibilité suffisante en eau d'irrigation dans le PPI ou au contraire, l'eau est rationnée suite à une baisse de 50% dans la disponibilité par rapport à une année normale.

1.1.1. Cas des exploitations du type E1

Les résultats du modèle individuel des exploitations du type **E1** sont presque identiques à ceux observés dans la réalité. Les emblavures céréalières, fourragères et maraîchères, ainsi que l'effectif des UZB donné dans la solution du modèle sont celles que nous avions observées dans nos enquêtes. Nous signalons ici que l'année 1998, durant laquelle nous avons fait nos enquêtes est une année du type **N1**. En année du type **N2**, les emblavures maraîchères diminuent du fait du rationnement de l'eau. La superficie de la tomate passe de **1,86** ha en année du type **N1** à **0,93** en année du type **N2**. Dans les exploitations du type **E1**, l'effectif des UZB est plafonné à **14** alors qu'elles pourraient conduire des cheptels plus importants mais les contraintes de main-d'œuvre

interviennent beaucoup dans la détermination de l'effectif des vaches laitières à conduire. La valeur duale affichée par l'activité animale est de **674** DT .

Dans les exploitations du type **E1**, pratiquant un système de production à caractère diversifié, l'impact du rationnement de l'eau se trouve bien amorti par l'existence de l'élevage bovin.

Nous notons que les exploitations du type **E1** sont légèrement sensibles au rationnement de l'eau (taux d'occupation de **90%** en année **N2** contre **100%** en année du type **N1**). Les différences dans les taux d'occupation du sol entre les années **N1** et **N2** dans les exploitations du type **E1** sont dues essentiellement à la différence des niveaux d'activités des cultures maraîchères d'été.

1.1.2. Cas des exploitations du type E2

En année du type **N1**, les emblavures maraîchères dans la solution du modèle des exploitations du type **E2** collent avec les résultats observés dans la réalité, exception faite aux emblavures des cucurbitacées. En effet, la superficie du melon dans le modèle est multipliée par deux alors que celle de la courge est nulle. En année du type **N2**, la tendance est renversée. La courge s'approprie le ratio de superficie réservé aux cucurbitacées.

Les exploitations du type **E2** sont celles qui subissent le maximum de dégâts dans le cas où elles se trouvent en situation de rationnement de l'eau.

Si le taux d'occupation en année du type **N1** ne change pas entre la solution du modèle et la situation réelle, il chute en revanche à **63%** en année **N2.**

Ceci est dû essentiellement à :

- l'existence d'un système de production maraîcher unique qui ne permet pas une allocation diversifiée de l'eau via la production animale en plus de la production végétale ; comme c'était le cas des exploitations du type **E1** ;
- et à l'impact fort du rationnement de l'eau en année **N2**, qui se traduit pour ce type d'exploitation par une réduction de **50%** dans les superficies du maraîchage d'été.

Nous notons ici la disparition du melon en une année du type **N2**, de la solution du modèle **E2**. Cependant, l'activité " courge " apparaît dans le plan optimal de production en année du type **N2** et dans un cadre individuel et ce en raison de la faible dose d'irrigation appliquée pour la courge comparativement au melon (cf. tableau n°36). Dans une année où l'eau est rationnée, l'activité courge s'approprie du minimum disponible de la ressource en la valorisant mieux que l'activité melon.

Tableau n° 36 : Doses d'irrigation appliquées pour les cucurbitacées

	Dose d'irrigation en m3/ha	
Culture	N1	N2
Melon	6000	3600
Courge	4000	2000

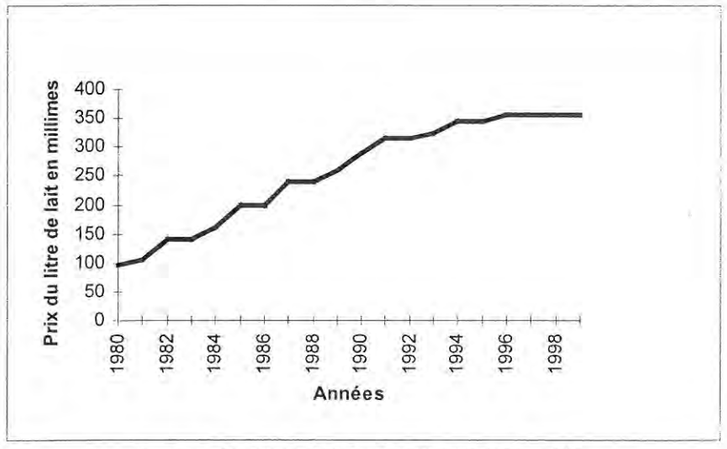
Source : nos enquêtes.

1.1.3. Cas des exploitations du type E3

Quelque soit la qualité de l'année, les emblavures fourragères sont constantes et par voie de conséquence la taille du troupeau bovin. Cette dernière représente **53 %** de la taille du cheptel en situation réelle, ceci est du essentiellement aux manques de fiabilités dans les données quantitatives relatives à l'alimentation animale dans ce type d'exploitation.

Nous constatons que les exploitations du type **E3**, sont les plus sécurisées dans le PPI de Kalâat Landlouss. Le " mono-système de production " pratiqué par ce type d'exploitation est bien protégé du point de vue mesures de politiques agricoles entreprises par l'Etat. En plus d'une politique de prix favorable à la production de lait (cf. graphique n°35), le rationnement de l'eau ne couvre pas les cultures fourragères.

Graphique n° 35 : Evolution du prix du litre de lait à la production dans le PPI de Kalaat Landlouss



Source : CRDA de l'Ariana/MA/DG/PDIA, 1999.

Cependant, on remarque que le taux d'occupation du sol observé lors de nos enquêtes est nettement supérieur à celui simulé dans le modèle individuel (un taux d'occupation du sol de **148%** observé contre **100%** dans toutes les autres situations), ceci est due probablement à une conduite hasardeuse dans l'alimentation fourragère du cheptel bovin laitier. Il s'agit peut être, à notre sens d'une " **fausse intensification** ", induite par une mise en culture de superficies fourragères supérieures à ce qui est indispensable pour alimenter convenablement le cheptel laitier.

Ici, nous sommes en face d'un problème de technologie de fonds. La vulgarisation agricole, par le biais des antennes étatiques locales peut assister les petits éleveurs en les formant en matière d'alimentation des vaches laitières.

1.1.4. Cas des exploitations du type E4

Les résultats du modèle individuel des exploitations du type **E4** sont presque identiques à ceux observés dans la réalité. Les emblavures fourragères et par voie de conséquence l'effectif des UZB donné par le modèle du type **E4** ne diffèrent que peu des niveaux dans la situation réelle (**5,11** UZB dans le modèle contre **6** UZB conduites dans la réalité).

Si la superficie de l'artichaut est la même en situation réelle et dans le modèle ; en année **N1** ou **N2** (**0,47** ha), du fait que l'activité en question n'est pas soumise au rationnement de l'eau, le niveau de l'activité tomate dans le modèle ne représente que 50% de celui observé en situation réelle (**0,83** ha en situation réelle contre **0,43** dans le modèle).

A l'instar des exploitations du type **E1**, dans les exploitations du type **E4** pratiquant un système de production à caractère diversifié, l'impact du rationnement de l'eau se trouve bien amorti par l'existence de la production animale.

Nous notons que les exploitations du type **E4** sont insensibles au rationnement de l'eau (taux d'occupation de **100%** en année **N1** et **N2**).

1.1.5. Commentaire général des résultats des modèles de base

En général, les résultats des modèles individuels de base sont proches de la réalité.
Pour les exploitations du type **E1** et **E4**, pratiquant des systèmes de production à caractère diversifié, le rationnement de l'eau ne pose pas beaucoup de problème en terme de réduction du niveau des activités végétales et animales. L'impact du rationnement de la ressource (cas des années du type **N2**) se trouve bien amorti par la présence de l'activité d'élevage.

Cependant, nous pouvons noter que les exploitations du type **E1** sont légèrement plus sensibles au rationnement de l'eau (taux d'occupation de **90%** contre **100%** chez **E4** en année **N2**).

Les différences dans les taux d'occupation du sol en année **N2** dans les exploitations du type **E1** et **E4** sont dues essentiellement aux différences dans leurs superficies irriguées et leurs consommations totales respectives en eau. L'exploitation du type **E4** est presque 4 fois plus petite que l'exploitation du type **E1**. Les exploitations du type **E1** mettent en eau des superficies plus importantes que les exploitations du type **E4** et consomment par conséquent plus d'eau.

Les exploitations du type **E2** sont plus sensibles au rationnement de l'eau du fait de leurs pratiques exclusives du maraîchage.

D'une manière générale, l'allocation du facteur terre dans les modèles n'a pas subi beaucoup de bouleversement entre **N1** et **N2** et ce pour les exploitations pratiquant de l'élevage laitier, à savoir **E1**, **E3** et **E4**. (cf. tableau n° 37.).

Tableau n° 37 : Taux d'occupation du sol dans les différents types d'exploitations

Type-expl	modèle individuel	
	N1	**N2**
E1	100	90
E2	100	**63**
E3	100	100
E4	100	100

Source : Résultats de nos enquêtes.

Cependant, nous remarquons que les exploitations du type **E2** réduisent leurs emblavures maraîchères de **37%** dans une année du type **N2**.

Au niveau du PPI, et dans un cadre individuel, les emblavures totales sont récapitulées dans le tableau n°38.

Tableau n° 38 : Emblavure totale du PPI de Kalaat Landlouss

Type-expl	Effectif	Poids en %	Emblavure individ. en ha		Emblavure totale PPI en ha	
			N1	N2	N1	N2
E1	125	26	18,6	16,73	2325	2091,25
E2	67	14	3,07	1,953	205,6	130,85
E3	134	28	2,2	2,2	294,8	294,8
E4	154	32	4,3	4,3	662,2	662,2
	480	**100**		total en ha	**3488**	**3197,1**
				Taux en %	**100**	**91**

Source : résultats de nos modèles.

Dans une année du type **N1**, le taux d'occupation du PPI est estimé à **100%,** dans une année de rationnement de l'eau, les emblavures totales chutent environ de **10%.**
La différence n'est pas dramatique entre les taux d'occupation du PPI en année **N1** et en année **N2**. Les agriculteurs se comportent comme si la ressource en eau est disponible en abondance.

Ce que nous pouvons dire, en conclusion de ce paragraphe relatif à l'allocation de la terre dans le PPI de Kalaat Landlouss, est qu'au niveau individuel, les niveaux des activités animales et végétales sont presque stables en fonction de la qualité hydrique des années, si on exclue le cas des exploitations du type E2 qui font uniquement du maraîchage et qui voient leurs emblavures maraîchères d'été diminuer dans les années de rationnement de l'eau d'irrigation.

Tableau n°39 : Consommations individuelles d'eau et résultats économiques conséquents .

Type Expl.	Variables	Unité	Modèle individuel	
			N1	**N2**
E1	Eau totale consommée	m3	44437	33556
	Charges d'eau	DT	4666	3523
	Revenu	DT	28468	23277
	Ratio charge d'eau / revenu	%	16	15
	Ratio Revenu N2/N1	%	82	
	Revenu espéré en 97/98	DT	27429	
E2	Eau totale consommée	m3	17856	4673
	Charges d'eau	DT	1875	490
	Revenu	DT	9057	3720
	Ratio charge d'eau / revenu	%	21	18
	Ratio Revenu N2/N1	%	30	
	Revenu espéré	DT	7990	
E3	Eau totale consommée	m3	3465	3465
	Charges d'eau	DT	364	364
	Revenu	DT	3130	3130
	Ratio charge d'eau / revenu	%	12	12
	Ratio Revenu N2/N1	%	100	
	Revenu espéré	DT	3130	
E4	Eau totale consommée	m3	10691	8337
	Charges d'eau	DT	1123	875
	Revenu	DT	6167	5576
	Ratio charge d'eau / revenu	%	18	16
	Ratio Revenu N2/N1	%	90	
	Revenu espéré	DT	6049	

Source : résultats de nos modèles.

1. 2. Consommation de l'eau et aspects économiques conséquents

Nous avons récapitulé dans le tableau n° 39 ci-contre les consommations d'eau des divers types d'exploitations, ainsi que les résultats économiques, en terme de redevances hydrauliques et de revenus agricoles bruts dégagés.

Une stabilité relative dans la consommation en eau interannuelle et des revenus agricoles bruts dégagés caractérisent les systèmes de production des exploitations du type **E1**, **E3** et **E4.** Donc, si les exploitations pratiquant l'élevage laitier s'en sortent relativement bien, il n'en est pas de même pour les exploitations du type **E2**, à vocation maraîchère.

Pour les exploitations du type **E1**, **E3** et **E4**, cette stabilité est due au fait de la présence de la composante animale dans le système de production qui met à l'abri les cultures fourragères des effets néfastes du rationnement de l'eau d'irrigation. De ce fait, pour ces types d'exploitations, la part des charges hydrauliques est quasiment la même, quelque soit la qualité de l'année (**N1** et **N2**), surtout chez les petits éleveurs.

Les exploitations du type **E3** ne sont pratiquement pas concernées par la variation dans la disponibilité de l'eau d'irrigation au niveau du PPI. Cette homogénéïté des résultats économiques témoigne encore une fois du niveau de protection dont bénéficie les éleveurs de bovins laitiers *mais la question qui se pose est de savoir si ce " boom " va encore durer longtemps ? La réponse est évidemment non.*

Dans la situation actuelle, le prix du lait ne dépend pas de sa qualité. Les exploitations du type **E3** produisent du lait avec une technologie nettement différente de celle utilisée par les exploitations du type **E1**. La différence de technologie réside essentiellement en trois points :

- le mode d'alimentation (utilisation quantitative et qualitative des aliments concentrés) et degré d'appel à l'assistance vétérinaire en la matière ;
- les soins pathologiques monétarisés ;
- et les soins vétérinaires relatifs au suivi des gestations et des mise-bas.

A titre d'exemple, si les exploitations du type **E3** alimentent leur troupeau en fourrage vert et sec comme font les exploitations du type **E1**, l'effectif des **UZB** chute de **3,15** a **2,8.**

Compte tenu de la conjoncture économique favorable en terme de prix à la production du lait indépendamment de la qualité, les exploitations du type **E3** produisent du lait avec des coûts de production inférieurs à ceux des exploitations du type **E1**, le litre de lait est payé au même prix pour toutes les exploitations. Nous pensons qu'avec l'introduction de la composante qualitative dans la détermination du prix du lait, les exploitations du type **E3** risquent de disparaître si elles ne se soumettent pas à un cahier des charges élaboré selon une technologie performante qui garantit une bonne qualité de lait ; et là dans ce domaine, les exploitations du type **E1** ont pris nettement de l'avance par rapport au reste des types d'exploitations productrices actuellement du lait, à savoir les exploitations des types **E3** et **E4**.

La ventilation des consommations individuelles d'eau d'irrigation dans le PPI de Kalaat Landlouss dans les conditions de la campagne 97/98 (tarification proportionnelle, 0,105 DT/m3) est esquissée au tableau n°40 qui suit.

Tableau n° 40 : Comparaison des niveaux des consommations individuelles en eau des différents types d'exploitation du PPI de Kalaat Landlouss

Type-expl.	Consommation individuelle en m3.		% par type d'exploitation		Consommation moyenne en m3/ha	
	N1	N2	N1	N2	N1	N2
E1	5554625	4194500	**62,7**	**67**	**2390**	**1804**
E2	1196352	313091	**13,5**	**5,1**	**5760**	**1507**
E3	464310	464310	**5,2**	**7,4**	**1575**	**1575**
E4	1646414	1283898	**18,6**	**20,5**	**2486**	**1939**
total	8861701	6255799	**100**	**100**	-	-

Source : résultats de nos modèles.

Une très forte remarque surgit de la lecture du tableau n° 40, il s'agit d'une réponse à la question : **qui consomme le plus d'eau d'irrigation ?**

La réponse est lisible dans les pourcentages des consommations individuelles de l'eau par rapport à la consommation totale, tout type d'exploitation confondu.

Ce sont les exploitations du type **E1** qui consomment le plus d'eau (**62,7%** en année **N1**) et en année sèche (**67%**). Au contraire, les exploitations du type **E2** consomment **13,5%** d'eau en année **N1** et environ **5,1%** en année de rationnement.

Les exploitations du type **E3** consomment la même quantité d'eau quelque soit la qualité de l'année (soit l'équivalent de **5,2%** en **N1** et de **7,4%** en **N2**), alors que les exploitations du type **E4** s'approprient presque le **1/5** de la ressource quelque soit la qualité de l'année.

Quant aux doses moyennes d'eau d'irrigation appliquées à l'ha, elles sont presque les mêmes pour les exploitations polyvalentes (**E1** et **E4**) et sont de l'ordre de **2400** m3/ha. Les exploitations maraîchères sont celles qui appliquent les doses les plus élevées à l'ha (jusqu'à **5700** m3/ha) et les petites exploitations qui font principalement de l'élevage bovin appliquent les doses les plus faibles (**1600** m3/ha).

1.3. Allocation de la main-d'œuvre

En plus des aspects d'allocation de la terre irriguée et de l'eau d'irrigation qui ont été largement analysés dans les paragraphes respectifs **1.1** et **1.2** ; nous mettons, à présent, brièvement l'accent sur l'utilisation de la main-d'œuvre par les divers types d'exploitations agricoles supports des modèles individuels. Dans la zone du PPI de Kalaat Landlouss, nous distinguons deux sources importantes de main-d'œuvre :

- la main-d'œuvre familiale ;
- et la main-d'œuvre salariée.

La main-d'œuvre salariée est également de deux types :

- une main-d'œuvre salariée permanente, affectée le plus souvent exclusivement à la production animale, il s'agit des vachers qui sont recrutés par les exploitations du type **E1** ;
- et une main-d'œuvre salariée occasionnelle, qui est engagée sur les exploitations temporairement et en cas de nécessité.

Compte tenu de la proximité de la délégation de Kalaat Landlouss en zones urbaines (Ariana, Tunis, Bizerte) et les possibilités offertes aux bras valides de travailler dans d'autres secteurs économiques que l'agriculture, la main-d'œuvre agricole féminine classique et masculine est entièrement drainée par les autres secteurs de l'économie dans le district du " grand-Tunis ". La main-d'œuvre salariée opérant dans le PPI de Kalaat Landlouss n'est pas locale. Elle descend du nord-ouest de la Tunisie (gouvernorat de Jendouba spécialement). Une partie de la main-d'œuvre féminine est cherchée par les chefs d'exploitations à Zehana, située à 40 Km de Kalaat Landlouss.

Le recours à la main-d'œuvre temporaire concerne exclusivement les exploitations du type **E1** et **E2.** Nous présentons ci-après l'utilisation de la main-d'œuvre des divers types d'exploitations agricoles à une échelle individuelle.

1.3.1. Cas des exploitations du type E1

La pratique des céréales (blé tendre) et du maraîchage d'été draine l'essentiel de la main-d'œuvre temporaire recrutée par les exploitations du type **E1**. Les recrutements se font au mois :
- de Mai et Juillet pour la récolte et la manutention du foin, des grains et de la paille du blé tendre et pour garantir les premiers travaux culturaux à la tomate ;
- et aux mois de Septembre et Octobre pour la récolte de la tomate.

Les charges de la main-d'œuvre temporaire représentent en une année normale (**N1**) **12,25%** du revenu agricole brut pour les exploitations du type **E1** et ce dans la solution du modèle individuel. En année **N2**, compte tenu du rationnement de l'eau et le rabattement conséquent des superficies du maraîchage d'été, les charge salariales ne représentent que **7%** du revenu agricole brut dégagé par les exploitations du type **E1** et en année du type **N2**.

1.3.2. Cas des exploitations du type E2

Les exploitations du type **E2**, celles qui font exclusivement du maraîchage ont recours à la main-d'œuvre salariée occasionnelle et ce du mois de Juin jusqu'au mois d'Octobre. Cette main-d'œuvre intervient au début pour l'installation des cultures comme la tomate et le melon (plantation, irrigation et premiers soins), elle assure également leur conduite (binage, traitement et désherbage) et enchaîne sur les récoltes au courant des mois de Septembre et Octobre. La part des charges salariales dans le revenu des exploitations du type **E2** est de **28%** en année **N1** et de **9%** en année **N2**.

La main-d'œuvre salariée est en majorité drainée par la culture de la tomate, ce qui explique la part des charges salariales par rapport aux marges brutes dégagées (cf. tableau n° 41).

Tableau n° 41 : Importance des charges salariales relatives à l'activité de la tomate dans les exploitations des types E1 et E2.

Exploitation type	% des frais de la main-d'œuvre salariée par rapport à la marge brute.
E1	**53**
E2	**46**

Source : nos enquêtes.

Cette importance du coût de la main-d'œuvre dans la pratique de l'activité de la tomate et des cultures maraîchères en général explique les ratios de maraîchage en terme de superficie mises en eau chez les agriculteurs du PPI. La contrainte active en terme de coût de la main-d'œuvre, qui a tendance à prendre aussi de l'ampleur dans le futur (tendance à la hausse) ne permet pas aux agriculteurs d'augmenter leurs superficies actuelles de maraîchage malgré les hautes valeurs ajoutées dégagées et en dernière analyse, l'agriculteur a tendance à partager avec ses ouvriers son revenu qui découle de la tomate. Cette constatation nous a été dite par les maraîchers lors de nos enquêtes.

1.3.3. Cas des exploitations du type E3 et E4

Le caractère nucléaire et spécialisé des exploitations du type **E3** implique la non utilisation de la main-d'œuvre salariée. La conduite du petit cheptel bovin laitier en terme de main-d'œuvre est assurée d'une manière endogène.
Les exploitations du type **E4**, là où la main-d'œuvre familiale ne fait pas défaut comme nous l'avions signalé dans la typologie des exploitations agricoles du PPI de Kalaat Landlouss (Partie **III**, Chapitre **IX**, paragraphe **4)** n'ont pas recours à une main-d'œuvre salariée occasionnelle.

Section 2 : Sensibilité de la demande en eau par rapport au prix

Nous avons signalé dans la partie **II**, chapitre **I**, section **2** que l'un des préalables importants à la mise en place d'un système tarifaire requiert une connaissance de la sensibilité de la demande en eau par rapport à son prix ou par rapport à une variation dans les composantes d'une structure tarifaire donnée.

Il nous paraît donc extrêmement important, avant de simuler les systèmes tarifaires, préférentielles et binômes, de connaître les fonctions individuelles de demande en eau, et ce à partir des modèles de base qui fonctionnent en tarification proportionnelle. Ce paragraphe peut être à la fois assimilé comme une conclusion pour le chapitre précédent, et une introduction pour le chapitre relatif aux simulations tarifaires et qualitatives.

1. Estimation des fonctions de demande en eau

Dans les modèles de comportements des agriculteurs dans les périmètres irrigués, la consommation en eau nous paraît au centre des déterminants de ces comportements, surtout lorsqu'il s'agit de simuler l'impact de certaines politiques tarifaires.

Ici, les fonctions de demande sont calculées dans le cadre des modèles individuels de base en supposant que chaque type d'agriculteur ait une fonction spécifique de demande en eau.

En raison de l'absence de contrainte sur la ressource hydrique au niveau individuel, et pour pouvoir tracer les courbes de demande en eau, nous avons fixé à chaque catégorie d'exploitations un seuil de revenu moyen espéré au-dessous duquel l'activité agricole ne devient plus intéressante pour le chef d'exploitation et sa famille (cf. tableau n° 42). Ce seuil consiste en rémunération du travail familial à travers le revenu moyen dégagé.

Ces revenus sont calculés sur la base de **312** jours de travail familial par an et par actif familial permanent payé au tarif de **7** DT la journée, soit pour un actif un revenu de **2184** DT/an. En dessous de ce revenu, l'activité agricole irriguée est abandonnée et la consommation en eau est considérée comme nulle.

Tableau n° 42 : Revenus minimums attendus de l'activité agricole par type d'exploitation

Type-expl.	Revenu agricole minimum attendu en DT
E1	6600
E2	2400
E3	2200
E4	3300

Source : nos enquêtes.

La demande en eau d'irrigation, sujet d'estimation dans notre présent travail, est une demande à court et moyen terme. Les critères qui influencent à long terme la décision d'irriguer ou pas tel que l'investissement dans le matériel d'irrigation et l'acquisition éventuelle de nouvelles terres irrigables ne sont pas ici prises en considération.

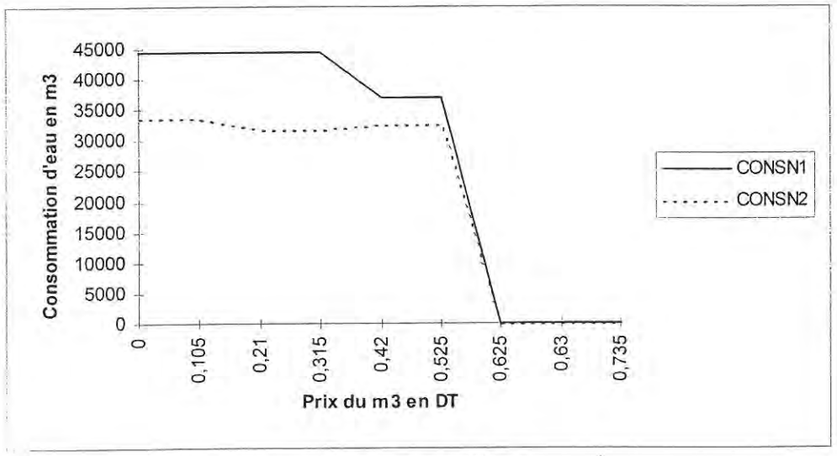
D'une manière générale, la demande en eau d'irrigation dans le PPI de Kalaat Landlouss est rigide. Ceci n'est pas surprenant car les élasticités prix sont faibles en raison du caractère impératif de l'irrigation et du faible prix de l'eau.

Nous allons maintenant présenter les fonctions spécifiques de demande en eau d'irrigation pour chaque type d'exploitation dans le PPI de Kalaat Landlouss.

1.1. Exploitations du type E1

Les exploitations du type **E1** sont les plus aisées et les plus dotées en moyens de production, physiques et technologiques. Elles font de l'élevage bovin, du maraîchage, et des céréales. Le graphique n° 36 représente les courbes de demande en eau dans les deux types d'année **N1** et **N2**.

Graphique n° 36 : Courbes de demande en eau des exploitations du type E1 en fonction de la qualité hydrique des années



Source : nos modèles.

Dans les deux cas de figure : soit en année normale, soit en année où l'eau est rationnée, la demande en eau est rigide. Ceci s'explique par les hautes valeurs ajoutées de la composante animale et végétale pratiquées dans ce type d'exploitation. Dans l'activité laitière, les charges en eau relatives à une UZB représentent **12%** de la marge brute dégagée par une UZB. Ajoutant à cela, l'existence d'une filière lait organisée dans la BVM et qui couvre Kalaat Landlouss.

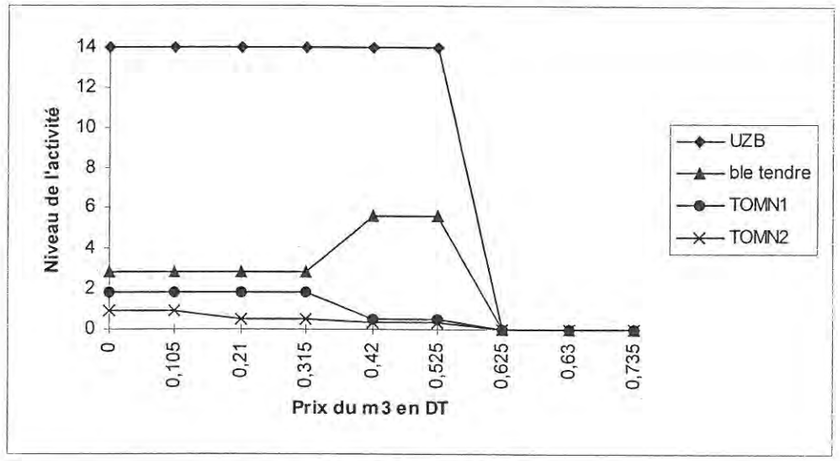
Dans le volet végétal, les charges en eau d'irrigation sont de **18%** pour l'artichaut et la tomate en goutte à goutte. Les cultures céréalières sont très bien placées pour résister à des montées de prix. En effet, les frais en eau d'irrigation d'un blé tendre qui vient derrière une tomate s'élèvent à **8%** de la marge brute dégagée, alors que les frais hydrauliques d'un blé tendre conduit normalement représentent **14%** de la marge brute de l'activité.

Le graphique n° 37 ci-dessous montre que la production animale continue à exister même si le prix de l'eau actuel est multiplié par **5**.

La culture du blé tendre par sa faible valeur ajoutée comparativement à la production laitière est stabilisée au début à un niveau de **2,83** ha, et c'est uniquement lorsque le prix de l'eau atteint

0,315 DT/m3 que le niveau du blé tendre augmente à **5,62** ha et ce au détriment des cultures maraîchères qui voient leurs niveau se rabattre.

Graphique 37 : Evolution des activités de production des exploitations du type E1 en fonction de l'augmentation du prix de l'eau



Source : nos modèles.

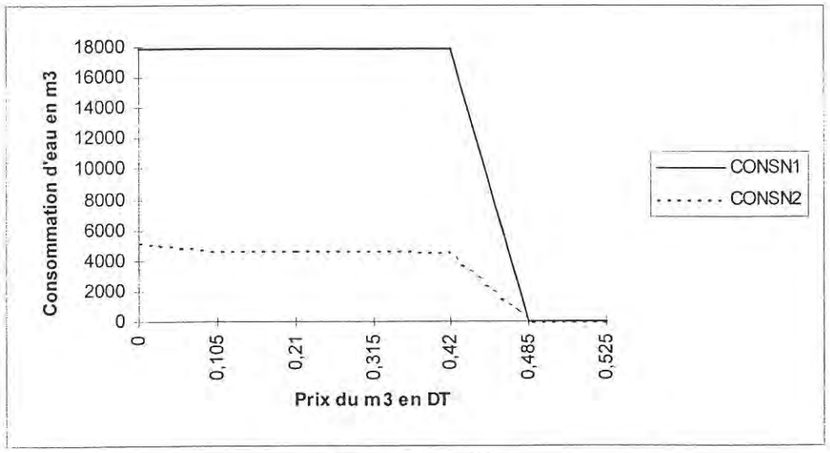
1.2. Exploitations du type E2

Les exploitations du type **E2** sont celles qui font exclusivement du maraîchage, elles sont structurellement moins importantes que les exploitations du type **E1** mais techniquement, elles adoptent une technologie d'irrigation et de fertilisation identique à celle utilisée par les exploitations du type **E1**. La tomate est conduite en goutte à goutte et la fertilisation est également localisée . L'existence du maraîchage à haute valeur ajoutée (tomate, melon, courge et artichaut) est à l'origine de la rigidité de la demande en **N1** (cf. graphique n°38 ci-dessous).

Dans une année de type **N1**, les postes de charge de l'eau d'irrigation par rapport au produits bruts des activités sont faibles, ils sont comme suit :

- tomate : **17%** ;
- melon : **15%** ;
- courge : **15%** ;
- et artichaut : **18%.**

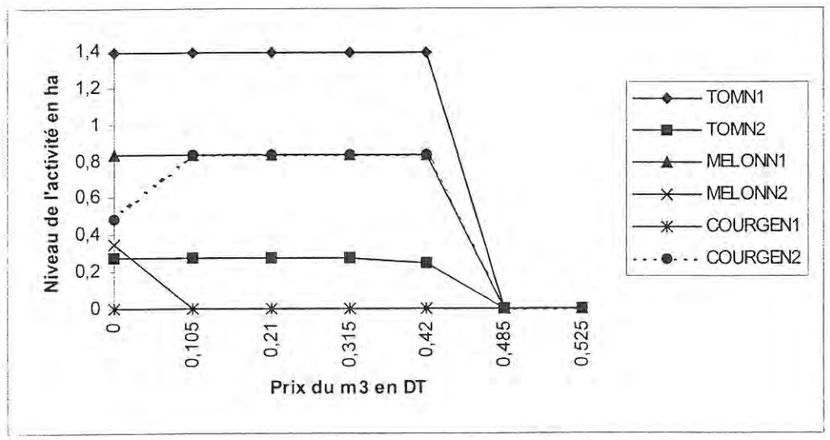
Graphique n° 38 : Courbes de demande en eau des exploitations du type E2 en fonction de la qualité hydrique des années



Source : nos modèles.

Dans les années de rationnement de l'eau, les emblavures maraîchères classiques d'été se trouvent fortement réduites en terme de superficie, le melon disparaît et cède sa place à la courge dans les années de rationnement de l'eau comme nous l'avons déjà signalé dans les tests de sensibilité, à savoir que la courge consomme peu d'eau par rapport au melon c'est pourquoi elle s'approprie le minimum d'eau disponible en **N2**. Le graphique n° 39 ci-dessous retrace l'évolution des niveaux d'activité en fonction du prix de l'eau dans les exploitations du type **E2**.

Graphique n° 39 : Evolution des activités de production des exploitations du type E2 en fonction de l'augmentation du prix de l'eau



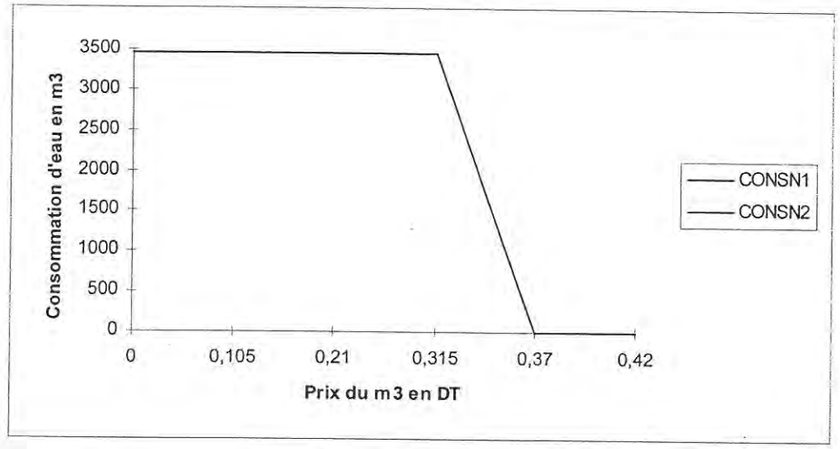
Source : nos modèles.

1.3. Exploitations du type E3

Les exploitations du type **E3** ne sont pas trop concernées par le rationnement de l'eau, elles font uniquement de l'élevage bovin, activité qui est prioritaire dans l'allocation de la ressource , en d'autres termes, dans les années de sécheresse, les cultures fourragères sont prioritaires dans

l'irrigation, il s'agit d'une sauvegarde du capital animal. La demande en eau des petits éleveurs à Kalaat Landlouss est rigide (cf. graphique n° 40. Elle reste inchangée face à l'évolution du prix de l'eau jusqu'à ce que l'activité ne permette plus dégager de revenu agricole pour rémunérer le travail familial.

Graphique n° 40 : Courbes de demande en eau des exploitations du type E3 en fonction de la qualité hydrique des années



Source : nos modèles.

Cette rigidité s'explique par trois faits majeurs :

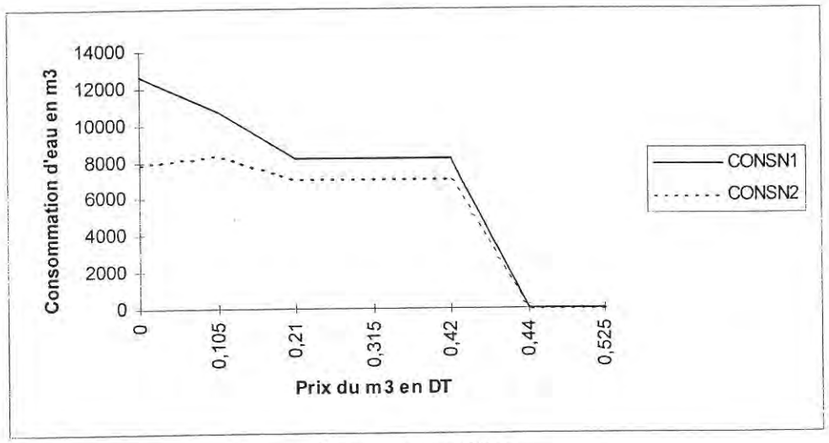
- l'absence dans le système de production adopté d'autres activités de production telles que maraîchère qui peuvent concurrencer les cultures fourragères et, en dernière analyse, l'activité animale dans l'allocation de la ressource ;
- les bas niveaux des charges d'eau imputées à la conduite d'une UZB. Ces charges s'élèvent à **9%** par rapport à la marge brute tirée d'une UZB. Une UZB permet une marge brute de **1117** DT dans les exploitations du type **E3** ;
- la protection et les faveurs dont jouit la production laitière dans le PPI (prix incitatif à la production du lait et les cultures fourragères sont prioritaires dans l'irrigation).

1.4. Exploitations du type E4

La demande en eau des exploitations du type **E4** est la moins rigide par rapport au reste des exploitations agricoles opérant dans le PPI de Kalaat Landlouss. Le système de production comporte une activité animale et végétale (tomate et artichaut), toutes deux conduites avec des technologies moins « performantes » que dans le cas des exploitations du type **E1** et **E2** pour le cas du maraîchage d'été.

Le graphique n 41 montre les allures des demandes en eau en fonction de la qualité hydrique des années.

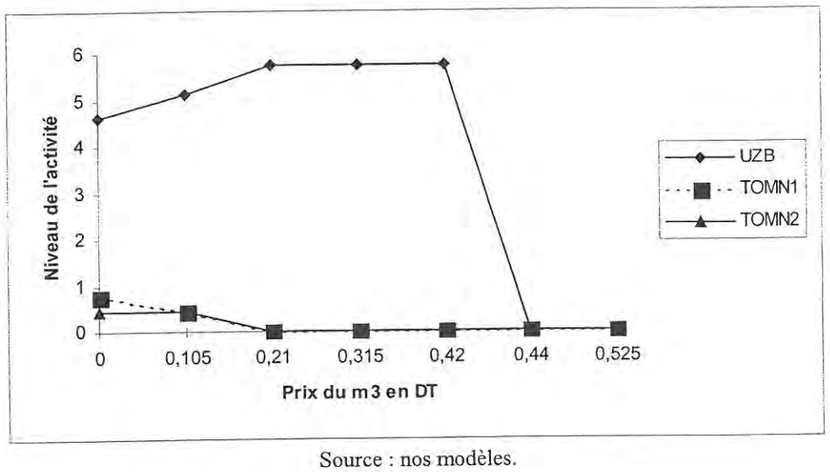
Graphique n° 41 : Courbes de demande en eau des exploitations du type E4 en fonction de la qualité hydrique des années



Source : nos modèles.

Quant à l'évolution des niveaux d'activités face aux variations du prix de l'eau d'irrigation, les exploitations du type **E4**, à de bas prix d'eau optent bien pour la culture de la tomate en parallèle à l'activité bovine, une fois que le prix de l'eau atteint **0,105** DT. Les emblavures de la tomate commencent à se déstabiliser et ce en raison des rendements médiocres enregistrés et de l'importance du poste des charges d'eau dans le processus de production de la tomate. Dans une année de type **N1**, une tomate irriguée en gravitaire consomme jusqu'à **7500** m3/ha et ne draine qu'une marge brute de **1544** DT. La consommation en eau est donc très importante, et lorsque le prix de l'eau augmente, cela provoque la disparition de la tomate. Les surfaces libérées par la tomate sont récupérées par les cultures fourragères, qui peuvent mieux valoriser la ressource lorsque le prix de cette dernière augmente. Ce qui explique l'augmentation de l'effectif des UZB dans le graphique n° 42 ci-dessous.

Graphique n°42 : Evolution des activités de production des exploitations du type E4 en fonction de l'augmentation du prix de l'eau



Source : nos modèles.

1.5. Elasticités de la demande en eau et des emblavures conséquentes au niveau du PPI

Le tableau n 43 qui suit récapitule les élasticités[54] des consommations en eau et des surfaces irriguées au niveau du PPI par rapport aux prix de l'eau pour les différents types d'exploitations agricoles opérant dans le PPI de Kalaat Landlouss.

Tableau n° 43 : Elasticités des consommations en eau et emblavures conséquentes

Exploitation type	Année N1	Année N2
E1	-0,37	-0,02
E2	-1,55	-0,02
E3	-1,8	-1,8
E4	-0,23	-0,14
Consommation PPI	-0,47	-0,31
Emblavures PPI	-0,8	-0,38

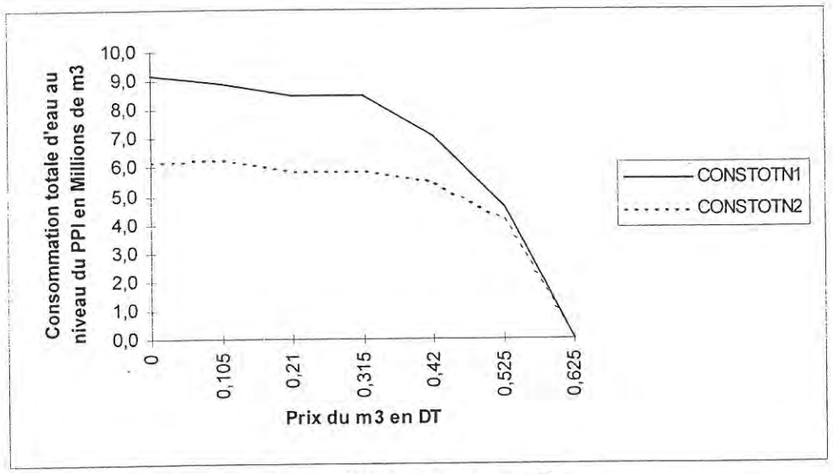
Source : nos modèles.

Les demandes en eau des divers types d'exploitations dans le PPI sont rigides. Les réponses des agriculteurs face à une variation du prix de l'eau d'irrigation ne sont pas perceptibles à court terme, c'est à dire que les agriculteurs ne changent pas les volumes d'eau consommés mais procèdent à de légères modifications aux niveaux des assolements pratiqués.

Au niveau du PPI, jusqu'à un prix de **0,315** DT/m3, la consommation totale en année de type **N1** oscille entre **8,5** et **9,2** millions de m3 (cadre individuel et année du type **N1**). Au-delà de ce prix, les exploitations des types **E3** et **E4** commencent à voir leurs consommations en eau diminuer pour s'annuler lorsque le prix de l'eau atteint **0,37** DT/m3 pour le cas des exploitations du type **E3** et **0,44** DT/m3 pour le cas des exploitations du type **E4**. Seules les exploitations des types **E1** et **E2** résistent à des prix d'eau supérieurs à **0,44** DT/m3 et ceci en raison de leurs performances techniques et économiques comparativement aux exploitations des types **E3** et **E4** (cf. graphique n° 43).

[54] Il s'agit de l'élasticité d'arc, dont la formule est décrite dans la partie **II**, chapitre **II**, paragraphe **2.1.1**.

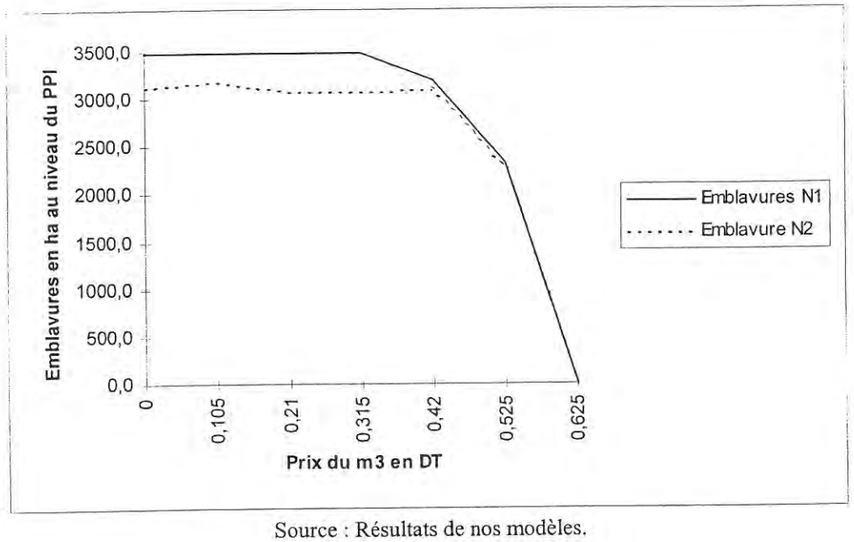
Graphique n° 43 : Courbe de demande en eau au niveau du PPI en fonction de la qualité hydrique des années



Source : Résultats de nos modèles.

Nous pouvons également dire que la sensibilité de la demande en eau par rapport à son prix varie en fonction des activités : plus celles-ci ont une forte valeur ajoutée (ou moins les charges d'eau représentent une part importante des coûts de production), plus la demande en eau est rigide face à une variation du prix. La demande en eau d'irrigation est donc rigide pour la majorité des exploitations agricoles parce que le coût de l'eau représente une faible part de la marge brute. Les emblavures totales au niveau du PPI restent stables jusqu'à un prix du m3 d'eau de **0,315** DT, au-delà de ce prix, les emblavures des exploitations des types **E3** et **E4** commencent à chuter et le taux d'occupation du PPI passe de 100% (dans un cadre individuel et année du type **N1**) à des valeurs inférieures (cf. graphique n° 44).

Graphique n° 44 : Evolution des emblavures au niveau du PPI en fonction du prix de l'eau



Source : Résultats de nos modèles.

Tableau n°44 : Utilisation réelle et simulée de la terre dans le cadre agrégé

Type Expl.	Activités	Unité	Réelle[12]	Modèle agrégé	
				N1	N2
E1	blé tendre -fg[13]-	ha	2	1,86	0
	blé tendre	ha	3,81	0	0
	artichaut	ha	1,11	1,11	1,11
	tomate -gg[14]-	ha	1,92	1,86	0
	bersim	ha	1,55	0,98	0,98
	avoine	ha	1,85	2,61	2,61
	orge en vert	ha	1,55	1,39	1,39
	luzerne	ha	1,17	0,94	0,94
	mais fourrager	ha	1,85	1,11	1,11
	UZB	UZ	14	8,94	8,94
	Sup. mise en eau	ha	16,82	11,9	8,2
	sup. physi.irrigable[15]	ha	18,6	18,6	18,6
	Taux .occup.sol[16]	%	90	64	44
E2	artichaut	ha	0,82	0,84	0,84
	tomate -gg-	ha	1,39	1,39	0
	melon	ha	0,49	0,84	0
	courge	ha	0,33	0	0
	Sup. mise en eau	ha	3,04	3,07	0,84
	sup. physi.irrigable	ha	3,1	3,1	3,1
	Taux .occup.sol	%	98	99	27
E3	bersim	ha	0,50	0,35	0,35
	avoine	ha	1,00	0,98	0,98
	orge en vert	ha	1,00	0,46	0,46
	mais fourrager	ha	0,70	0,38	0,38
	UZB	UZ	6	3,15	3,15
	Sup. mise en eau	ha	3,25	2,2	2,2
	sup. physi.irrigable	ha	2,2	2,2	2,2
	Taux .occup.sol	%	148	100	100
E4	artichaut	ha	0,47	0,47	0,47
	tomate	ha	0,83	0,59	0
	bersim	ha	0,50	0,42	0,42
	avoine	ha	1,50	1,18	1,18
	orge en vert	ha	1,00	0,57	0,57
	mais fourrager	ha	0,75	0,46	0,46
	UZB	UZ	6	3,96	3,96
	Sup. mise en eau	ha	5,05	3,7	3,11
	sup. physi.irrigable	ha	4,3	4,3	4,3
	Taux .occup.sol	%	118	86	72

Source : résultats de nos modèles.

[12] Réelle=moyenne observée.
[13] Blé tendre derrière une tomate conduite en fertigation.
[14] tomate conduite en fertigation (irrigation et fertilisation localisées).
[15] Superficie physique irrigable.
[16] Taux d'occupation du sol ou niveau d'intensification.

CHAPITRE II : COMPORTEMENTS DES AGRICULTEURS SOUS UNE CONTRAINTE DE DISPONIBILITE DE L'EAU AU NIVEAU DU PPI

Section 1 : Résultats du modèle agrégé

Nous avons présenté dans le premier chapitre les résultats des modèles individuels de base sans contrainte de limitation en disponibilité d'eau.

Nous présentons dans le chapitre présent les résultats d'un modèle agrégé. Les 4 modèles individuels ont été reliés par une équation qui limite la disponibilité annuelle de l'eau d'irrigation au niveau du PPI et ce en fonction des deux qualités hydriques des années (**N1** et **N2**).

1. Allocation des facteurs de production dans les différents types d'exploitations agricoles

Dans l'utilisation des facteurs au niveau agrégé, nous nous intéresserons, comme vu précédemment dans le cadre individuel, aux facteurs terre et eau.

1.1. Utilisation de la terre

Le tableau n° 44 ci-contre récapitule l'utilisation réelle et simulée de la terre irriguée dans un cadre agrégé, selon la limitation de la disponibilité annuelle de l'eau au niveau du PPI.

En général, les résultats des modèles individuels de base reproduisent mieux la réalité que ceux du modèle agrégé, qui intègre une limitation de la disponibilité annuelle de l'eau au niveau du PPI.

1.1.1. Cas des exploitations du type E1

Dans un cadre agrégé, le niveau de l'activité tomate s'annule dans les années de rationnement de l'eau **(N2).** La culture du blé tendre disparaît du plan optimal de production des grandes exploitations polyvalentes. Toutes les emblavures fourragères diminuent en terme de superficies et entraînent par conséquent le rabattement de l'effectif des UZB à **8,944**, soit une diminution de **36%** par rapport à la taille du cheptel bovin conduit dans le modèle individuel du type **E1**.

Le tableau n° 45 suivant montre la tendance à la baisse du niveau des activités des exploitations du type **E1** dans le cas où leur fonctionnement s'opère sous une contrainte de disponibilité de l'eau au niveau du PPI.

Tableau n° 45 : Comportement des exploitations du type E1 sous une contrainte de disponibilité de l'eau d'irrigation au niveau du PPI.

Activité	Variation en % du niveau des activités en année **N1** par rapport à la solution sans contrainte de disponibilité d'eau		Variation en % du niveau des activités en année **N2** par rapport à la solution sans contrainte de disponibilité d'eau	
	en plus	en moins	en plus	en moins
blé tendre-fg-	0	0		**-100**
blé tendre		**-100**		**-100**
artichaut	0	0	0	0
tomate -gg-	0	0		**-100**
bersim		**-36**		**-36**
avoine		**-35**		**-35**
orge en vert		**-36**		**-36**
luzerne		**-36**		**-36**
maïs fourrager		**-36**		**-36**
UZB		**-36**		**-36**

Source : Résultats de nos modèles.

En ce qui concerne le taux d'occupation du sol, ce dernier est de **64%** en année **N1** et de **44%** en année **N2**, soit des chutes respectives par rapport à la solution du modèle individuel de **36%** et de **46%.**

1.1.2. Cas des exploitations du type E2

Dans une année du type **N1**, les niveaux des activités de production pour les exploitations du type **E2** sont les mêmes que ceux de la solution du modèle individuel qui n'intègre pas de contrainte sur la ressource en terme de disponibilité. En année du type **N2**, les activités de la tomate et de la courge disparaissent et le taux d'occupation du sol chute à **27%** dans les années de rationnement de l'eau (cf. tableau n° 46).

Tableau n° 46 : Comportement des exploitations du type E2 sous une contrainte de disponibilité de l'eau d'irrigation au niveau du PPI

Activité	Variation en % du niveau des activités en année **N1** par rapport à la solution sans contrainte de disponibilité d'eau		Variation en % du niveau des activités en année **N2** par rapport à la solution sans contrainte de disponibilité d'eau	
	en plus	en moins	en plus	en moins
artichaut	0	0	0	0
tomate -gg-	0	0		**-100**
Melon	0	0		**-100**
Courge		**0**		**-100**

Source : Résultats de nos modèles.

Les exploitations du type **E2** sont celles qui subissent le maximum de dégâts dans le cas où elles se trouvent en situation de rationnement de l'eau, ceci revient en grande partie au fait que ce type d'exploitation pratique exclusivement le maraîchage, laquelle activité est soumise au rationnement de l'eau.

1.1.3. Cas des exploitations du type E3

Les petites exploitations d'élevage bovin (type **E3**) sont les plus sécurisées dans le PPI de Kalâat Landaus. Le " mono-système de production " pratiqué par ce type d'exploitation est bien protégé du point de vue mesures de politiques agricoles entreprises par l'Etat. En effet, la priorité donnée aux cultures fourragères dans le processus d'irrigation permet aux exploitations du type **E3** de garder les mêmes niveaux d'activités fourragères et par voie de conséquence le même cheptel bovin laitier même si la ressource est soumise à une contrainte de limitation au niveau du PPI.

1.1.4. Cas des exploitations du type E4

Dans un cadre agrégé, le niveau de l'activité de la tomate diminue de 28% en année du type **N1** et s'annule dans les années de rationnement de l'eau **(N2).** Toutes les emblavures fourragères (à l'exception de l'orge en vert) diminuent en terme de superficies et entraînent par conséquent le rabattement de l'effectif des UZB à **3,97**, soit une diminution de **22,4%** par rapport à la taille du cheptel bovin conduit dans le modèle individuel du type **E4**.

Le tableau n° 47 suivant montre la tendance à la baisse du niveau des activités des exploitations du type **E4** dans le cas où leur fonctionnement s'opère sous une contrainte de disponibilité de l'eau au niveau du PPI.

Tableau n° 47 : Comportement des exploitations du type E4 sous une contrainte de disponibilité de l'eau d'irrigation au niveau du PPI

Activité	Variation en % du niveau des activités en année **N1** par rapport à la solution sans contrainte de disponibilité d'eau		Variation en % du niveau des activités en année **N2** par rapport à la solution sans contrainte de disponibilité d'eau	
	en plus	en moins	en plus	en moins
artichaut	0	0	0	0
tomate	0	**-28**		**-100**
bersim		**-22,5**		**-22,5**
avoine		**-22,4**		**-22,4**
orge en vert	**+22**		**+22**	
maïs fourrager		**-22,4**		**-22,4**
UZB		**-22,4**		**-22,4**

Source : Résultats de nos modèles.

En ce qui concerne le taux d'occupation du sol, ce dernier est de **86%** en année **N1** et de **72%** en année **N2**, soit des chutes respectives par rapport à la solution du modèle individuel de **14%** et de **28%.**

Tableau n°48 : Utilisation réelle et simulée de la terre

Type Expl.	Activités	Unité	Réelle[17]	Modèle individuel		Modèle agrégé	
				N1	N2	N1	N2
E1	blé tendre -fg[18]-	ha	2	1,86	0,93	1,86	0
	blé tendre	ha	3,81	2,83	2,83	0	0
	artichaut	ha	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
	tomate -gg[19]-	ha	1,92	1,86	0,93	1,86	0
	bersim	ha	1,55	1,54	1,54	0,98	0,98
	avoine	ha	1,85	4,00	4,00	2,61	2,61
	orge en vert	ha	1,55	2,18	2,18	1,39	1,39
	luzerne	ha	1,17	1,47	1,47	0,94	0,94
	mais fourrager	ha	1.85	1,74	1,74	1,11	1,11
	UZB	UZ	14	14	14	8,94	8,94
	Sup. mise en eau	ha	16,83	18,6	16,74	11,9	8,2
	sup. physi.irrigable[20]	ha	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
	Taux .occup.sol[21]	%	90	100	90	64	44
E2	artichaut	ha	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84
	tomate -gg-	ha	1,39	1,39	0,27	1,39	0
	melon	ha	0,49	0.83	0	0,84	0
	courge	ha	0,32	0	0,83	0	0
	Sup. mise en eau	ha	3,03	3,06	1,95	3,07	0,84
	sup. physi.irrigable	ha	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	Taux .occup.sol	%	98	99	63	99	27
E3	bersim	ha	0,50	0,35	0,35	0,35	0,35
	avoine	ha	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98
	orge en vert	ha	1,00	0,47	0,47	0,46	0,46
	mais fourrager	ha	0,75	0,38	0,38	0,38	0,38
	UZB	UZ	6	3,15	3,15	3,15	3,15
	Sup. mise en eau	ha	3,25	2,2	2,2	2,2	2,2
	sup. physi.irrigable	ha	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
	Taux .occup.sol	%	148	100	100	100	100
E4	artichaut	ha	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
	tomate	ha	0,83	0,43	0,43	0,59	0
	bersim	ha	0,50	0,54	0,54	0,42	0,42
	avoine	ha	1,50	1,52	1,52	1,18	1,18
	orge en vert	ha	1,00	0,47	0,47	0,57	0,57
	mais fourrager	ha	0,75	0,59	0,59	0,46	0,46
	UZB	UZ	6	5,11	5,11	3,96	3,96
	Sup. mise en eau	ha	5,05	4,3	4,3	3,7	3,11
	sup. physi.irrigable	ha	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
	Taux .occup.sol	%	118	100	100	86	72

Source : résultats de nos modèles.

[17] Réelle=moyenne observée.
[18] Blé tendre derrière une tomate conduite en fertigation.
[19] tomate conduite en fertigation (irrigation et fertilisation localisées).
[20] Superficie physique irrigable.
[21] Taux d'occupation du sol ou niveau d'intensification.

1.1.5. Commentaire général des résultats du modèle agrégé

L'introduction de la contrainte de disponibilité annuelle de l'eau d'irrigation au niveau du PPI a permis de mettre en évidence que l'allocation de la ressource par les irriguants est loin d'être optimale. Ce point sera repris en détail ultérieurement pour montrer que ce sont les doses d'irrigation élevées appliquées par les agriculteurs qui sont à l'origine des écarts entre les résultats des modèles individuels et ceux du modèle agrégé (cf. tableau n° 48 ci-contre).

Le caractère " peu réaliste " des résultats du modèle agrégé par l'intégration d'une contrainte de limitation de la disponibilité annuelle de la ressource au niveau du PPI s'est traduit par des taux d'occupation du sol relativement faibles en année **N2,** à l'exception des exploitations du type **E3**, qui en pratiquant uniquement l'élevage, se trouvent à l'abri des "ravages" du rationnement de l'eau d'irrigation en année du type **N2**.

De ce fait, dans le modèle agrégé, les taux d'occupation des sols en fonction des années de disponibilité d'eau au niveau du PPI sont à la baisse (cf. tableau n° 49).

Tableau n° 49: Variation des taux d'occupation du sol suite à l'introduction d'une contrainte de disponibilité annuelle sur la ressource

Type-expl.	modèle individuel		modèle agrégé	
	N1	N2	N1	N2
E1	100	90	**64**	**44**
E2	100	**63**	100	**27**
E3	100	100	100	100
E4	100	100	**86**	**72**

Source : Résultats de nos enquêtes.

Nous remarquons que les exploitations des types **E1** et **E2** sont touchées de " plein fouet " dans les années où l'eau d'irrigation n'est pas disponible en quantité suffisante. A titre d'exemple, les exploitations maraîchères se trouvent en une année du type **N2** avec presque les ¾ de leurs superficies non emblavées.

En situation agrégée, les exploitations qui consomment beaucoup d'eau telles que les exploitations du type **E1** par leur taille importante et les exploitations du type **E2** par leur pratique exclusive du maraîchage voient leurs taux d'occupation du sol diminuer de manière significative .

Les exploitations des types **E2, E3** et **E4** sont plus petites que les exploitations du type **E1**.
Ces dernières mettent en eau des superficies plus importantes que les exploitations du type **E4** et consomment par conséquent plus d'eau et leur fonctionnement est de ce fait plus sensible sous une contrainte active de disponibilité annuelle de l'eau au niveau du PPI.

C'est la raison pour laquelle, elles ont les résultats agro-économiques les plus éloignés des résultats du cadre individuel.

Au niveau du PPI, le fonctionnement des exploitations sous une contrainte de disponibilité annuelle de l'eau d'irrigation donne les emblavures totales récapitulées dans le tableau n° 50.

Tableau n° 50 : Emblavure totale du PPI de Kalaat Landlouss

Type-expl	Effectif	Poids en %	Emblavure agrégée en ha		Emblavure totale PPI en ha	
			N1	N2	N1	N2
E1	125	26	11,87	8,16	1484,75	1019,75
E2	67	14	3,07	0,84	205,62	56,08
E3	134	28	2,2	2,2	294,8	294,8
E4	154	32	3,71	3,11	571,03	478,94
	480	**100**		total en ha	**2556,20**	**1849,57**
				Taux en %	**73**	**53**

Source : résultats de nos modèles.

Dans une année du type **N1**, le taux d'occupation du PPI est estimé à **73%,** dans une année de rationnement de l'eau, la disponibilité de la ressource permet de mettre en eau **53 %** de la superficie totale du PPI. La différence des taux d'occupation du sol dans les modèles individuel, et celui agrégé (cf. tableau n° 48) est dû essentiellement aux effets réducteurs de la contrainte de disponibilité annuelle de l'eau d'irrigation qui paraît très active dans le modèle agrégé. Nous disons que la désactivation de cette contrainte qui occulte le caractère spécifique du système d'irrigation adopté (à la demande) dans le PPI égalise les résultats du modèle agrégé avec ceux des modèles individuels. La réalité des taux d'occupation du sol au niveau du PPI se trouve quelque part entre les résultats des modèles individuels et ceux du modèle agrégé.

Certes, les résultats du modèle agrégé de base sont "peu réalistes". Cependant, ils permettent de mettre en évidence les niveaux élevés de consommation d'eau et une faible productivité de la ressource. Si on se base sur le critère d'occupation du sol au niveau du PPI, cette allocation sous-optimale de l'eau est d'origine technologique. Ce point sera repris en détail, dans la section suivante, qui traitera de la sensibilité du modèle agrégé par rapport à des variations dans les disponibilités annuelles de l'eau au niveau du PPI.

Ce que nous pouvons dire en conclusion de ce paragraphe relatif à l'allocation de la terre dans le PPI de Kalaat Landlouss, est qu'au niveau agrégé, l'introduction d'une contrainte de disponibilité d'eau au niveau du PPI a tendance à diminuer le niveau des activités végétales et animales des grandes exploitations polyvalentes (type E1). Les exploitations maraîchères (type E2) connaîtront des difficultés sérieuses au cours des années du type N2 (taux d'occupation du sol de 27%). Les fonctionnements techniques et économiques des exploitations des types E4 et E3 sont peu ou pas sensibles sous une contrainte active de limitation dans la disponibilité annuelle de l'eau d'irrigation au niveau du PPI.

1. 2. Consommation d'eau et aspects économiques conséquents

Nous avons récapitulé dans le tableau n° 51 ci-contre les consommations d'eau des divers types d'exploitations dans le cadre agrégé, ainsi que les résultats économiques, en terme de redevances hydrauliques et de revenus agricoles bruts dégagés.

Tableau n°51 : Consommation d'eau et résultats économiques conséquents dans un cadre agrégé.

Type Expl.	Variables	Unité	Modèle agrégé	
			N1	**N2**
E1	Eau totale consommée	m3	33462	18862
	Charges d'eau	DT	3514	1981
	Revenu	DT	20437	15098
	Ratio charge d'eau / revenu	%	**17**	**13**
	Ratio Revenu N2/N1	%	74	
	Revenu espéré en 97/98	DT	19369	
E2	Eau totale consommée	m3	17856	1883
	Charges d'eau	DT	1875	**198**
	Revenu	DT	9057	1886
	Ratio charge d'eau / revenu	%	**21**	**10**
	Ratio Revenu N2/N1	%	21	
	Revenu espéré	DT	7623	
E3	Eau totale consommée	m3	3465	3465
	Charges d'eau	DT	364	364
	Revenu	DT	3130	3130
	Ratio charge d'eau / revenu	%	12	12
	Ratio Revenu N2/N1	%	100	
	Revenu espéré	DT	3130	
E4	Eau totale consommée	m3	10756	5206
	Charges d'eau	DT	1130	547
	Revenu	DT	5588	4455
	Ratio charge d'eau / revenu	%	20	12
	Ratio Revenu N2/N1	%	80	
	Revenu espéré	DT	5361	

Source : résultats de nos modèles.

Les exploitations du type **E1** voient leur consommation annuelle en eau diminuer par rapport à la solution du modèle individuel. Ces diminutions sont de **- 25%** en **N1** et de **-44%** dans une année du type **N2**.

Quant aux exploitations du type **E2**, la consommation d'eau en **N1** reste inchangée par rapport à celle enregistrée dans le modèle individuel alors que la consommation d'eau au cours des années de rationnement baisse de **60%** par rapport à celle observée dans le modèle individuel.

La pratique exclusive de l'élevage bovin dans les exploitations du type **E3** fait en sorte que la consommation d'eau soit la même quelque soit le type d'année et quelque soit le cadre d'observation. Les cultures fourragères sont prioritaires dans l'allocation de la ressource, ajoutant à cela, la faible consommation d'eau pour ce type d'exploitation comparativement aux autres exploitations dans le PPI.

Les exploitations du type **E4** voient leur consommation annuelle en eau se stabiliser par rapport à la solution du modèle individuel au cours des années du type **N1**. En revanche, si la ressource est rationnée (année **N2**), la consommation annuelle d'eau diminue de **37,6%** par rapport à la solution du modèle individuel.

Dans les années du type **N1**, une stabilité relative est observée dans la part des charges d'eau par rapport aux revenus agricoles bruts dégagés Cette stabilité se vérifie pour tous les types d'exploitation. Cependant, au cours des années **N2**, à l'exception des exploitations du type **E3**, les charges d'eau baissent suite à la baisse de la consommation.
Les pertes enregistrées dans les revenus moyens par rapport à ceux dégagés dans les solutions individuelles sont comme suit :

- les exploitations du type **E1 : 30%** ;
- celles du type **E2 : 4,6%** ;
- les exploitations du type **E3 : 0%** ;
- celles du type **E4 : 12,4%.**

La présence éventuelle d'une contrainte de disponibilité annuelle de l'eau au niveau du PPI affecte sérieusement le fonctionnement et les résultats économiques des exploitations du type **E1**. En d'autres termes, les exploitations ayant une taille importante et une grande consommation d'eau seront les plus sensibles à la limitation dans la disponibilité annuelle de la ressource au niveau du PPI.

Couverture des besoins en eau du PPI : Qui profite de l'eau ?

La couverture des besoins en eau d'irrigation du PPI de Kalaat Landlouss dans les conditions de la campagne 97/98 (tarification proportionnelle ; 0,105 DT/m3) est esquissée au tableau n° 52 qui suit.

Tableau n° 52 : Variations dans les taux de couverture des besoins en eau du PPI et niveaux de consommation par type d'exploitation en individuel et en agrégé

Type-expl.	Consommation selon modèles individuels.		Consommation selon modèle agrégé.		% par type dans mod.agrégé	
	N1	N2	N1	N2	N1	N2
E1	5554625	4194500	4182750	2357750	**55,8**	**63**
E2	1196352	313091	1196352	126161	**16,0**	**3,2**
E3	464310	464310	464310	464310	**6,2**	**12,4**
E4	1646414	1283898	1656424	801724	**22,0**	**21,4**
total	8861701	6255799	**7500000**	**3750000**	**100**	**100**
taux	**85**	**60**	**100**	**100**		

Source : résultats de nos modèles.

Les taux de couverture des besoins en eau du PPI de **100%,** quelque soit la qualité hydrique de l'année, sont dus au fait qu'au niveau agrégé, l'introduction d'une limitation de disponibilité d'eau ait obligé le modèle à se réajuster et n'ait permis, par conséquent, que des consommations dans la limite de la disponibilité de la ressource[55].

Une très forte remarque surgit de la lecture du tableau n° 52. Il s'agit d'une réponse à la question : **qui profite le mieux de l'eau d'irrigation ?**

La réponse est lisible dans les pourcentages de consommation d'eau au niveau du PPI. Ce sont les exploitations du type **E1** qui drainent la totalité de l'eau disponible en année normale (**56%** de l'eau disponible) et en année sèche (**63%** de l'eau disponible). Au contraire, les exploitations du type **E2** consomment **16%** d'eau disponible en année **N1** et environ **3,2%** en année de rationnement.

Les exploitations du type **E3** consomment la même quantité d'eau quelque soit la qualité de l'année (soit l'équivalent de **6,2%** en **N1** et de **12,4%** en **N2**), alors que les exploitations du type **E4** s'approprient presque d'un peu plus du **1/5** de la ressource quelque soit la qualité de l'année.

Au niveau du PPI, la consommation moyenne à l'ha est de :

- 2933 m3/ha en année du type **N1**.
- et de 2027 m3/ha en année du type **N2**.

[55] Nos calculs sont faits sur la base d'une disponibilité d'eau de 7.500.000 m3 en une année du type N1 et de 3.750.000 m3 en une année du type N2. Ces chiffres correspondent bien entendu à la campagne 97/98.

Section 2 : Sensibilité de la solution du modèle agrégé par rapport aux variations des disponibilités annuelles de l'eau

Compte tenu de l'importance capitale du facteur " eau " dans le fonctionnement technique et économique des périmètres irrigués, nous avons choisi de tester le degré de stabilité de la solution du modèle agrégé de base du PPI de Kalaat Landlouss par rapport à des variations dans la disponibilité annuelle de l'eau d'irrigation. Ce test de sensibilité pourra nous renseigner sur les comportements des agriculteurs vis à vis :

- d'une augmentation dans le volume d'eau annuel réservé pour le PPI suite à une nouvelle redistribution nationale des eaux du nord qui privilégie le secteur agricole ou à la mise en eau de certains nouveaux barrages dans l'amont du système de la Medjerda ;
- ou dans le cas contraire, par rapport à une diminution dans les volumes réservés au PPI suite à une nouvelle redistribution nationale de l'eau qui défavorise le secteur agricole ou à un rabattement de la capacité de stockage des barrages en amont suite à un envasement accéléré.

Pour illustrer nos propos, nous pouvons imaginer des scénarios où la disponibilité de l'eau d'irrigation varie en plus ou en moins au niveau du PPI par rapport à la situation de base[56]. Cette variation peut être à l'origine d'une nouvelle redistribution de l'eau au niveau régional qui pourra prévoir plus ou moins d'eau pour le PPI de Kalaat Landlouss.

Le tableau n° 53 récapitule les scénarios possibles de changement dans la disponibilité annuelle de l'eau au niveau du PPI.

Tableau n° 53 : Scénarios de changement dans la disponibilité annuelle de l'eau au niveau du PPI (volume en millions de m3)

	Scénario de base		Variation en plus				Variation en moins			
			Scénario S1		Scénario S2		Scénario S3		Scénario S4	
	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2
Volume	**7,5**	**3,75**	**8**	**4**	**9**	**4,5**	**6**	**3**	**5**	**2,5**
%	-		7		20		20		33	

Source : Elaboration personnelle.

1. Analyse de la sensibilité de la solution de base en cas d'augmentation dans la disponibilité annuelle de l'eau

Le détail de tous les résultats en terme de niveaux d'activités et de résultats économiques conséquents dans les deux scénarios d'augmentation dans la disponibilité annuelle de la ressource est porté au tableau n° 54 ci-contre .

[56]La solution de base prévoit une disponibilité annuelle d'eau d'irrigation au niveau du PPI de Kalaat Landlouss de 7,5 Millions de m3 en N1 et 3,75 Millions de m3 en année N2.

Tableau n°54 : Sensibilité du modèle agrégé de base par rapport aux augmentations dans la disponibilité annuelle de l'eau au niveau du PPI..

Type Expl.	Activités	Unité	SB[1]		S1		S2	
			N1	N2	N1	N2	N1	N2
E1	blé tendre -fg[2]-	ha	1,86	0	1,86	0	1,86	0
	blé tendre	ha	0	0	0	0	0	0
	artichaut	ha	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
	tomate -gg[3]-	ha	1,86	0	1,86	0	1,86	0
	bersim	ha	0,98	0,98	1,14	1,14	1,41	1,41
SAU= 18,6 ha	avoine	ha	2,61	2,61	3,06	3,06	3,83	3,83
	orge en vert	ha	1,39	1,39	1,62	1,62	2,01	2,01
	luzerne	ha	0,94	0,94	1,09	1,09	1,35	1,35
	mais fourrager	ha	1,11	1,11	1,29	1,29	1,59	1,59
	UZB	UZ	8,94	8,94	10,40	10,40	12,87	12,87
	Consommation eau	m3	33462	18862	35840	21239	39867	25266
	Charges d'eau	DT	3514	1981	3763	2230	4186	2653
	Revenu annuel	DT	20437	15098	22371	17058	25523	20307
	Revenu espéré	DT	19369		21308		24480	
E2	artichaut	ha	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	tomate -gg-	ha	1,39	0	1,39	0	1,39	0
	melon	ha	0,84	0	0,84	0	0,84	0
SAU= 3,1 ha	courge	ha	0	0	0	0	0	0
	Consommation eau	m3	17856	1883	17856	1883	17856	1883
	Charge d'eau	DT	1875	198	1875	198	1875	198
	Revenu annuel	DT	9057	1886	9057	1886	9057	1886
	Revenu espéré	DT	7623		7623		7623	
E3	bersim	ha	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	avoine	ha	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	orge en vert	ha	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
SAU= 2,2 ha	mais fourrager	ha	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
	UZB	UZ	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
	Consommation eau	m3	3465	3465	3465	3465	3465	3465
	Charge d'eau	DT	364	364	364	364	364	364
	Revenu annuel	DT	3226	3226	3226	3226	3226	3226
	Revenu espéré	DT	3226		3226		3226	
E4	artichaut	ha	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
	tomate	ha	0,59	0	0,81	0	0,86	0
	bersim	ha	0,42	0,42	0,38	0,38	0,38	0,38
	avoine	ha	1,18	1,18	1,09	1,09	1,09	1,09
SAU= 4,3 ha	orge en vert	ha	0,57	0,57	0,53	0,53	0,53	0,53
	mais fourrager	ha	0,46	0,46	0,42	0,42	0,44	0,44
	UZB	UZ	3,96	3,96	3,63	3,63	3,65	3,65
	Consommation eau	m3	10756	5206	12073	4900	12392	4878
	Charge d'eau	DT	1130	547	1265	514	1301	513
	Revenu annuel	DT	5588	4455	5542	4204	5544	4186
	Revenu espéré	DT	5361		5275		5273	

Source : résultats de nos modèles.

[1] SB : solution de base (en agrégé).
[2] Blé tendre derrière une tomate conduite en fertigation.
[3] tomate conduite en fertigation (irrigation et fertilisation localisées).

Par rapport à la solution du modèle de base, dans les deux scénarios d'augmentation éventuelle de la quantité d'eau disponible au niveau du PPI, **S1** et **S2**, l'effectif des **UZB** augmente respectivement à **10,44** en **S1** et **12,86** en **S2.** Nous notons la disparition de la tomate en **N2** et du blé tendre.

Les revenus des exploitations du type **E1** en **S1** et **S2** augmentent respectivement de **10%** et **26%** par rapport à la situation de base. Nous remarquons que la composante animale valorise bien une augmentation éventuelle.

Les résultats économiques des exploitations du type **E2** demeurent inchangés en cas d'augmentation de la quantité d'eau disponible au niveau du PPI. En effet, quelque soit le scénario d'augmentation de la disponibilité annuelle de l'eau, **S1** ou **S3**, les plans optimaux de production sont ceux de la situation de base.

Pour les exploitations du type **E3**, leur système de production laitier jouit d'une protection de telle sorte que la solution de base reste inchangée quelque soit le scénario à partir duquel elle découle.

Quant aux exploitations du type **E4**, celles qui pratiquent la production végétale et animale, les impacts d'une augmentation dans le volume annuel de l'eau disponible au niveau du PPI se répercute par une réallocation insignificative du facteur terre entre la solution de base et celle en **S1**et **S2**. Nous remarquons que la superficie de la tomate augmente légèrement et respectivement de **0,2** ha et **0,26** ha par rapport à la solution de modèle de base et ce au détriment des superficies des cultures fourragères et par voie de conséquence au détriment de l'effectif des **UZB.**

Les exploitations du type **E4** ne peuvent pas trop rivaliser les exploitations du type **E1** dans la production laitière. Ici, deux modes de conduites s'affrontent :

- un système technique de production animale « performant, » celui des exploitations du type **E1** qui a pu permettre à ses pratiquants d'atteindre des productions de **4500** litres de lait/UZB/an ;
- un système technique de production animale rudimentaire, celui des exploitations du type **E4**, qui offre à ses pratiquants une production annuelle de **3000** litres de lait/UZB.

Dans un cadre agrégé, seules les exploitations du type **E1** réagissent positivement à des augmentations éventuelles dans les disponibilités annuelles de l'eau au niveau du PPI (cf. tableau n° 54).Cette appropriation du surplus est due en fait à une double supériorité des exploitations du type **E1** par rapport au reste des exploitations :

- **une supériorité structurelle** : elles représentent **26%** des exploitations et gèrent **67 %** des terres irrigables dans le PPI ;
- **une supériorité technique**, dans les deux composantes du système de production : la composante animale et végétale.

Tableau n°55 : Sensibilité du modèle agrégé de base par rapport aux diminutions dans la disponibilité annuelle de l'eau au niveau du PPI.

Type Expl.	Activités	Unité	SB[4]		S3		S4	
			N1	N2	N1	N2	N1	N2
E1	blé tendre -fg[5]-	ha	1,86	0	1,86	0	1,83	0
	blé tendre	ha	0	0	0	0	0	0
	artichaut	ha	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
	tomate -gg[6]-	ha	1,86	0	1,86	0	1,83	0
	bersim	ha	0,98	0,98	0,92	0,92	0,65	0,64
SAU= 18,6 ha	avoine	ha	2,61	2,61	2,44	2,44	1,68	1,68
	orge en vert	ha	1,34	1,34	1,31	1,31	0,93	0,93
	luzerne	ha	0,94	0,94	0,88	0,88	0,62	0,62
	mais fourrager	ha	1,11	1,11	1,04	1,04	0,74	0,74
	UZB	UZ	8,94	8,94	8,39	8,39	5,95	5,95
	Consommation eau	m3	33462	18862	32565	17965	28385	13965
	Charges d'eau	DT	3514	1981	3419	1887	2980	1466
	Revenu annuel	DT	20437	15098	19705	14333	16390	10916
	Revenu espéré	DT	19369		18636		15296	
E2	artichaut	ha	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	tomate -gg-	ha	1,39	0	1,26	0	0,16	0
	melon	ha	0,837	0	0,837	0	00,837	0
SAU= 3,1 ha	courge	ha	0	0	0	0	0	0
	Consommation eau	m3	17856	1883	16973	1883	9847	1883
	Charge d'eau	DT	1875	198	1782	198	1034	198
	Revenu annuel	DT	9057	1886	8745	1886	6221	1886
	Revenu espéré	DT	7623		7373		5354	
E3	Revenu espéré	ha	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	avoine	ha	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	orge en vert	ha	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
SAU= 2,2 ha	mais fourrager	ha	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
	UZB	UZ	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
	Consommation eau	m3	3465	3465	3465	3465	3465	3465
	Charge d'eau	DT	364	364	364	364	364	364
	Revenu annuel	DT	3226	3226	3226	3226	3226	3226
	Revenu espéré	DT	3226		3226		3226	
E4	artichaut	ha	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
	tomate	ha	0,59	0	0	0	0	0
	bersim	ha	0,42	0,42	0	0	0	0
	avoine	ha	1,18	1,18	0	0	0	0
SAU= 4,3 ha	orge en vert	ha	0,57	0,57	0	0	0	0
	mais fourrager	ha	0,46	0,46	0	0	0	0
	UZB	UZ	3,96	3,96	0	0	0	0
	Consommation eau	m3	10756	5206	2128	1064	2128	1064
	Charge d'eau	DT	1130	547	224	112	224	112
	Revenu annuel	DT	5588	4455	1275	1066	1275	1066
	Revenu espéré	DT	5361		1233		1233	

Source : résultats de nos modèles.

[4] SB : solution de base (en agrégé).
[5] Blé tendre derrière une tomate conduite en fertigation.
[6] tomate conduite en fertigation (irrigation et fertilisation localisées).

Et pour répondre à la question : **pourquoi l'élevage laitier via les cultures fourragères absorbe-t-il les augmentations éventuelles dans les disponibilités annuelles de l'eau au niveau du PPI ?.** La réponse est la suivante :

étant donné que les superficies du maraîchage sont soumises à des ratios maximums et ce pour des considérations agronomiques et de disponibilité et de coût de main-d'œuvre temporaire contraignantes, valables d'ailleurs pour tous les autres types d'exploitations dont notamment le type **E2**, la production laitière valorise mieux les surplus de disponibilité de la ressource. Encore faut-il prendre ces résultats avec prudence parce qu'ils sont dictés par le caractère agrégé du modèle suite à la prise en compte d'une contrainte de disponibilité de la ressource. Si nous désactivons cette contrainte, en d'autres termes, nous balançons vers un cadre plutôt individuel, les résultats sont "plus réalistes" par rapport à la situation avec une contrainte active de disponibilité annuelle de l'eau au niveau du PPI (cf. tableau n° 35).

D'une manière générale, les augmentations éventuelles dans la disponibilité annuelle de l'eau d'irrigation au niveau du PPI ont des retombées bénéfiques dans tous les types d'exploitations agricoles. Toutes les composantes, animale et végétale des divers systèmes de production tirent profit en cas d'augmentation dans les disponibilités annuelles de l'eau d'irrigation. Cependant, et compte tenu de la différence dans les productivités marginales des deux composantes et des conditions agronomiques et salariales contraignantes pour le cas du maraîchage, la composante animale est celle qui profite le plus des ressources hydriques supplémentaires. Nous remarquons que les exploitations maraîchères **(E2)** sont les grandes gagnantes, elles font de la courge en **N2**, activité qui n'a pas figuré dans la solution de base.

2. Analyse de la sensibilité de la solution de base en cas de diminution dans la disponibilité annuelle de l'eau

Les exploitations du type **E1**, les " leaders " dans le PPI de Kalaat Landlouss se trouvent dans des situations difficiles en cas de diminution de la quantité d'eau disponible au niveau du PPI (cf. tableau n° 55 ci-contre).

Si l'approvisionnement en eau du PPI diminue de **20%** (scénario **S3**), la solution optimale change légèrement par rapport à celle de base. Ces changements concernent principalement les diminutions dans les emblavures fourragères et par voie de conséquence l'effectif des UZB.

Le revenu agricole brut espéré d'une exploitation du type **E1**, en situation **S3** est de **4%** en moins par rapport à celui affiché dans la solution optimale de base.

La situation de la composante animale du système de production des exploitations du type **E1** se trouve encore aggravée dans le scénario **S4**, celui d'un rabattement de **33%** dans les disponibilités annuelles d'eau. La tendance à la baisse des cultures fourragères en vert et en sec s'accentue. Le cheptel bovin est réduit à **5,96 UZB** et la chute dans le revenu brut espéré gravite autour de **21%**.

Le scénario **S4** constitue un scénario charnière, nous constatons qu'il représente à la fois :

- le début du déclin du système laitier ;

- la déstabilisation de l'activité de la tomate, en terme de début de diminution de superficie ;

- le début d'une préparation pour l'entrée en scène du blé tendre : il suffit de faire des économies de **82 DT/ha** sur les charges opérationnelles du blé tendre, ou, faire des surplus de la même valeur au niveau du produit brut via une amélioration technologique (variété de blé plus productive et moins exigeante en eau) pour que l'activité blé tendre figure dans le plan de production optimal des exploitations du type **E1**.

Certes, le rabattement des disponibilités de l'eau gène le fonctionnement technique et économique des exploitations du type **E1**. Cependant, force est de constater que la chute des effectifs de bovins dans les grandes exploitations dans le PPI de Kalaat Landlouss peut être éventuellement expliquée par les deux points qui suivent :

♣ **le caractère stochastique du modèle d'optimisation utilisé** : ce dernier propose une solution optimale qui puisse tenir debout dans les deux cas de qualité hydrique des années. Le manque important d'eau en année du type **N2** fait en sorte que le modèle aille chercher une solution optimale en respectant cette contrainte active dans les deux années. Ainsi, il propose un rabattement de **33,5%** dans l'effectif des **UZB** au scénario **S4**, dans les exploitations du type **E1**. En d'autres termes, si la variable **UZB** est définie séparément sur les années **N1** et **N2**, le modèle proposera des solutions différentes mais dans la pratique, un cheptel bovin laitier de race ne se construit pas du jour au lendemain car il s'agit du fruit d'un travail de longue haleine ;

♣ **Le caractère rigoureux de la technologie utilisée par les exploitations du type E1** : en effet, une double rigueur technologique est à noter pour les exploitations du type **E1**. Il s'agit du mode « performant » et rigide d'alimentation du cheptel bovin et de la volonté d'apporter des doses d'irrigation importantes pour toutes les activités végétales comparativement au reste des exploitations du PPI (étant donné que le système d'irrigation est en demande et que ce type d'agriculteur se permet financièrement de supporter aisément des charges hydrauliques). En d'autres termes, les exploitations du type **E1**, par leur niveau élevé de consommation en eau comme nous l'avions précédemment montré, sont les plus sensibles à un rabattement au **1/3** des disponibilités annuelles de l'eau d'irrigation.

Comparativement à la solution de base, les exploitations du type **E2** voient leurs superficies de tomate diminuer légèrement au scénario **S3** et se réduire à **0,16** ha dans le scénario **S4**.

Au niveau des revenus agricoles bruts espérés, les chutes sont minimes en **S3** et significatives en **S4** par rapport à la solution de base. Elles sont respectivement **4%** et **30%.**

Les fonctionnements techniques et économiques des exploitations du type **E3** restent inchangés dans les scénarios de diminution de la disponibilité de l'eau au niveau du PPI et ce pour les mêmes raisons citées dans le cas des scénarios **S1** et **S2**, à savoir une protection du système de production laitieres en terme de politique agricole (prix incitatif à la production et emblavures

fourragères non soumises au rationnement de l'eau), une technologie de production non coûteuse par rapport aux exploitations du type **E1** (en terme d'alimentation, soins pathologiques monétarisés et assistance vétérinaire) et une optimisation de solutions sur des années identiques en terme de satisfaction des besoins hydriques des activités fourragères.

Quant aux exploitations du type **E4**, et quelque soit le scénario de diminution de la ressource par rapport à la situation de base, la composante animale et la culture de la tomate disparaissent. En d'autres termes, c'est la faillite des diversificateurs moyens dans le PPI de Kalaat Landlouss. Les revenus bruts dégagés ne représentent que **23%** du revenu dégagé en situation de base. Rappelons tout de même que ces résultats sont issus d'une analyse agrégée. Dans la réalité, le système d'irrigation à la demande et l'absence de contrainte sur la ressource au niveau individuel protègent les exploitations non performantes comme celles du type **E4**. En effet, sans contrainte sur la ressource hydrique, la composante animale chez **E4** persiste et l'effectif est de **5,12 UZB**.

Ce qu'il faut retenir des solutions agrégées dans les scénarios **S3** et **S4** pour le cas des exploitations **E4**, est que ces dernières valorisent mal la ressource et de ce fait, dans un cadre agrégé avec contrainte de disponibilité annuelle de l'eau, elles ne sont plus compétitives et ne peuvent plus concurrencer le reste des exploitations du PPI dans les productions laitières et maraîchères d'été.

En conclusion intermédiaire, et à propos des diminutions éventuelles dans les disponibilités de la ressource, nous pouvons dire que quelque soit le type d'exploitation concerné, **la variable clé qui conditionne l'allocation de l'eau est d'ordre technologique, il s'agit de la dose d'irrigation appliquée, et en dernière analyse, elle détermine la productivité marginale de l'eau associée à chaque activité**. Les cultures " exigeantes " en eau au sens des agriculteurs disparaissent des plans optimaux de production au profit des moins exigeantes, toujours selon la logique des irriguants.

Un résultat, probablement intéressant, montre que **sans une adaptation de la technologie de production végétale et animale, respectivement en terme de dose d'irrigation apportée et d'alimentation des bovins, dans un contexte draconien de rabattement des disponibilités annuelles d'eau au niveau du PPI, la survie de la filière lait au niveau de la production est mise en cause**. Cette constatation va ultérieurement encore mieux s'afficher avec d'autres systèmes tarifaires dont la tarification binôme.

3. Productivités de la ressource et revenus espérés au niveau du PPI suite aux variations dans les disponibilités annuelles de l'eau

L'augmentation de la disponibilité de l'eau au niveau du PPI dans le cas des années du type **N1** laisse conclure que l'eau ne constitue pas une ressource rare au sens économique du terme. La valeur duale de la ressource ne commence à avoir de valeurs positives que lorsque cette dernière est soumise au rationnement, en l'occurrence, au cous des années du type **N2** (cf. tableau n° 56).

Tableau n° 56 : Productivité marginale de l'eau et revenu au niveau du PPI

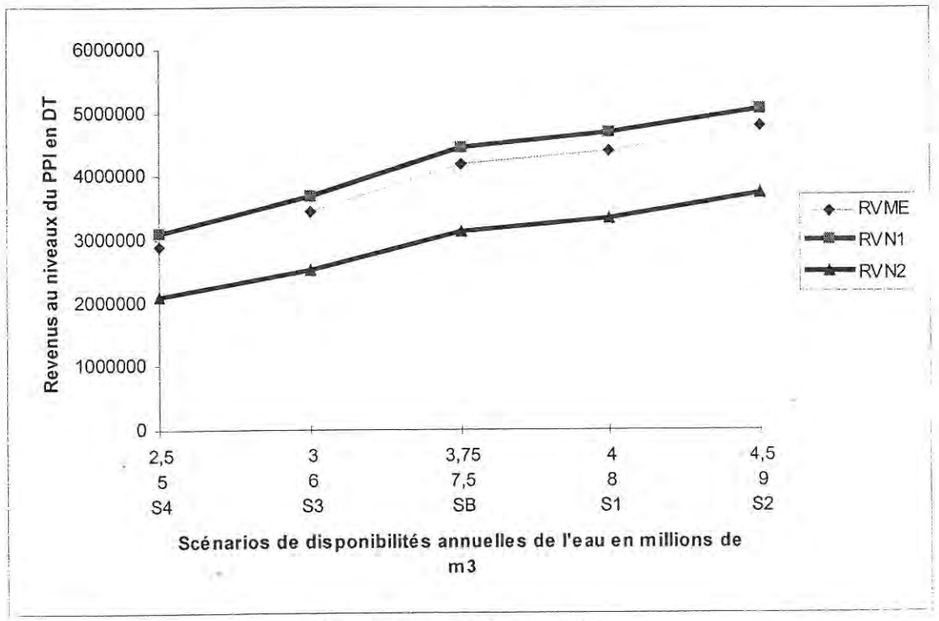
Scénarios	Disponibilité eau en 10^6m3		Productivité marginale du m3 en DT		Revenu espéré au niveau du PPI en DT
	N1	N2	N1	N2	
Solution de base	7,5	3,75	0	0,65	$4,1897.10^6$
Scénario **S1 (en +)**	8	4	0	0,76	$4,4187. 10^6$
Scénario **S2 (en +)**	9	4,5	0	0,78	$4,8149. 10^6$
Scénario **S3 (en -)**	**6**	**3**	**0,28**	**0,54**	**3,4452.** 10^6
Scénario **S4 (en -)**	**5**	**2,5**	**0,29**	**0,53**	**2,8927.** 10^6

Source : résultats de nos modèles.

En revanche, dans le cas des scénarios de diminution de la ressource, les valeurs duales de la ressource sont toutes deux positives (en **N1** et en **N2**). A **33%** de réduction d'eau dans le PPI, la productivité marginale de l'eau est de **0,289** DT en **N1** et **0,532** DT en **N2**.

Pour mieux apprécier l'évolution des revenus (espérés et annuels) au niveau du PPI, nous avons dressé le graphique n° 45 ci-dessous .

Graphique n° 45: Evolution des revenus au niveau du PPI en fonction des disponibilités annuelles en eau (en millions de m3)



Source : résultats de nos modèles.

Le graphique montre que dans le cas où la quantité d'eau disponible augmente par rapport à celle de la solution de base, les variations dans le revenu ne sont pas trop élastiques. Au contraire cette rigidité disparaît dans le cas où les volumes d'eau réservés au PPI sont rabattus. Ceci témoigne d'une faible productivité de la ressource disponible (droite à pente faible en cas

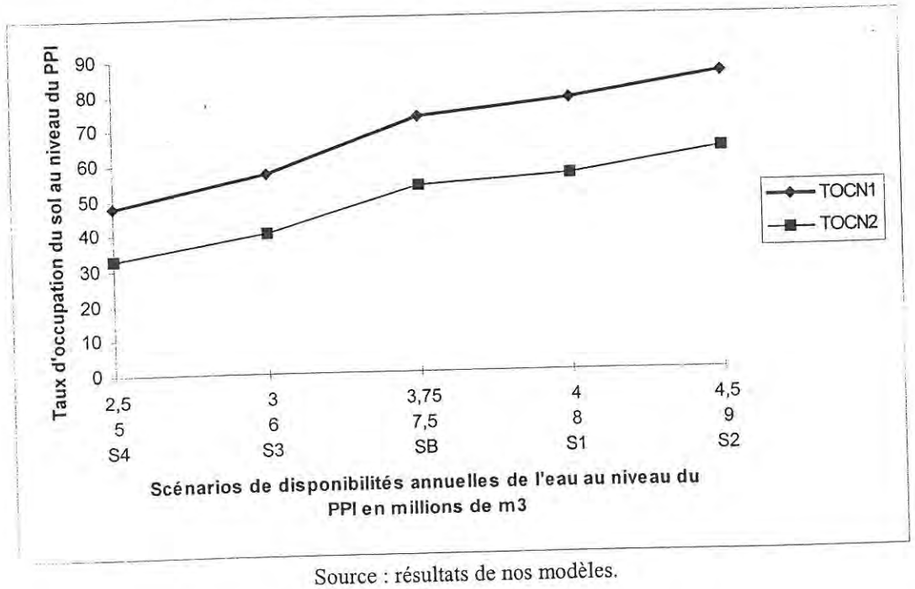
d'augmentation de la disponibilité, et la pente de la droite devient abrupte en cas de diminution dans la quantité disponible de la ressource). Ceci se traduit dans la réalité par une relative stabilité du revenu par rapport à une augmentation dans la disponibilité de la ressource et d'une sensibilité accrue de ce revenu agrégé par rapport aux diminutions éventuelles d'approvisionnements en eau du PPI.

En revanche, dans le cas des scénarios de diminution de la ressource, en plus d'une productivité marginale positive en année **N2**, la ressource affiche un indice de rareté relative au cours des années du type **N1**, le facteur " eau " commence à avoir une productivité marginale supérieure à la valeur nulle au-delà d'une baisse en eau disponible de plus du **1/5** du volume en année normale du type **N1**. A **33%** de réduction d'eau dans le PPI, la productivité marginale de l'eau est de **0,289** DT en **N1** et **0,532** DT en **N2**.

4. Evolution des taux d'occupation du sol en fonction des disponibilités annuelles de l'eau au niveau du PPI

Les résultats des divers scénarios en terme de taux d'occupation du sol au niveau du PPI en fonction de la variation de la disponibilité annuelle de la ressource sont récapitulés dans le graphique n° 46 qui suit.

Graphique n° 46 : Evolution des taux d'occupation du sol dans le PPI de Kalaat Landlouss en fonction des disponibilités annuelles de l'eau



Source : résultats de nos modèles.

Cette relation de proportionnalité entre la disponibilité annuelle de l'eau au niveau du PPI et le taux d'occupation du PPI est une relation à deux vitesses : nous constatons que la pente de la partie de la droite relative à l'augmentation de la disponibilité de la ressource (scénarios **S1** et **S2**) est nettement inférieure en valeur absolue à celle qui décrit la tendance des taux d'occupation en cas de diminution dans les disponibilités annuelles de l'eau (scénarios **S3** et **S4**). Ceci est synonyme d'allocation sous-optimale de l'eau, la valeur duale de la ressource croît **lentement** en

cas de disponibilité d'eau supérieure à la situation de base et décroît **rapidement** au cas où la quantité de la ressource tend vers un rabattement.

En guise de conclusion, nous dirons que le système d'irrigation à la demande et l'absence de contrainte sur la ressource au niveau micro-économique laissent les agriculteurs agir comme si la ressource est disponible en abondance et à coût minime, ils appliquent de ce fait des doses d'irrigation élevées.

CHAPITRE III : SIMULATIONS TARIFAIRES, QUALITATIVES ET DISCUSSIONS DES RESULTATS

Section 1 : Résultats de simulation de la tarification préférentielle

1. Résultats des modèles individuels intégrant la tarification préférentielle et la salinité actuelle (2,6 à 3,8 g/l)

La tarification préférentielle est un cas de tarification proportionnelle mais dans lequel les activités fourragères, céréalières, les semences et les plants sélectionnés bénéficient d'un prix préférentiel de l'eau d'irrigation. **50%** de réduction a été décidé en faveur des activités citées.

Le décideur a tablé sur le fait que la tarification préférentielle mise en application à partir de Septembre 1998 va permettre l'augmentation des emblavures céréalières, fourragères, les cultures de semences et de plants et contribuera par voie de conséquence à augmenter la production laitière et céréalière.

L'horizon de temps concerné par la tarification préférentielle dans un contexte de mauvaise qualité de l'eau d'irrigation (salinité actuelle de 2,6 à 3,8 g/l) est la période allant de 1999 à l'an 2000. Durant cette période, le projet de l'amélioration de la qualité de l'eau dans la BVM n'a pas démarré, les rendements des cultures intégrés dans les modèles individuels sont ceux de l'année de base, à savoir la campagne agricole 1997/1998.

Nous avons intégré le système tarifaire préférentiel, les rendements et les activités de base dans les modèles individuels, et nous rappelons que nous avons montré dans le premier chapitre de la présente partie à quel degré la demande en eau dans le PPI de Kalaat Landlouss est rigide. Cette rigidité de la demande ne sera pas sans effet sur la simulation de la tarification préférentielle. En d'autres termes, si les cultures fourragères et céréalières se trouvent bien servies par des prix préférentiels, les cultures maraîchères continuent à être présentées au niveau des solutions optimales des plans de production des exploitations qui la pratiquent même si le prix de l'eau augmente (cf. tableau n° 57).

Tableau n° 57 : Tarif proportionnel du m3 d'eau pour la période 1999-2000

Année	Prix du m3 au tarif proportionnel en DT
1999	0,120
2000	0,135

Source : CRDA de l'Ariana et MA/DG/GR, 1999.

L'analyse et l'interprétation des résultats du système tarifaire préférentiel vont être abordées du côté des objectifs qui lui ont été assignés par les pouvoirs publics, en d'autres termes, nous allons mettre ici l'accent sur les impacts de la tarification préférentielle en terme d'augmentation des emblavures céréalières et fourragères et par voie de conséquence l'augmentation des effectifs des UZB. En dernière analyse, l'Etat cherche via la tarification préférentielle une augmentation de la consommation d'eau en hiver par le biais des céréales et des fourrages.

Tableau n° 58 : Impacts de la tarification préférentielle et de la salinité actuelle sur les activités céréalières et animales

	Salinité de 2,6-3,8g/l
	1999-2000
Blé tendre-gg- des **E1** en ha	1,86
blé tendre des **E1** en ha	2,82
UZB des **E1**	14
UZB des **E3**	3,15
UZB des **E4**	5,76

Source : Résultats de nos modèles.

L'impact positif de la tarification préférentielle sur les activités céréalières et animales est négligeable.

Les solutions des modèles individuels intégrant la tarification préférentielle et ceux des modèles individuels intégrant le système tarifaire préférentiel sont presque identiques en terme de niveaux des activités céréalières et animales. Seules les exploitations du type **E4** voient leur effectif d'UZB augmenter de **11,24%** par rapport à celui enregistré avec le système tarifaire proportionnel.

De même, les exploitations du type **E4** voient leurs effectifs bovins augmenter. Les effectifs des UZB chez les petits éleveurs restent inchangés face à la diminution de 50% du prix de l'eau d'irrigation. Ceci a été également constaté dans le cas de l'analyse de la demande en eau des exploitations du type **E3**. Leur consommation en eau reste la même en faisant varier le prix de l'eau entre 0 et 0,37 DT le m3.

Le tableau n° 59 montre que les principales variations survenues dans le fonctionnement des divers types d'exploitations ont touché les aspects économiques. En d'autres termes, les assolements n'ont pas changé mais les charges d'eau ont diminué, entraînant des augmentations dans les revenus dégagés par rapport à la situation antérieure (modèles individuels et tarification proportionnelle).

Tableau n° 59 : Evolution des revenus annuels et des charges d'irrigation (en DT) dans le système tarifaire préférentiel (cas de l'année 1999, type N1)

Type.expl	Système proportionnel		système préférentiel		Variation en %	
	Revenu annuel	Charges eau	Revenu annuel	Charges eau	revenu	charges
E1	28468	4666	29431	3693	**+3,4**	**-20,8**
E2	9057	1875	8790	2143	**-3**	**+14,3**
E3	3130	364	3289	208	**+5**	**-43**
E4	6167	1123	6344	616	**+2,8**	**-45**

Source : Résultats de nos modèles.

Les exploitations qui pratiquent l'élevage bovin voient leurs revenus augmenter et leurs redevances hydrauliques diminuer. Les exploitations des types **E3** et **E4** sont les grands gagnants. Quant aux exploitations du type **E2**, qui font du maraîchage, leurs revenus baissent de **3%** et leurs redevances d'irrigation augmentent de **14,3%.**

La tarification préférentielle appliquée dans un contexte de mauvaise qualité d'eau (salinité actuelle 2,6-3,8 g/l) ne constitue pas un outil d'incitation à la consommation de l'eau en hiver et donc à la mise en eau de superficies supplémentaires de fourrages et de céréales, son application permet aux agriculteurs à l'exception de ceux du type **E2** de tirer plus de revenus et de payer moins de charges d'eau.

2. Résultats des modèles individuels intégrant la tarification préférentielle et l'amélioration de la qualité de l'eau (salinité 2 à 2,5 g/l vers 2001)

2.1. Prise en compte de l'amélioration de la qualité de l'eau dans les modèles

Avant de présenter les résultats de la simulation intégrant la tarification préférentielle et l'amélioration de la qualité de l'eau en terme de baisse de salinité, il est nécessaire de rappeler que la première échéance au cours de laquelle la qualité de l'eau s'améliore est l'année 2001. Vers cette date, il est prévu que le projet de l'amélioration de la qualité de l'eau dans la BVM, en terme de diminution de la salinité de l'eau d'irrigation commence à donner ses fruits.

La salinité de l'eau d'irrigation passera de:

- 2,6 g/l en été ;
- et 3,8 g/l en hiver en 1999 et en 2000 ;

à :

- 2 g/l en été ;
- et 2,5 g/l en hiver en 2001.

En effet, vers l'an 2001 et avec la fin de la première composante du projet, les rendements des cultures actuelles s'amélioreront et on assistera au retour de la culture de la pomme de terre de saison dans la composition des systèmes de production végétale des exploitations qui font du maraîchage, à savoir celles du type **E1**, **E2** et **E4**. Les améliorations dans les rendements des cultures en 2001 par rapport aux rendements des cultures des années 1999 et 2000 (salinité de 2,6-3,8 g/l) sont récapitulées dans le tableau n° 60 suivant .

Tableau n° 60 : Evolution (en %) des rendements des cultures en fonction de l'amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation dans la BVM.

Cultures	Année 2001 Salinité 2-2,5 g/l
blé tendre	0
Tomate	**23**
Artichaut	**0**
Mais fourrager	2
Luzerne	4
Bersim	4
Avoine	**0**
pomme de terre de saison	2
orge en vert	**0**
Melon	**12**
Courge	**12**

Source : MA/AHT/ETH, 1998 et nos calculs.

Les rendements de la culture de la tomate se trouvent bien améliorés, même chose pour le melon et la courge mais à un niveau de moindre importance. Les rendements des cultures fourragères alternent entre une stabilité (avoine et orge en vert) et une amélioration substantielle (mais fourrager **2%** ; bersim et luzerne : **4%).** Le blé tendre et l'artichaut continuent à supporter une eau salée mais leurs rendements ne s'améliorent pas même si la qualité de l'eau change positivement.

2.2. Résultats de simulation de la tarification préférentielle et de l'amélioration de la qualité de l'eau

Nous rappelons que le prix du m3 d'eau vers l'an 2001 sera de 0,15 DT/m3 et ce selon les prévisions du CRDA de l'Ariana.

L'analyse et l'interprétation des résultats du système tarifaire préférentiel associé à une amélioration de la qualité de l'eau vont être abordées du côté des objectifs qui lui ont été assignés par les pouvoirs publics, en d'autres termes, nous allons mettre ici l'accent sur les impacts de la tarification préférentielle et sur la baisse de la salinité en terme d'augmentation des emblavures céréalières et fourragères et par voie de conséquence l'augmentation des effectifs des UZB.

Tableau n° 61 : Impacts de l'amélioration de la qualité de l'eau sur les niveaux des activités céréalières et animales.

	Mauvaise qualité de l'eau (salinité de 2,6-3,8 g/l,)	Amélioration de la qualité de l'eau (salinité de 2-2,5 g/l)	Variation en %
Année	1999	2001	
Blé tendre-gg-	1,86	1,86	0
blé tendre	2,83	2,83	0
UZB des **E1**	14	14	0[57]
UZB des **E3**	3,15	3,15	0
UZB des **E4**	5,76	4,81	**-16,4**

Source : Résultats de nos modèles.

La tarification préférentielle associée à l'amélioration de la qualité de l'eau n'ont pas beaucoup d'effets sur l'augmentation des emblavures fourragères et céréalières. Le niveau des activités animales et céréalières s'est stabilisé par rapport à la situation où la qualité de l'eau est médiocre, dans les exploitations du type **E4**, l'effectif des UZB a diminué de **16,4%.** Il s'agit là d'une nouvelle redistribution du facteur terre entre les diverses activités.

L'amélioration de la qualité de l'eau introduite dans les modèles individuels en terme d'augmentation des rendements des cultures a incité les exploitations du type **E4** à opter pour l'augmentation de la culture de la tomate (**0,63** ha en 2001 contre **0** ha en 1999).

L'amélioration des rendements des cultures fourragères n'a pas incité les exploitations du type **E3 et E4** à augmenter d'effectif d'UZB et ce en raison d'une mauvaise valorisation de l'eau par leur cheptel bovin par rapport à **E1** (cf. tableau n°62).

Tableau n° 62 : Différence dans la valorisation de l'eau par l'activité laitière selon les différents types d'exploitation (cas de l'année 2001)

Type-Expl.	Valeur duale d'une UZB en DT
E1	696
E3	0
E4	0

Source : Résultats de nos modèles.

Quant aux exploitations du type **E2**, qui font du maraîchage, avec les retombées bénéfiques du projet de l'amélioration de la qualité de l'eau, les rendements de la tomate se trouvent augmentés de **23%** par rapport aux années 1999 et 2000 ; et du coup, les exploitations du type **E2** commencent à faire de la tomate en goutte à goutte dans les années du type **N2** (**1,116 ha** de tomate en **N2** et en l'an 2001).

[57] La contrainte « taille du troupeau bovin » est serrée, les exploitations du type E1 sont à leur maximum par rapport à l'effectif des UZB, si cette contrainte était desserrée, le nombre d'UZB atteindrait les 22.

Le tableau n° 63 ci-après retrace uniquement les principaux résultats économiques enregistrés par les exploitations du type **E2** et comparés aux mêmes résultats enregistrés dans un contexte de mauvaise qualité de l'eau.

Tableau n° 63 : Impacts de l'amélioration de la qualité de l'eau sur les activités maraîchères des exploitations du type E2

	Mauvaise qualité de l'eau (salinité de 2,6-3,8 g/l,)	Amélioration de la qualité de l'eau (salinité de 2-2,5 g/l)
Année	1999	2001
Tomate en ha (**N1/N2**)	1,39/0,28	**1,39/1,11**
Revenu moyen en DT	7533	**9918**
Ratio charge d'eau/revenu annuel (**N1/N2**) en %	28/18	25/15

Source : Résultats de nos modèles.

L'amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation en terme de baisse de salinité et d'augmentation dans les rendements des cultures vient consolider les choix des exploitations des types **E1** et **E3**, mais le niveau de ces choix demeure inchangé.

Les exploitations du type **E2**, mettent à profit l'opportunité de l'amélioration de la qualité de l'eau en augmentant leurs niveaux d'activités maraîchères au cours des années du type **N2**. Quant aux exploitations du type **E4**, ces dernières procèdent à une légère réallocation du facteur terre en mettant des superficies de tomate (**0,63** ha en 2001 contre **0** ha en 1999) et ce au détriment des emblavures fourragères.

3. Evolution des recettes du gestionnaire dans le système tarifaire préférentiel

Les recettes du gestionnaire ont diminué presque du **1/5** par rapport à celles générées par la tarification proportionnelle (cf. tableau n° 64).

Tableau n° 64 : Evolution des recettes du gestionnaire dans le système tarifaire préférentiel (année 1999, type N1)

Recette du gestionnaire en DT		Baisse en %
en proportionnelle	en préférentielle	
903593	727942	19,4

Source : résultats de nos modèles.

En réalité, cette diminution de recette constitue une perte pour le gestionnaire, qui voit une partie de son surplus se transférer vers les agriculteurs via la réduction de 50% dans le prix de l'eau d'irrigation des céréales et des fourrages, et il s'agit en dernière analyse d'une augmentation du déficit budgétaire du gestionnaire.

En guise de conclusion partielle et relative à l'application de la tarification préférentielle, cette dernière, appliquée dans un contexte de mauvaise qualité de l'eau permet uniquement aux agriculteurs des exploitations des types **E1**, **E3** et **E4** d'économiser de l'argent en payant l'eau

moins chère (cf. tableau n° 65). Seules les exploitations maraîchères se trouvent légèrement lésées dans les années 1999 et 2000.

Tableau n 65 : Consommations moyennes et prix moyens de l'eau des différents types d'exploitation dans le système tarifaire préférentiel (année 1999, type N1).

Type-expl.	Consommation moyenne en m3/ha dans le système tarifaire		Prix moyen du m3 en DT/m3 dans le système tarifaire	
	de base	Préférentiel	de base	Préférentiel
E1	2390	2390	0,105	**0,083**
E2	5760	5760	0,105	0,12
E3	1575	1575	0,105	**0,06**
E4	2486	1894	0,105	**0,076**

Source : résultats de nos modèles.

La baisse de la consommation d'eau dans les exploitations du type **E4** est duè à la réduction des superficies fourragères et à l'augmentation du niveau de l'activité de la tomate (en 1999) par rapport à la situation où l'eau est payée au tarif proportionnel de 0,105 DT (en 1998).

A partir de l'année 2001, la qualité de l'eau devrait s'améliorer suite à la réalisation des premières composantes du projet « qualité-filtration » des eaux dans la BVM. Ceci aurait pour effet l'augmentation des rendements des cultures, mais les niveaux des activités céréalières et animales resteraient inchangés.

Cependant, les exploitations du type **E4** affichent une préférence à l'activité de la tomate qui voit son rendement augmenter de **23%** et ce au détriment d'une baisse dans les emblavures fourragères et par conséquent dans l'effectif des UZB.

Si les exploitations du type **E2** sont légèrement lésées suite à l'application de la tarification préférentielle dans le contexte de la salinité actuelle de la ressource, l'amélioration de la qualité de l'eau vers l'an 2001 aura des impacts positifs sur le fonctionnement de ce type d'exploitation. Elles arrivent à bien se redresser malgré l'augmentation du prix de l'eau, qui se voit anéanti par des augmentations de **23%** dans les rendements de la tomate, laquelle culture commence à trouver une place dans le plan optimal de production en année de type **N2** chez les maraîchers.

Ceci étant dit, il ne faut pas perdre de vue que si le système tarifaire a permis d'augmenter le surplus des agriculteurs, il a lésé fortement le budget de l'Etat. En effet, tout m3 d'eau consommé et tarifé en préférentiel constitue en fait une charge de plus imputée sur le budget de l'Etat (cf. tableau n° 66).

Tableau n° 66 : Estimation des dépenses prises en charge par l'Etat en 1999 suite à l'application de la tarification préférentielle (cadre individuel et prix proportionnel de l'eau de 0,12 DT)

Type-Expl.	Poids	Consommation totale au tarif préférentiel en m3	Montant de la consommation au tarif proportionnel en DT	Montant payé par les agriculteurs	Montant à la charge de l'Etat
E1	125	3.415.500	409.860	204.930	204.930
E3	134	464.310	55.717,2	27.850,6	27.850,6
E4	154	926.156	111.138,72	55.569,36	55.569,36
Total	413	4.805.966	576.715,92	288.357,96	288.357,96

Source : Résultats de nos modèles.

Encore une fois, nous remarquons que les exploitations du type **E1**, celles qui sont les plus aisées et ne représentent que **26%** des agriculteurs bénéficient de **71%** des subventions pour l'eau d'irrigation. Elles sont de ce fait à l'origine d'un gouffre financier engendré par l'application de la tarification préférentielle. **La question pertinente qui se pose est de savoir s'il est temps de penser à un système tarifaire différentiel ou autre qui permet de réduire les transferts financiers dont bénéficie ce type d'exploitation ?** Cette question sera abordée et discutée au paragraphe suivant.

4. Discussion des résultats du système tarifaire préférentiel

L'analyse des résultats économiques issus de l'application de la tarification préférentielle dans le PPI de Kalaat Landlouss a permis de mettre en évidence que le système tarifaire en question a atteint les objectifs qui lui ont été assignés par ses décideurs pour les exploitations qui font de la céréaliculture et de l'élevage bovin laitier. Seules les exploitations maraîchères se trouvent légèrement lésées dans les années 1999 et 2000 et vers l'an 2001, elles arrivent à bien se redresser avec les premières retombées bénéfiques du projet de l'amélioration de la qualité de l'eau dans la BVM qui se traduisent par des augmentations dans les rendements des cultures qui peuvent atteindre **23 %** pour le cas de la tomate.

Ceci étant dit, il ne faut pas perdre de vue que si le système tarifaire a permis d'augmenter le surplus des agriculteurs, il a lésé fortement le budget de l'Etat. En effet, tout m3 d'eau consommé et tarifé en préférentiel constitue en fait une charge de plus imputée sur le budget de l'Etat.

Nous avons montré que les exploitations du type **E1**, celles qui sont les plus aisées et ne représentent que **26%** des agriculteurs, bénéficient de **71%** des subventions pour l'eau d'irrigation. Elles sont de ce fait à l'origine d'un gouffre financier engendré par l'application de la tarification préférentielle.

Nous nous sommes également posés la question suivante : est-il possible de penser à un système tarifaire différentiel ou autre qui permet de faire contribuer davantage ce type d'exploitation au payement de l'eau ? Nous donnerons ci-après la réponse.

Nous avons eu l'idée de faire varier en moins le taux de réduction dans le prix du m3 d'eau utilisé pour les céréales et les fourrages, de telle façon à avoir une consommation d'eau en hiver égale à celle enregistrée avec un taux de réduction de 50% tel que prévu et mis en œuvre par les pouvoirs publics. L'idée est d'extirper une partie du surplus des agriculteurs et de réduire les subventions allouées dans le cadre de la tarification préférentielle.

Un taux de réduction de **22%** associé au prix préférentiel donne les mêmes résultats en terme de plans optimaux de production et de consommation d'eau en hiver que le taux de 50% préconisé par l'Etat. En d'autres termes, l'ancien taux préférentiel (50% de réduction) présente un manque à gagner pour le gestionnaire, d'où la nécessité de corriger la réduction du prix de l'eau pour les céréales et les fourrages pour réduire le déficit budgétaire des services gestionnaires de la ressource (cf. tableau n° 67).

Tableau n° 67 : Réduction des dépenses prises en charge par l'Etat en 1999 (taux préférentiel de 22% et prix proportionnel de l'eau de 0,12 DT)

Type-Expl.	Poids	Consommation totale au tarif préférentiel en m3	Montant de la consommation au tarif proportionnel en DT	Montant payé par les agriculteurs	Montant à la charge de l'Etat
E1	125	3.415.500	409.860	319.690	90169.2
E3	134	464.310	55.717,2	43.459,416	12.257,784
E4	154	926.156	111.138,72	86.680,2	24.450,518
Total	413	4.805.966	576.715,92	449.838,417	126.877,502

Source : Résultats de nos modèles.

Le service gestionnaire, par le biais de ce nouveau tarif préférentiel peut par conséquent récupérer **28%** de ses dépenses, qui étaient accordées sous forme de subventions aux agriculteurs sous un taux préférentiel d'irrigation des céréales et des fourrages de 50%.

Certes, un taux préférentiel de **22%** engendre une baisse dans les revenus des agriculteurs mais cette baisse est négligeable (cf. tableau n° 68), étant donné que les agriculteurs tirent des revenus confortables et que ces derniers sont peu sensibles aux variations du prix, comme nous l'avions montré lors de l'analyse de la demande en eau et le calcul de son élasticité pour chaque type d'agriculteur opérant au PPI de Kalaat Landlouss.

Tableau n° 68 : Extirpation d'une partie du surplus des agriculteurs par l'application d'un taux préférentiel de 22% au lieu de 50% pour l'irrigation des céréales et des fourrages (cas de l'année 1999 avec un proportionnel de l'eau de 0,12 DT)

Type-Expl.	Revenu moyen en DT avec taux préférentiel de **50%**	Revenu moyen en DT avec taux préférentiel de **22%**	Diminution en %
E1	28426	27508	**3,35**
E3	3289	3173	**3,52**
E4	6306	6104	**3,20**

Source : Résultats de nos modèles.

Section 2 : Résultats de simulation de la tarification binôme

1. Tarification binôme et salinité actuelle

Nous avons intégré la formule tarifaire binôme dite « **H1B** » qui a été largement décrite dans la partie **III**, chapitre **II**, section **2** qui prévoit un terme fixe de **65** DT/ha équipé de SAU, moyennant un volume en franchise de 1000 m3/ha ; consommable en hiver et non transférable en été. Les volumes consommés au-delà de ce quota sont réglés par les irriguants selon un tarif proportionnel de **0,04** DT/m3.

Nous avons intégré cette formule binôme, décidée par les autorités compétentes dans les modèles individuels de base, en d'autres termes en considérant que la qualité de l'eau demeure médiocre suite à la non exécution du projet intitulé « qualité-filtration » visant à rabattre la salinité de l'eau d'irrigation dans la BVM et ce à une norme de 1,3-1,6g/l vers l'an 2004.

Avant de présenter les résultats des simulations binômes en individuel, nous rappelons que la rigidité de la demande ne sera pas sans effet sur la simulation de ce système tarifaire. En d'autre terme, si les consommations en eau en hiver surtout ont augmenté par rapport aux systèmes proportionnel et préférentiel, la demande en eau demeure rigide en essayant de changer les paramètres de la formule de tarification binôme. Ce point sera repris en détail ultérieurement.

L'analyse et l'interprétation des résultats du système tarifaire binôme vont être abordées du côté des objectifs qui lui ont été assignés par les pouvoirs publics, en d'autres termes, nous allons mettre ici l'accent sur les impacts de la tarification binôme en terme d'augmentation de la consommation d'eau en hiver ; ce qui signifie en dernière analyse l'augmentation des emblavures céréalières et fourragères et par voie de conséquence l'augmentation des effectifs des UZB. Les gestionnaires de la ressource en eau n'ont pas de problèmes pour vendre l'eau en été, c'est uniquement au cours de la période hivernale que les ventes d'eau baissent, les charges de structures pèsent lourd sur leur budget, et du coup, seule la vente de l'eau en hiver peut atténuer le gouffre financier occasionné dans le budget.

Nous présentons dans le tableau n° 69 les principaux résultats des simulations tarifaires binômes et ce en terme de superficies des céréales et d'effectifs des **UZB**, activités consommatrices d'eau en hiver.

Tableau n° 69 : Impacts de la tarification binôme dans le contexte de salinité actuelle de l'eau (2,6-3,8g/) sur les activités céréalières et animales (année N1)

	Solution de base avec tarification proportionnelle (1998)	Solution avec tarification binôme (2002)	Variation en %
Blé tendre-gg- en ha	1,86	1,86	**0**
blé tendre en ha	2,83	2,03	**-28**
UZB des **E1**	14	14	**0**
UZB des **E3**	3,15	3,15	**0**
UZB des **E4**	5,11	4,33	**-15,4**

Source : Résultats de nos modèles.

Dans un contexte de mauvaise qualité de l'eau, similaire à celui qui a servi de support pour le système tarifaire proportionnel, l'application de la tarification binôme n'a pas augmenté les emblavures céréalières des exploitations du type **E1**. La même remarque est valable pour les effectifs des UZB dans les exploitations des types **E1**, **E3** et **E4**. Ces dernières voient leur effectif bovin diminuer de **15%** par rapport à celui enregistrée sous le système tarifaire proportionnel.

En revanche, les consommations d'eau en hiver et annuellement ont augmenté par rapport à celles enregistrées dans le cadre de la tarification proportionnelle (cf. tableau n° 70).

Tableau n° 70 : Evolution des consommations en eau hivernale et annuelle suite à l'application d'un système tarifaire binôme

Type-Expl.	Consommation d'eau dans le système tarifaire proportionnel (m3)		Consommation d'eau dans le système tarifaire binôme (m3)		Variation en %	
	hiver	annuelle	hiver	annuelle	hiver	annuelle
E1	20350	44437	22949	47016	**+12,8**	**+5,8**
E2	3767	17856	6975	16632	**+85**	**-6,8**
E3	2093	3465	2114	3465	**+1**	**0**
E4	5398	10691	6637	12625	**+23**	**+18**

Source : résultats de nos modèles.

L'augmentations des consommations d'eau en hiver est due essentiellement à l'augmentation des niveaux de l'activité « artichaut » dans les exploitations des types **E1**, **E2** et **E4** (cf. tableau n° 71).

Tableau n° 71 : Augmentation des superficies de l'artichaut en cas de tarification binôme et de salinité d'eau de 2,6-3,8g/l

Situation Année Type d'exploitation	Solution de base 1998	Système binôme 2002	Augmentation en %
E1	1,11	1,86	**66**
E2	0,84	1,55	**85**
E4	0,47	0,86	**81**

Source : Résultats de nos modèles.

Toutes les exploitations, à l'exception des petits éleveurs, ont recours à la culture de l'artichaut pour liquider les volumes en franchise alloués en hiver et non reportables en été. Il est clair, en l'absence d'autres alternatives de production en hiver (type pomme de terre d'arrière saison qui ne tolère pas un niveau de salinité de 2,6-3,8 g/l), que l'artichaut par sa résistance à une salinité voisine de 2,6-3,8 g/l apparaît comme la culture qui valorise le mieux une ressource de qualité médiocre et s'adapte aux obligations de consommation d'eau en hiver implicitement imposées par le système tarifaire binôme.

Les exploitations des types **E1, E2, et E4** sont arrivées à consommer la totalité de leurs volumes en franchise alloués en hiver, seules les exploitations du type **E3** ont enregistré un bilan négatif de **86 m3** (cf. tableau n° 72).

Tableau n° 72 : Etat de consommation des volumes en franchise alloués en hiver dans les différents types d'exploitations (cas d'une année N1)

Type-expl.	Volume en franchise alloué en hiver en m3	Consommation réelle en hiver en m3	Solde
E1	18600	22949	**+4349**
E2	3100	6975	**+3875**
E3	2200	2114	**-86**
E4	4300	6637	**+2337**

Source : Résultats de nos modèles.

Les résultats économiques sont nettement améliorés par rapport à la situation de base qui incluait un système tarifaire proportionnel. Les charges en eau, en terme de pourcentage par rapport aux revenus dégagés sont nettement rabattus. ***Ici, nous rejoignons les propos théoriques cités par Phlips et Picard et selon lesquels un système tarifaire optionnel et non linéaire permet aux agents économiques opérant dans le secteur agricole de bien adapter leurs stratégies et leurs comportements en situation de tarification uniforme*** (cf. tableau n° 73).

Tableau n° 73 : Augmentation des revenus agricoles annuels (en DT et en année N1) et baisse des redevances hydrauliques (en % par rapport au revenu) en cas de tarification binôme et de salinité d'eau de 2,6-3,8g/l

Situation Année Type-expl.	Solution de base 1998		Système binôme 2002		Variation en %	
	Revenu	charges d'eau en %	revenu	charges d'eau en %	revenu	charges d'eau
E1	28468	16	32450	7	**+14**	**-56**
E2	9057	21	10316	7	**+14**	**-67**
E3	3130	12	3312	6	**+6**	**-50**
E4	6167	18	7494	8	**+22**	**-55**

Source : Résultats de nos modèles.

Au-delà de l'incitation à la consommation d'eau en hiver, les retombées bénéfiques du système tarifaire binôme pour les agriculteurs en terme d'augmentation des revenus agricoles et de baisse des redevances hydrauliques sont incontestables. Pratiquement, la part des charges d'eau dans les revenus a été rabattu d'au moins **50%** et quelque soit le type de l'exploitation. Les agriculteurs consomment plus d'eau et la payent moins chère par rapport à la situation de la tarification proportionnelle de base (cf. tableau n°74).

Tableau n 74 : Consommations moyennes et prix moyens de l'eau des différents types d'exploitation dans le système tarifaire binôme (année 2002, type N1)

Type-expl.	Consommation moyenne en m3/ha dans le système tarifaire		Prix moyen du m3 en DT/m3 dans le système tarifaire	
	de base	binôme	de base	binôme
E1	2390	2528	0,105	**0,05**
E2	5760	5365	0,105	0,045
E3	1575	1621	0,105	**0,057**
E4	2486	2936	0,105	**0,049**

Source : résultats de nos modèles.

Quant aux recettes du gestionnaire, elles ont chuté presque de **50%** par rapport à celles générées avec la tarification proportionnelle (cf. tableau n° 75).

Tableau n° 75 : Evolution des recettes du gestionnaire dans le système tarifaire binôme

Recette du gestionnaire en DT		Baisse en %
en proportionnelle	en binôme avec salinité actuelle (2,6-3,8 g/l)	
903593	463831	48,7

Source : résultats de nos modèles.

Cette diminution de recette constitue une perte pour le gestionnaire, qui voit une partie de son surplus se transférer vers les agriculteurs via l'application d'un système de tarification binôme.

Nous constatons que le système tarifaire binôme est certes un outil d'incitation à la consommation d'eau mais dans ce cas de figure, les recettes du gestionnaire ont fortement chuté. Ceci est dû essentiellement au fait que les formules tarifaires binômes que le CRDA de l'Ariana compte appliquer dans ses PPI sont énormément sous-dimensionnées pour le cas du PPI de Kalaat Landlouss. Nous allons démontrer ce que nous venons de dire lors de la discussion de l'optimalité des termes fixes et variables des formules binômes du gestionnaire que nous avons intégrées dans nos modèles de simulations tarifaires binômes.

2. Simulation croisée : tarification binôme et prise en compte de l'amélioration de la qualité de l'eau

2.1. Amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation

Avant d'analyser les résultats de cette simulation qui a intégré conjointement la tarification binôme et l'amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation, en terme d'impacts sur les comportements des divers types d'exploitations agricole au PPI de Kalaat Landlouss, nous signalons que l'application du système tarifaire binôme est prévue à compter de l'an 2002[58].

Vers cette date, il est prévu que le projet de l'amélioration de la qualité de l'eau dans la BVM, en terme de diminution de la salinité de l'eau d'irrigation atteigne sa vitesse de croisière pour se terminer vers l'an 2004.

La salinité de l'eau d'irrigation passera à:

- 1,7 g/l en été ;
- et 2,1 g/l en hiver en 2002 et 2003 ;

et à :

- 1,3 g/l en été ;
- et 1,6 g/l en hiver à partir de l'année 2004.

En effet, vers l'an 2004 et avec la fin des composantes du projet « qualité -filtration » des eaux dans la BVM, les rendements des cultures s'amélioreront et on assistera au retour de la culture de la pomme de terre[59] dans la composition des systèmes de production végétale des exploitations qui font du maraîchage, à savoir celles du type **E1**, **E2** et **E4**.

[58] Notre source est la direction générale du génie rural (Ministère de l'agriculture).

[59] S'agissant de l'application de la tarification binôme, visant essentiellement l'augmentation de la consommation de l'eau en hiver, les agriculteurs et les autorités locales parlent de la possibilité de relance de la culture de la pomme de terre d'arrière saison vers l'an 2002 lorsque la qualité de l'eau s'améliore bien (salinité de 1,7-2,1 g/l). Cette culture est censée contribuer parallèlement avec les cultures céréalières et fourragères à augmenter la consommation d'eau en hiver.

Les améliorations des rendements des cultures à partir de 2002 par rapport aux rendements des cultures de l'année de base (1998) sont récapitulées dans le tableau n° 76 suivant :

Tableau n° 76 : Evolution (en %) des rendements des cultures en fonction de l'amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation dans la BVM.

Cultures	Année 2002 Salinité 1,7-2,1 g/l	à partir de 2004 Salinité 1,3-1,6 g/l
blé tendre	0	0
Tomate	7	**23**
Artichaut	6	5
Maïs fourrager	**7**	**6**
Luzerne	2	11
Bersim	2	11
Avoine	6	**11**
pomme de terre de saison	6	5
pomme de terre d'arrière saison	6	5
orge en vert	0	0
Melon	9	9
Courge	9	9

Source : MA/ETH & AHT, 1998 et nos calculs.

Vers la fin du projet de l'amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation dans la BVM, les rendements de la culture de la tomate se trouvent bien améliorés, même chose pour le melon et la courge mais à un niveau de moindre importance. Les rendements des cultures fourragères enregistrent également des améliorations significatives (6% et **11%** pour l'avoine ; autour de 7% pour le maïs fourrager ; **11%** pour le bersim et la luzerne vers l'an 2004) et une amélioration substantielle pour l'artichaut, la pomme de terre de saison et d'arrière saison (**5 à 6%** d'augmentation dans leurs rendements). Les rendements des cucurbitacées (melon et courge) continuent à s'améliorer (**18%** entre 2002 et 2004). Seuls les rendements des cultures du blé tendre et de l'orge sont rigides à la suite de la baisse de la salinité de l'eau d'irrigation.

2.2. Résultats des modèles intégrant la tarification binôme et l'amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation

Les échéances les plus importantes au cours desquelles la salinité de l'eau d'irrigation baisse significativement et aura des impacts positifs sur les rendements des cultures sont :

- l'année **2002**, qui correspond au début de l'application de la tarification binôme avec une salinité de 1,7 à 2,1 g/l ;
- et l'année **2004**, qui correspond à la date de mise en eau du canal Béjaoua-Tobias . Il est prévu un mélange d'eau douce et d'eau de salinité de 1,7 à 2,1 g/l pour avoir en définitif une eau de salinité de 1,3 à 1,6 g/l.

L'analyse et l'interprétation des résultats du système tarifaire binôme associé à une amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation en terme de baisse de salinité vont être abordées du côté des

objectifs qui lui ont été assignés par les pouvoirs publics, en d'autres termes, nous allons mettre ici l'accent sur les impacts de la tarification binôme et l'amélioration de la qualité de l'eau en terme d'augmentation de la consommation d'eau en hiver, ce qui signifie en dernière analyse l'augmentation des emblavures céréalières et fourragères et par voie de conséquence l'augmentation des effectifs des UZB. Les cultures maraîchères d'hiver telle que la pomme de terre d'arrière saison peuvent bien prospérer avec une eau d'irrigation presque douce vers l'an 2004 (salinité voisine de 1,3-1,6 g/l).

Pour mieux apprécier l'impact de l'amélioration de la qualité de l'eau sur les comportements des agriculteurs du PPI de Kalaat Landlouss ; dans un contexte de système tarifaire binôme, les résultats de la simulation croisée vont être comparés avec ceux du scénario précédent (tarification binôme et salinité de 2,6-3,8 g/l). Cette comparaison permettra ***de mettre en exergue et de bien distinguer les impacts spécifiques de la baisse de la salinité de l'eau et de les découpler*** de ceux engendrés par la tarification binôme appliquée dans un contexte de mauvaise qualité de l'eau d'irrigation.

Nous présentons dans le tableau n° 77 les principaux résultats des simulations tarifaires binômes et qualitatives de la ressource et ce en terme de superficies des céréales et d'effectifs des **UZB**, activités consommatrices d'eau en hiver.

Tableau n° 77 : Résultats des simulations qualitatives de l'eau et de la tarification binôme en terme d'activités céréalières et animales (cas d'une année N1)

	Tarification binôme et mauvaise qualité de l'eau (2002)	Amélioration de la qualité de l'eau et tarification binôme(2004)
Blé tendre-gg- en ha	1,86	1,86
blé tendre en ha	2,03	**3,64**
UZB des **E1**	14	14
UZB des **E3**	**3,15**	**3,56**
UZB des **E4**	4,33	4,34

Source : Résultats de nos modèles.

Dans la solution précédente, celle qui intégrait la tarification binôme et une qualité médiocre de l'eau d'irrigation, une exploitation du type **E1** faisait **14** UZB mais l'activité animale affichait une valeur duale de **731** DT/UZB contre **814** DT/UZB dans le cas de figure (système tarifaire binôme et amélioration de la qualité de l'eau).

La culture du blé tendre qui figurait dans la solution précédente à hauteur de **2** ha apparaît dans ce scénario avec un niveau de **3,639** ha en 2004, soit une augmentation de **87%.** Cette apparition en force intervient suite à l'application du système tarifaire binôme et à l'amélioration des rendements des cultures fourragères. L'effectif des UZB est limité à **14**, les superficies gagnées sur les cultures fourragères suite à l'augmentation des rendements des cultures vont être attirées par l'activité blé tendre.

En effet, à partir de 2002, les exploitations du type **E1** économisent de la terre, laquelle économie est engendrée par les retombées bénéfiques du projet « qualité-filtration » de l'eau dans la BVM. Et ainsi, l'activité blé tendre, peu consommatrice en eau s'insère dans la solution optimale. En dernière analyse, l'apparition du blé tendre est le résultat de la conjugaison de deux faits :

- l'amélioration des rendements fourragers suite à la mise en œuvre du projet de l'amélioration de la qualité de l'eau dans la BVM ;
- le système tarifaire qui encourage la consommation d'eau en hiver et la volonté des céréaliers de consommer le volume en franchise en hiver étant donné qu'il n'est pas reportable sur la période estivale.

Les exploitations du type **E3** voient leurs effectifs bovins changer légèrement par rapport à la situation précédente. En effet, l'amélioration de la qualité de l'eau inciterait les exploitations du type **E3** à augmenter substantiellement leurs effectifs bovins. En 2004, il y aurait une augmentation d'UZB de **13%** par rapport à la situation précédente, et même par rapport aux autres situations tarifaires (proportionnelle et préférentielle).

Les exploitations du type **E4** voient leur effectif augmenter légèrement en 2004 de **3 %.**

La culture de l'artichaut disparaîtrait des plans optimaux de production des exploitations du type **E1**, **E2** et **E4**. Cette disparition correspond à la réintroduction dans les assolements des cultures de la pomme de terre de saison et d'arrière saison. Ces cultures se développent bien sous des mises en eau de salinité inférieure à 2g/l. Ajoutant à cela, que l'artichaut occupe le sol d'une manière pérenne (minimum 4 ans), alors que la pomme de terre, en plus d'une haute valeur ajoutée, occupe le sol environ 5 à 6 mois /an.

Dans la solution précédente, les superficies de la pomme de terre de saison et d'arrière saison sont nulles pour tous les types d'exploitation. Avec l'amélioration de la qualité de l'eau et dans un contexte de tarification binôme, la pomme de terre de saison et d'arrière saison fait son apparition (cf. tableau n° 78).

Tableau n° 78 : Réintégration de la pomme de terre dans les plans de production des exploitations des types E1, E2 et E4 (année 2004 type N1)

Expl. Type	Niveau en **ha** des activités de	
	Pomme de terre de saison	Pomme de terre d'arrière saison
E1	0	**1,86**
E2	0	**1,52**
E4	0,17	**0,86**

Source : Résultats de nos modèles.

Les cultures de la pomme de terre de saison et d'arrière saison viennent à la suite de la disparition de l'artichaut et de l'augmentation des rendements des cultures fourragères. Ce qui a permis la libération de certaines superficies, laquelle opportunité a été mise à profit par les agriculteurs en cultivant surtout la pomme de terre d'arrière saison. Cette culture occupe le sol d'octobre à février et contribue pleinement à absorber une partie du volume d'eau en franchise alloué en hiver à chaque exploitation.

Les exploitations des types **E1, E2, et E4** sont arrivées à consommer la totalité de leurs volumes en franchise alloués en hiver, seules les exploitations du type **E3** ont enregistré un bilan négatif de **73 m3** en 2004 (cf. tableau n° 79).

Tableau n° 79 : Etat de consommation des volumes en franchise alloués en hiver dans les différents types d'exploitations (année 2004, type N1).

Type-expl.	Volume en franchise alloué en hiver en m3	Consommation réelle en hiver en m3	Solde en m3
E1	18600	21434	**+2834**
E2	3100	6076	**+2976**
E3	2200	2127	**-73**
E4	4300	5938	**+1638**

Source : Résultats de nos modèles.

Les résultats économiques se sont encore améliorés par rapport à la situation antérieure (tarification binôme associée à une qualité médiocre de l'eau). Les charges en eau, en terme de pourcentage par rapport aux revenus dégagés ont encore réduit (cf. tableau n° 80).

Tableau n° 80 : Augmentation des revenus agricoles annuels (en année 2004-type N1) et baisse des redevances hydrauliques (en % par rapport au revenu) en cas de tarification binôme associée à une amélioration de la qualité de l'eau

Situation	système binôme et salinité 2,6-3,8 g/l		Système binôme et salinité 1,3-1,6 g/l		Variation en %	
Type-expl.	Revenu en DT	charges d'eau en %	revenu en DT	charges d'eau en %	revenu en DT	charges d'eau
E1	32450	7	49284,3	5	**+52**	**-28,6**
E2	10316	7	21708	3	**+110**	**-57**
E3	3312	6	3863	5	**+16,6**	**-16,6**
E4	7494	8	12143	5	**+62**	**-37,5**

Source : Résultats de nos modèles.

Au-delà de l'incitation à la consommation d'eau en hiver, les retombées bénéfiques du projet de l'amélioration de la qualité de l'eau dans la BVM en terme d'augmentation des revenus agricoles et de baisse des redevances hydrauliques sont incontestables. Pratiquement, la part des charges d'eau dans les revenus devient négligeable (elle oscille entre **3** et **5 %** selon les exploitations) de telle manière que la demande en eau se rigidifie[60] encore par rapport aux systèmes tarifaires déjà analysés (le proportionnel et le préférentiel).

D'après les gestionnaires, il est prévu qu'en 2004, le PPI retrouve sa vitesse de croisière et la situation devient en équilibre en terme d'allocation des ressources eau et terre.

[60] L'évolution de la demande en eau dans un contexte tarifaire binôme sera reprise dans le dernier chapitre de la présente recherche.

3. La triade : simulation de la tarification binôme associée à une baisse de la salinité et économie d'eau d'irrigation

Le projet de l'amélioration de la qualité de l'eau dans la BVM prévoit en plus de la baisse de la salinité de l'eau d'irrigation le piégeage des algues et des transports solides qui circulent dans les réseaux d'irrigation sous pression comme c'est le cas du PPI de Kalaat Landlouss.

En effet, ces problèmes affectent sérieusement le bon fonctionnement des réseaux d'irrigation sous pression (bouchage des filtres et des têtes de station en cas de système en fertigation) et entravent par voie de conséquence l'adoption des systèmes d'irrigation économes en eau malgré les aides et les subventions accordées par l'Etat pour les agriculteurs qui installent des équipements économes en eau d'irrigation.

De ce fait , nous avons imaginé des scénarios modestes, en d'autres termes pas trop utopiques en matière de technologie d'irrigation.

Jusqu'à présent, cette dernière a toujours été considérée comme constante, chose qui représente d'ailleurs une limite dans nos modèles de simulation, support de notre analyse.

En effet, nous pouvons supposer qu'à partir de l'an 2004, les mesures d'économie d'eau prises par les décideurs seront mieux appréciées par les agriculteurs et appliquées au niveau des parcelles.

Les économies d'eau sont faites sur :

- le gravitaire, à hauteur de **20%** de la consommation actuelle, à l'exception des cultures de la courge qui consomme peu d'eau et de la pomme de terre qui est considérée introduite en 2002 et irriguée déjà en gravitaire amélioré ;
- l'aspersion, à hauteur de **10%** pour le cas des céréales et des fourrages ;
- le localisé, à hauteur de **15%.**

Pour mieux apprécier l'impact de l'amélioration de la technologie de l'irrigation en terme d'adoption de systèmes d'irrigation économes en eau dans un contexte de système tarifaire binôme, les résultats de la présente simulation (triplée) vont être comparés avec ceux du scénario précédent (simulation dite croisée, soit tarification binôme et amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation). Cette comparaison permettra ***de mettre en exergue et de bien distinguer les impacts spécifiques de l'économie de l'eau d'irrigation et de les découpler*** de ceux engendrés par la tarification binôme appliquée dans un contexte de bonne qualité de l'eau d'irrigation.

Il est important de signaler ici, que toutes nos comparaisons sont faites graduellement en fonction du progrès technologique et les facteurs technologiques sont intégrés un par un dans les simulations et ce pour pouvoir mieux apprécier et déterminer l'impact spécifique de chaque facteur technologique et éviter qu'un progrès technique occulte ou éclipse les impacts d'un autre progrès.

Nous remarquons aucune différence entre les résultats des modèles individuels intégrant l'application des mesures d'économie d'eau et ceux qui découlent des modèles individuels intégrant uniquement la tarification binôme et l'amélioration de la qualité de l'eau.

L'amélioration très significative de la qualité de l'eau a conféré une stabilité aux diverses solutions des modèles individuels.

En revanche, le tableau n° 81 montre que les consommations annuelles en eau diminuent d'environ de **10%** pour les divers types d'exploitations. Force est de constater qu'un décideur peut avoir des objectifs qui s'inhibent les uns les autres. En effet, les objectifs de la tarification binôme (augmentations des consommations d'eau en hiver) sont totalement opposés à ceux de l'économie d'eau et ici, les décideurs sont en face d'un choix entre privilégier les outils tarifaires ou les mesures d'économie d'eau dans leur exercice d'allocation de la ressource.

Tableau n° 81 : Baisse de la consommation totale de l'eau suite à l'adoption de systèmes d'irrigation économes en eau vers l'an 2004 (année de type N1)

Type-Expl.	Consommation d'eau en m3 vers 2004		Diminution en %
	sans économie d'eau	**avec** économie d'eau	
E1	44085	39663	**10**
E2	16353	14772	**9,7**
E3	3450	3115	**9,7**
E4	13502	12075	**10,6**

Source : Résultats de nos modèles.

Nous disons que les mesures d'économie d'eau sont certainement bénéfiques au niveau régional et encore plus intéréssantes au niveau national. De petites économies d'eau de **10%** ou moins enregistrées au niveau local et un peu partout dans les PPI du pays se cumulent au niveau national et les quantités économisées peuvent être amenées là où elles sont socio-économiquement valorisables étant donnée la mobilité parfaite des eaux du nord en Tunisie. La ressource circule de la Khroumirie dans l'extrême nord du pays (barrage de Barbara) jusqu'à la ville de Sfax, capitale du sud tunisien.

4. Discussion des résultats du système tarifaire binôme

La discussion des résultats du système tarifaire binôme va être abordée en se basant sur les résultats de la simulation croisée, celle qui a intégré la tarification binôme et l'amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation.

Du point de vue horizon temporel, nous allons nous baser sur les résultats de l'année 2004, échéance qui coïncide avec la fin des travaux du projet « qualité-filtration » de l'eau dans la BVM, donc, la qualité de l'eau sera bonne, à savoir la salinité sera voisine de 1,3-1,6g/l. Ajoutant à cela, que l'année 2004 marquera le fonctionnement de croisière du PPI et tous les acteurs estiment que l'allocation de la terre et de l'eau d'irrigation se stabiliseront à partir de cette échéance.

4.1. Evolution des revenus et des redevances hydrauliques selon la consommation en eau avec la formule binôme« H1B »

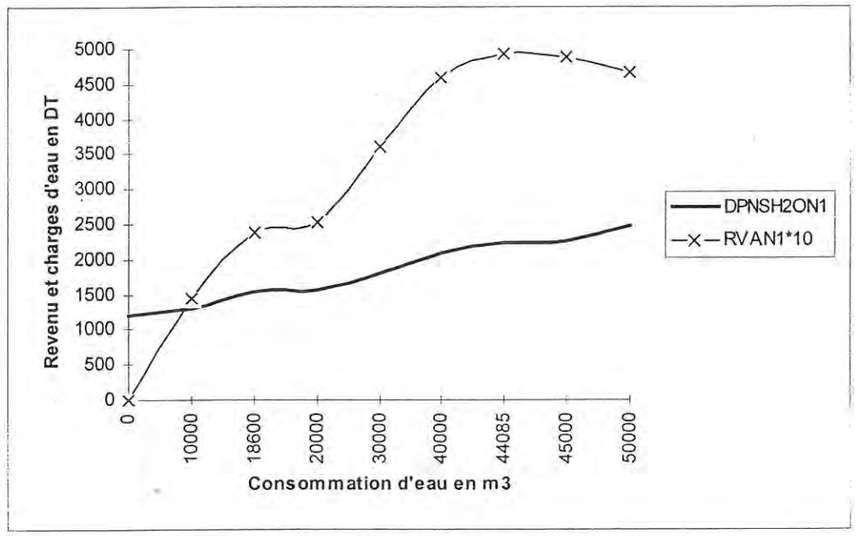
L'analyse de l'évolution des redevances hydrauliques dans un contexte de tarification binôme permet de se prononcer simultanément sur :

- l'évolution de la demande en eau et la détermination de la consommation optimale d'eau suite à l'application d'un système de prix non linéaire ;
- le comportement économique des agriculteurs en terme de disposition à consommer l'eau d'irrigation et en dernière analyse leur disposition à régler des dépenses d'eau qui sont non linéaires par la présence des droits d'accès à la ressource dans le terme fixe de la formule binôme.

4.1.1. Cas des exploitations du type E1

Suite à l'application d'un système de prix non linéaire, les évolutions des dépenses hydrauliques et des revenus agricoles bruts en fonction des volumes de la ressource consommés pour le cas des grandes exploitations polyvalentes du PPI de Kalaat Landlouss sont restituées dans le graphique n° 47 qui suit.

Graphique n° 47 : Evolution non linéaire des dépenses d'irrigation en fonction des volumes consommés par les exploitations du type E1
(DPNSH2ON1 : dépenses d'eau en DT en année du type N1)
(RVAN1*10 : revenus agricoles en 10^1 DT en année du type N1).



Source : Résultats de nos modèles.

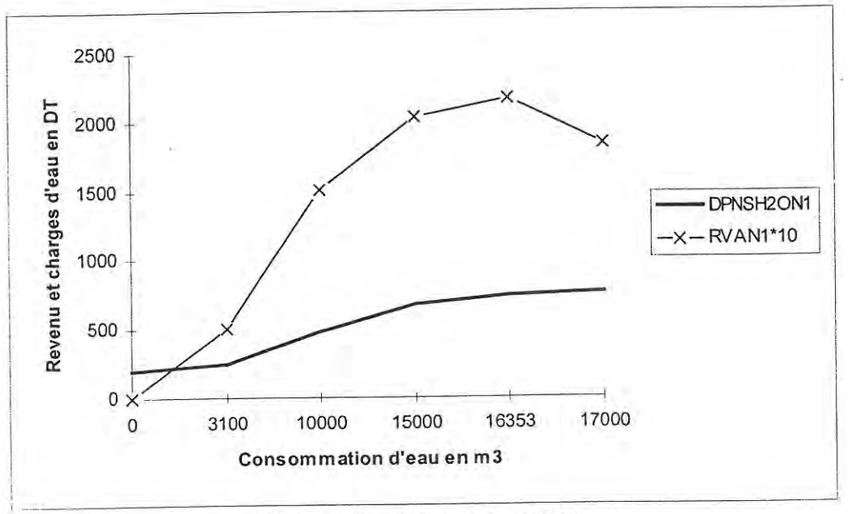
Dans les exploitations du type **E1**, une consommation annuelle d'eau inférieure au volume alloué en franchise en hiver sera principalement valorisée par les cultures maraîchères (tomate en **N2** et pomme de terre d'arrière saison). La composante animale fait sa première apparition significative (**4,13** UZB) avec une consommation d'eau voisine de **20 000** m3, de même, les céréales entrent en scène (**0,92** ha).

La consommation d'eau optimale, à partir de laquelle découle la solution optimale (revenu de **49284** DT) correspond à **44085** m3 et un coût annuel total d'eau estimé à **2228,4** DT. Au-delà de ce volume optimal, le revenu agricole brut commence à diminuer et les redevances hydrauliques continuent à grimper.

4.1.2. Cas des exploitations du type E2

Avec l'application d'un système de prix non linéaire, l'évolution des dépenses hydrauliques et des revenus agricoles bruts en fonction des volumes de la ressource consommés pour le cas des exploitations maraîchères du PPI de Kalaat Landlouss est résumée dans le graphique n° 48 qui suit.

Graphique n° 48 : Evolution non linéaire des dépenses d'irrigation en fonction des volumes consommés par les exploitations du type E2



Source : Résultats de nos modèles.

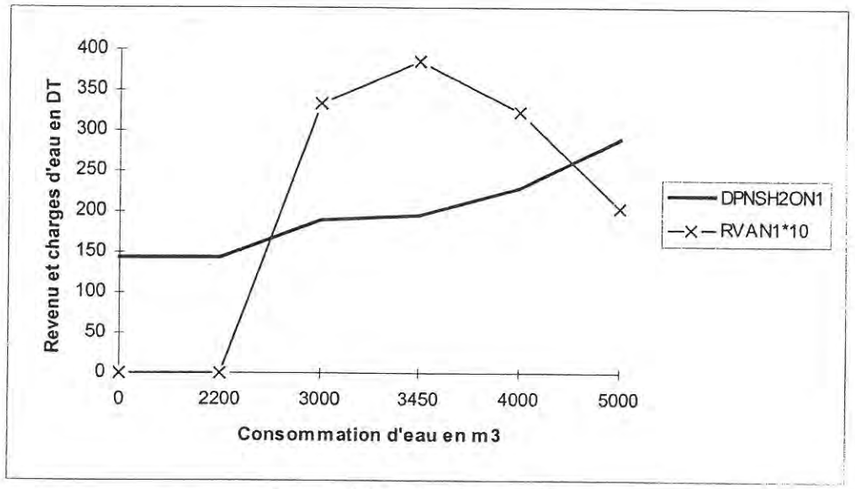
Pour les exploitations du type **E2**, une consommation annuelle d'eau inférieure ou égale au volume alloué en franchise en hiver sera principalement valorisée par la culture de la pomme de terre d'arrière saison. La tomate fait sa première apparition significative (**0,6** ha) avec une consommation d'eau voisine de **10 000** m3, de même, la culture de la pomme de terre de saison consolide bien sa place dans le plan optimal intermédiaire de production (à **10 000** m3 d'eau consommé, le niveau de l'activité de la pomme de terre de saison est de **1,55** ha).

La consommation d'eau optimale, à partir de laquelle découle la solution optimale (revenu de **21708** DT) correspond à **16353** m3 et un coût annuel total d'eau estimé à **731,6** DT. Au-delà de ce volume optimal, le revenu agricole brut commence à diminuer et les redevances hydrauliques continuent à augmenter.

4.1.3. Cas des exploitations du type E3

Les petites exploitations d'élevage bovin se sont toujours comportées différemment par rapport au reste des exploitations dans le PPI de Kalaat Landlouss.
L'évolution non linéaire des dépenses d'irrigation et implicitement la demande en eau de ce type d'exploitation connaît principalement trois séquences (cf. graphique n° 49).

Graphique n° 49 : Evolution non linéaire des dépenses d'irrigation en fonction des volumes consommés par les exploitations du type E3



Source : Résultats de nos modèles.

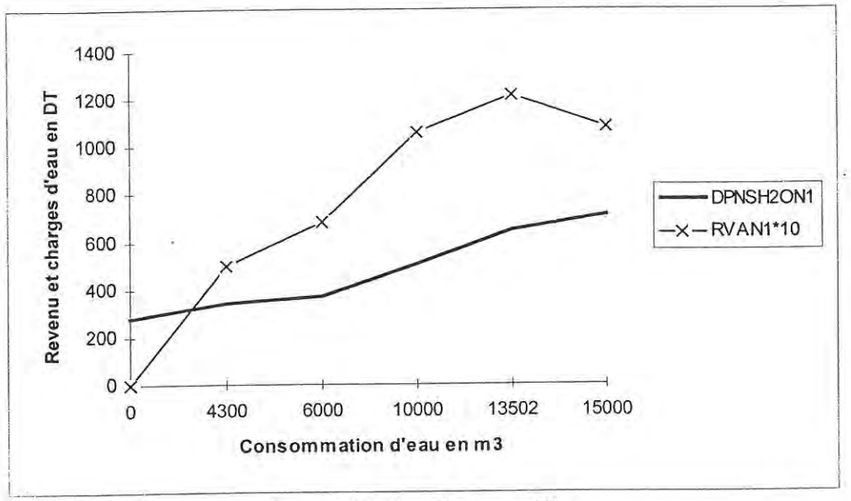
Pour les exploitations du type **E3**, une consommation annuelle d'eau inférieure ou égale au volume alloué en franchise en hiver n'incite pas à la pratique de l'élevage bovin laitier, même à petite échelle. Le cheptel bovin laitier à hauteur de **3** UZB fait son apparition avec une consommation d'eau voisine de **3000** m3.

La consommation d'eau optimale, à partir de laquelle découle la solution optimale (**3,56** UZB et un revenu de **3863** DT) correspond à **3450** m3 et un coût annuel total d'eau estimé à **196** DT. Au-delà de ce volume optimal, le revenu agricole brut commence à diminuer et les redevances hydrauliques continuent à accroître.

4.1.4. Cas des exploitations du type E4

Suite à l'application d'un système de prix non linéaire, les évolutions des dépenses hydrauliques et des revenus agricoles bruts en fonction des volumes de la ressource consommés pour le cas des exploitations moyennes polyvalentes du PPI de Kalaat Landlouss sont restituées dans le graphique n° 50 qui suit.

Graphique n° 50 : Evolution non linéaire des dépenses d'irrigation en fonction des volumes consommés par les exploitations du type E4



Source : Résultats de nos modèles.

Pour les exploitations du type **E4**, une consommation annuelle d'eau égale au volume alloué en franchise en hiver sera principalement valorisée par les cultures maraîchères (**0,3** ha de pomme de terre de saison et **0,7** ha de pomme de terre de saison et d'arrière saison). La composante animale fait une apparition significative (**3,33** UZB) avec une consommation d'eau voisine de 10000 m3.

La consommation d'eau optimale, à partir de laquelle découle la solution optimale (revenu de **12143** DT) correspond à **13502** m3 et un coût annuel total d'eau estimé à **647,5** DT. Au-delà de ce volume optimal, le revenu agricole brut commence à diminuer et les redevances hydrauliques continuent à grimper.

4.1.5. Sous-dimensionnement de la formule binôme « H1B »par rapport au PPI de Kalaat Landlouss

Les allures générales des courbes de dépenses d'irrigation sont en réalité des assemblages continus de segments de droite fragmentés, ceci est dü en fait à la discontinuité des fonctions de demande en eau d'irrigation. Une approximation linéaire des diverses courbes de dépenses en eau des différentes exploitations laisse dire que ces dernières consomment et payent l'eau différemment.

En d'autres termes, les différences dans :

- les consommations d'eau en hiver, lesquelles dépendent des volumes en franchise alloués ;
- et les consommations totales ;

font que la pente des courbes de demande en eau diffèrent d'un type d'exploitation à un autre (cf. tableau n° 82).

Tableau n° 82 : Prix moyens de l'eau consommée et pentes des courbes des dépenses d'irrigation des différents types d'exploitations suite à l'application de la formule binôme « H1B »

Type-Expl.	Prix moyens en DT/m3	Coefficient directeur de la droite linéarisée des redevances en eau
E1	**0,05**	**164**
E2	**0,045**	**127**
E3	**0,051**	**28,8**
E4	**0,048**	**91,5**

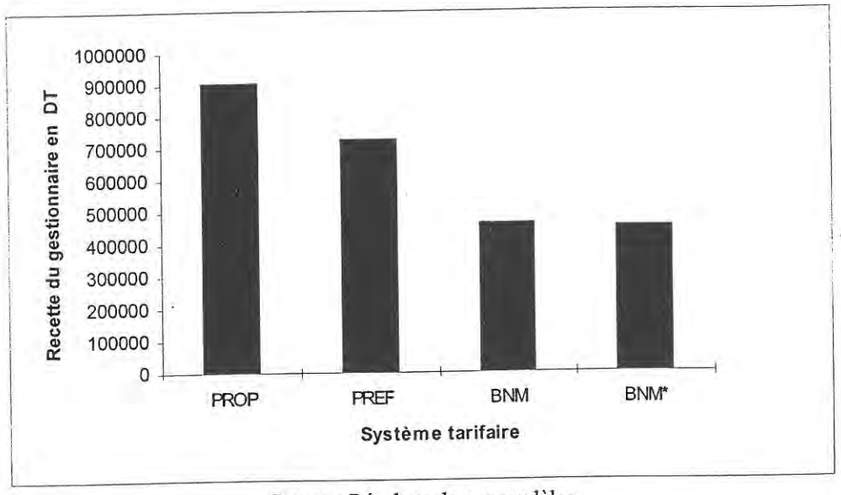
Source : Résultats de nos modèles.

Les coefficients directeurs des droites de dépense en eau sont proportionnels aux consommations d'eau en hiver et totale. Plus la consommation d'eau en hiver dépasse le volume en franchise, plus la consommation totale annuelle est importante et plus la pente de la droite devient abrupte. Quant aux prix moyens de l'eau, ils évoluent inversement par rapport à la consommation d'eau hivernale et annuelle.

Les faibles prix moyens de l'eau qui découlent du système tarifaire binôme, comparés à ceux appliqués dans le système tarifaire proportionnel témoignent d'un sous-dimensionnement des termes fixes de la formule de tarification binôme que le CRDA de l'Ariana compte appliquer dans ces PPI. En d'autres termes, ce niveau de tarification présente un manque à gagner pour le gestionnaire, d'où la nécessité de corriger cette dernière pour réduire les transferts financiers vers les agriculteurs et atténuer le déficit budgétaire du gestionnaire.

D'ailleurs, l'évolution des recettes du gestionnaire à travers tous les systèmes tarifaires simulés dans nos modèles montre bien que soit en tarification préférentielle **(PROP)** avec un taux préférentiel de 50%, soit en tarification binôme avec la salinité actuelle (**BNM** dans le graphique n° 51 ci-dessous) ou finalement en tarification binôme associée à une amélioration de la qualité de l'eau (**BNM*** dans le graphique n° 51 ci-dessous), le gestionnaire perd continuellement de l'argent et les agriculteurs se trouvent de plus en plus réconfortés dans l'exercice de leur fonction de production, leurs revenus sont de plus en plus confortables et les charges d'eau sont de plus en plus négligeables.

Graphique n° 51 : Evolution des recettes du gestionnaire en fonction des divers systèmes tarifaires simulés



Source : Résultats de nos modèles.

Pour pouvoir apprécier la taille du PPI de Kalaat Landlouss par rapport à l'ensemble des PPI gérés par le CRDA de l'Ariana, les recettes tirées par le gestionnaire au titre de la campagne 97/98 du PPI en question, avec le système tarifaire proportionnel s'élevaient à 36 % par rapport aux recettes totales engendrées par les ventes d'eau d'irrigation.

Encore une fois, à travers l'évolution des recettes du gestionnaire en fonction de la panoplie tarifaire testée dans nos modèles, nous avons apporté une explication à la rigidité de la demande en eau et à la stabilité dans les revenus dégagés. Ces revenus se trouvent bien assurés dans un contexte de tarification binôme sous-dimensionnée et sous-optimale par rapport aux aspirations des gestionnaires et de l'Etat investisseur en amont et en aval du secteur irrigué. C'est pour cette raison que nous allons tenter dans le paragraphe (2.2) qui suit d'analyser encore la demande en eau sous un autre angle, il s'agira de faire varier le niveau des termes fixes et celui des termes variables de façon à pouvoir intercepter d'autres solutions optimales en terme d'augmentation de la consommation d'eau en hiver et par conséquent, combler le déficit occasionné par la formule « H1B », laquelle a été arrêtée par les responsables du CRDA de l'Ariana.

4.2. Evolution de la demande en eau selon le risque encouru par l'Etat en matière de remboursement des charges fixes

Dans la solution de la simulation qui regroupe le système tarifaire binôme et l'amélioration de la qualité de l'eau d'irrigation vers l'an 2004, nous avons intégré la formule tarifaire binôme dite « **H1B** » qui a été largement décrite dans la partie **III**, chapitre **X**, paragraphe **II** qui prévoit un terme fixe de **65** DT/ha équipé de SAU, moyennant un volume en franchise de 1000 m3/ha ; consommable en hiver et non transférable en été. Les volumes consommés au-delà de ce quota sont réglés par les irriguants selon un tarif proportionnel de **0,04** DT/m3.

La demande en eau en hiver selon les différents types d'exploitation est récapitulée dans le tableau n° 83 suivant :

Tableau n° 83 : Etat de consommation des volumes en franchise alloués en hiver aux différents types d'exploitation (cas de la formule « H1B » en année N1)

Type-expl.	Volume en franchise alloué en hiver en m3	Consommation réelle en hiver en m3	Solde
E1	18600	21435	**+2835**
E2	3100	6076	**+2976**
E3	2200	2127	**-73**
E4	4300	5939	**+1639**

Source : Résultats de nos modèles.

En prenant comme base de discussion les résultats économiques engendrés par le niveau des termes fixes et variables, à savoir **65** DT/ha pour accéder à la consommation de la ressource et **0,04** DT pour régler tout m3 d'eau consommé au-delà du volume alloué en franchise en hiver et la consommation en été, une lecture profonde de la démarche de calcul qui a abouti à la détermination des coefficients du terme fixe et celui variable (**cf. partie III, chapitre II, Section 2**) permet de constater que la variable clé qui a été choisie par les décideurs pour présider le niveau des termes fixes et variables n'est autre que le taux ou le niveau des charges fixes imputé sur le terme variable. La formule « **H1B** » découle d'une disposition de l'Etat à perdre le **1/3** des charges fixes imputé sur le terme variable. En effet, si les agriculteurs renoncent à une consommation d'eau au-delà des volumes alloués en franchise, les consommations supplémentaires sont nulles, de même les coûts d'eau en hiver et en été, et le **1/3** des charges fixes qui a été intégré dans le terme variable constitue une perte pour le service gestionnaire.

De ce fait, nous avons eu l'idée de faire varier le taux des charges fixes dans le terme variable de la formule tarifaire « **H1B** » entre **0** et **0,33** (cf. tableau n° 84).

Tableau n° 84 : Variation des niveaux de tarification binôme selon le degré d'imputation partielle des charges fixes dans le terme variable

% des charges fixes dans le terme		Niveau des formules binômes conséquentes	
Fixe	variable	terme fixe en DT/ha équipé	terme variable en DT/m3 consommé en plus du volume en franchise
100(soit **H1A**)	0	91	0,01
90	10	83	0,02
80	20	76	0,03
67(soit **H1B**)	33	65	0,04

Source : nos calculs.

Un taux supérieur à **0,33** signifie que le gestionnaire court un risque élevé en imputant des sommes importantes sur le terme variable qui est fonction de la décision des agriculteurs, de consommer ou pas des quantités d'eau au-delà des volumes alloués en franchise.

Ajoutant à cela d'ailleurs, qu'un taux égal ou supérieur **à 0,33** est contraire aux orientations économiques libérales de la Tunisie et spécialement non conforme aux mesures du **PASA**, qui prévoyaient une intervention minimale, voire nulle dans les secteurs agricoles productifs tels que les productions animales et végétales du secteur irrigué.

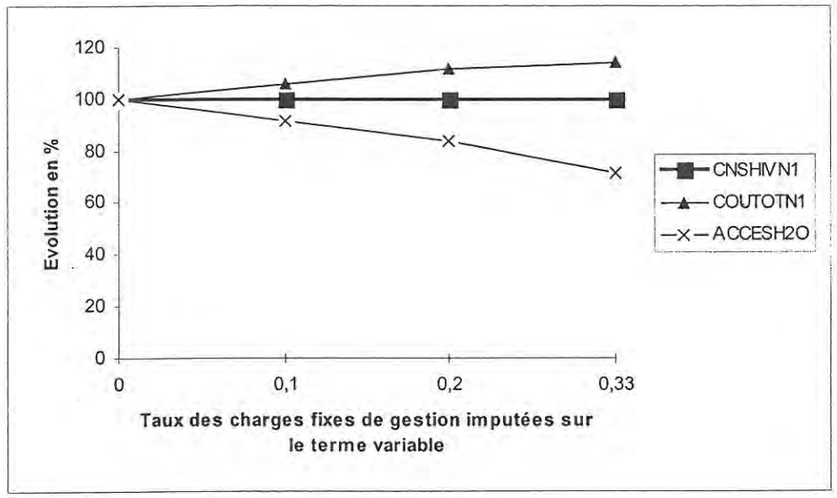
Un taux **nul** signifie qu'on passe de la formule « **H1B** » à celle « **H1A** », dite formule de la prudence maximale, où les gestionnaires exigent que toutes les charges fixes actuelles soient remboursées sur le terme fixe, un taux de **0,33** n'est autre que le cas que nous avions déjà intégré dans nos modèles, il s'agit des niveaux tarifaires de **65** DT/ha pour accéder à l'usage de la ressource et le règlement des suppléments de consommation par rapport au volume alloué en franchise avec le tarif de **0,04** DT/m3. Entre les deux cas extrêmes, il s'agit de niveaux intermédiaires entre ceux dits « **H1B** » et « **H1A** ».

Nous avons simulé les divers niveaux de tarification mentionnés dans le tableau ci-dessus cité pour voir l'évolution de la demande en eau en hiver et par voie de conséquence la demande totale annuelle en eau d'irrigation des divers types d'exploitations agricole dans le PPI de Kalaat Landlouss. Le résultat n'était pas trop surprenant dans la mesure où la demande en eau a affiché une rigidité face aux changements de niveau des termes fixes et variables des formules binômes qui découlent de la variation dans la redistribution des charges fixes de la gestion de la ressource entre le terme fixe et celui variable.

4.2.1. Cas des exploitations des types E1, E2 et E4

La diversité relative dans les systèmes de production des exploitations des types **E1**, **E2** et **E4** leur a conféré des similitudes quant aux évolutions de leurs coûts d'irrigation et de leurs demandes en eau en hiver et totale et ce en fonction des divers niveaux de tarification simulés. En effet, la présence des productions animales et végétales dans les exploitations des types **E1** et **E4** fait que les tendances des courbes de la demande en eau et des coûts en hiver et totale sont pareilles. Pour les exploitations du type **E2**, bien qu'elles pratiquent exclusivement le maraîchage, mais étant donné que ce maraîchage est lui-même diversifié dans les saisons, les courbes de demande en eau et des dépenses hydrauliques suivent la même allure que celle des exploitations des types **E1** et **E4**. Le graphique n° 52 ci-dessous montre le cas de l'évolution de la demande en eau en hiver et des coûts de l'eau dans les exploitations du type **E1**.

Graphique n° 52 : Evolution de la demande en eau en hiver et des redevances hydrauliques en fonction des niveaux différents de tarification binôme



Source : nos modèles.

Quelque soit le niveau tarifaire, les demandes en eau en hiver et totale sont constantes pour les exploitations des types **E1**, **E2** et **E4**.

Les frais d'accès à la ressource diminuent au fur et à mesure que le taux des charges fixes de gestion de la ressource imputé sur le terme variable augmente.

Cependant, c'est la pente des courbes de redevances hydrauliques qui change d'un type d'exploitation à un autre, ceci traduit une diversité dans la composition et la formation des coûts d'irrigation lorsque le taux des charges fixes imputé sur le terme variable augmente graduellement (cf. tableau n° 85).

Tableau n° 85 : Evolution dynamique de la formation des coûts d'irrigation en fonction de l'augmentation du taux des charges fixes imputées dans le terme variable.

Type d'exploitation	Coefficient directeur de la pente de la courbe des dépenses d'irrigation
E1	**4,97**
E2	**25,72**
E4	**11,43**

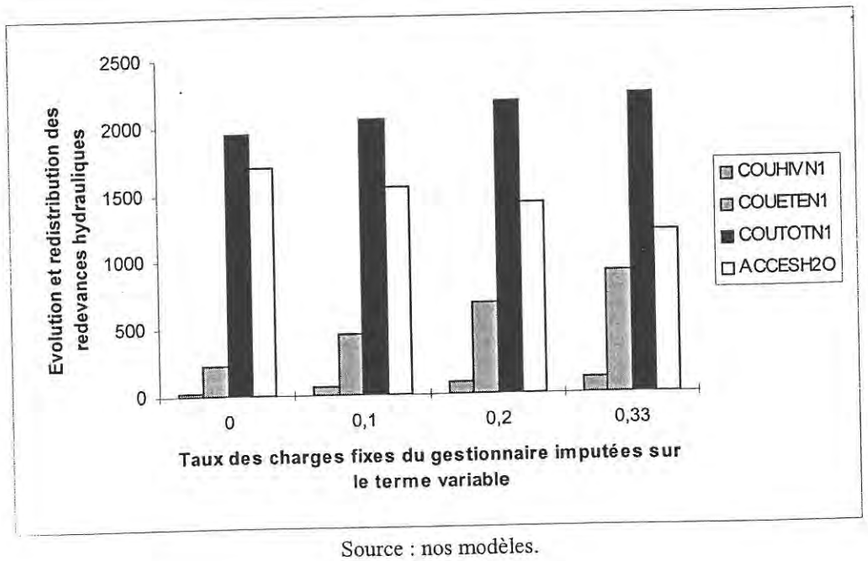
Source : Nos modèles.

Un faible coefficient de la courbe des dépenses hydrauliques des exploitations du type **E1** par rapport à **E2** signifie que les charges d'irrigation des exploitations du type **E1** sont dominées par le droit d'accès à la ressource qui est proportionnel à la taille de l'exploitation, alors que les exploitations du type **E2** par leur petite taille et leur pratique du maraîchage notamment en été, voient leur courbe de coûts d'irrigation monter plus rapidement lorsque le terme variable de la formule binôme sera de plus en plus chargé par une portion de charge fixes. Les exploitations du

type **E4** se trouvent dans une situation intermédiaire par rapport aux exploitations **E1** et **E2**, mais la logique de comportement est la même et est proche de celle des exploitations du type **E1**.

L'évolution des coûts d'irrigation est également accompagnée par une redistribution continue des dépenses d'irrigation entre les divers postes de charges (accès à la ressource, coûts en hiver et en été). D'une manière générale, le coût de l'eau en hiver, en été et par conséquent le coût total de l'irrigation augmentent proportionnellement avec le niveau d'imputation des charges fixes sur le terme variable, les frais d'accès à la ressource évoluent en sens inverse (cf. graphique n° 53). L'argent économisé sur le terme fixe lorsque les frais d'accès diminuent est transféré sur le terme variable par l'augmentation du prix du m3 d'eau consommé en supplément du volume alloué en franchise consommable en hiver et non reportable en été.

Graphique n° 53 : Evolution et redistribution des coûts d'irrigation en fonction de divers niveaux de tarification binôme

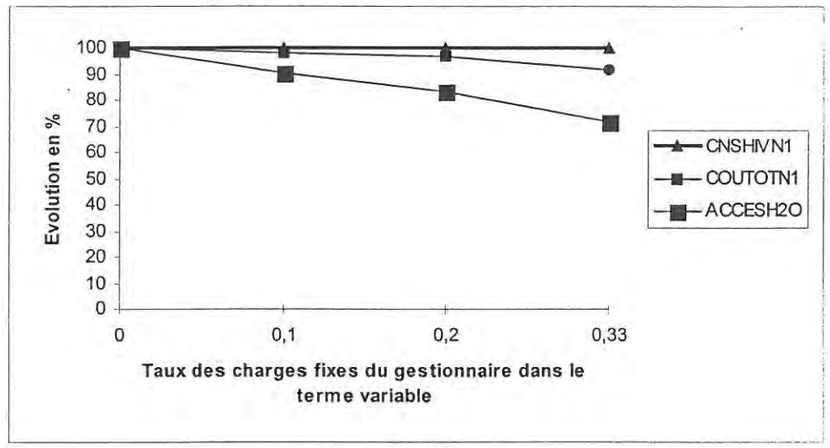


Source : nos modèles.

4.2.2. Cas des exploitations des types E3

Les exploitations du type **E3**, par leur pratique exclusive de l'élevage bovin à une échelle très petite (taille de l'exploitation ne dépassant pas les 2,2 ha) se comportent différemment par rapport au reste des exploitations. Le graphique n° 54 montre que si la demande en eau en hiver et totale demeure également rigide chez les petits éleveurs, les charges de l'irrigation évoluent autrement en fonction des divers niveaux de tarification binôme .

Graphique n° 54 : Evolution de la demande en eau en hiver et des redevances hydrauliques des exploitations du type E3 en fonction des niveaux différents de tarification binôme

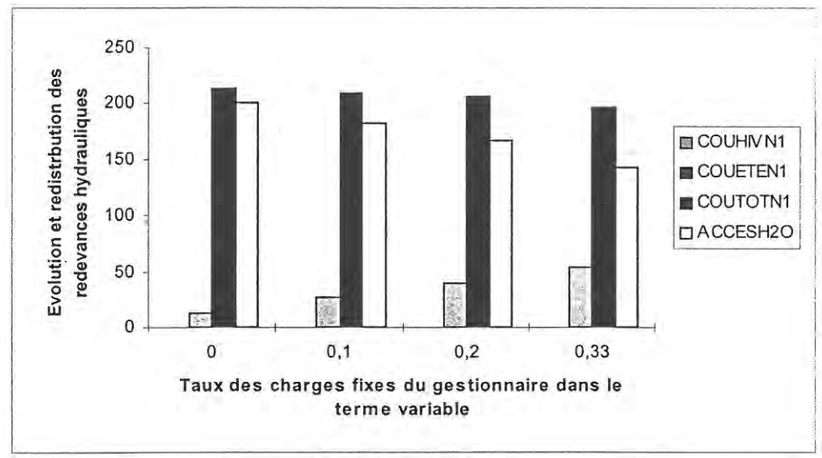


Source : nos modèles.

L'originalité dans le comportement des exploitations du type **E3** est la tendance à la baisse du coût total de l'irrigation lorsque le terme variable comporte de plus en plus une partie des charges fixes (pente négative de la courbe des redevances hydrauliques annuelles, soit **-2,5325**).

En hiver, le volume de franchise n'est jamais dépassé. Ce qui explique la valeur nulle des coûts d'irrigation en hiver. De ce fait, **62%** de la consommation en eau est assurée via le volume en franchise, le reste (soit **38%**) est consommé en été par la culture du maïs fourrager et payé au tarif de la consommation supplémentaire (**0,04** DT/m3). Etant donné que les coûts d'accès à la ressource et le tarif de la consommation supplémentaire par rapport au volume alloué en franchise évoluent en sens inverse, les diminutions dans le premier poste influencent plus la formation des coûts de l'irrigation que les augmentations dans le second poste, et, au bout du compte, les coûts d'irrigation manifestent une tendance à la baisse (cf. graphique n° 55).

Graphique n° 55 : Evolution et redistribution des coûts d'irrigation chez les petits éleveurs bovins en fonction de divers niveaux de tarification binôme



Source : nos modèles.

Nous terminons ce paragraphe consacré aux évolutions de la demande en eau et des dépenses d'irrigation en fonction de divers niveaux de tarification en signalant aussi que les revenus agricoles bruts dégagés par les différents types d'exploitation demeurent pratiquement stables quelque soit le niveau de tarification qui découle d'une situation d'imputation partielle des charges fixes de la gestion de la ressource sur le terme variable. Entre les versions extrêmes des formules « **H1A** » et « **H1B** », soit respectivement la formule de la prudence maximale et celle prévue pour être appliquée au niveau des PPI du CRDA de l'Ariana, les évolutions dans les revenus sont récapitulées dans le tableau n° 86 qui suit.

Tableau n° 86 : Stabilité des revenus agricoles dégagés en fonction de divers niveaux de tarification binôme (cas d'une année de type N1)

Type d'exploitation	Variation dans le revenu entre « **H1A** » et « **H1B** »	
	en plus	en moins
E1	-	**0,6**
E2	-	**1,4**
E3	**0,3**	-
E4	-	**1,4**

Source : nos modèles.

4.2.3. Simulations d'une autre catégorie de formules binômes pour le PPI de Kalaat Landlouss : nécessité de remonter à une vitesse supérieure !

Face à la rigidité de la demande en eau, à la stabilité et au caractère confortable des revenus dégagés par les agriculteurs du PPI de Kalaat Landlouss, nous allons simuler l'impact des autres formules de tarification binômes qui prévoyaient la couverture des charges d'exploitation et la prise en compte des provisions pour le renouvellement des équipements. Il s'agit de la deuxième catégorie de niveaux tarifaires reconnue sous les appellations **H2A** et **H2B**. Ces formules qui, d'après les gestionnaires vont nuire au fonctionnement économique du PPI en affectant sérieusement les revenus des agriculteurs. Cette idée peut être vraie pour d'autres PPI relevant du CRDA de l'Ariana, dont notamment les anciens PPI qui incarnent la faible productivité du secteur irrigué dans la BVM où les réseaux sont de type à ciel ouvert et l'irrigation est principalement en gravitaire. Il n'en est pas de même pour le PPI de Kalaat Landlouss.

La formule type « **H2A** » est de la même famille que la « **H1A** ». Cependant, elle intègre en plus des charges fixes actuelles les charges de renouvellement des équipements hydromécaniques et électromécaniques qui jusque là ont toujours été exclues. Notons ici que cette formule **(H2A)** est censée assurer la couverture de la totalité des charges fixes selon les normes en vigueur en matière de « gestion rationnelle » des périmètres irrigués[61].

La formule « **H2B** » est de la même famille que celle « **H1B** », ayant servi de formule de base dans nos modèles. Cependant elle est établie selon un calcul de charges fixes qui intègrent les charges de renouvellement des équipements hydromécaniques et électromécaniques. En revanche

[61] Dans la pratique, on utilise des normes établies par la FAO et la banque mondiale en matière de « gestion rationnelle » des périmètres irrigués.

au niveau de l'équilibrage des termes fixes et variables et des hypothèses de consommation en eau, la formule « **H2B** » est identique à « **H1B** ».

Nous présentons ci-après les formules **H2A** et **H2B** telle qu'elles sont calculées en 1997 selon les prix et les conditions de la décennie 1985/1994 (cf. tableau n° 87).

Tableau n° 87 : Niveaux des termes des formules binômes H2A et H2B

Formule	terme fixe en DT/ha équipé	terme variable en DT/m3 consommé en plus du volume en franchise
H2A	175	0,02
H2B	133	0,071

Source : MA/DG/GR, 1998.

Au niveau du CRDA de l'Ariana, on ne parle jamais de ces formules et leur actualisation n'est pas à l'ordre du jour. Nous disons ceci parce que, si nous sommes arrivés à comprendre la démarche de calcul des formules **H1B** et **H1A** et arrivés par conséquent à faire changer leurs niveaux de terme fixe et de terme variable en faisant changer les taux d'imputation des charges fixes entre les deux termes des formules, il n'en est pas de même pour les formules **H2A** et **H2B** qui intègrent la couverture des charges d'exploitation et la prise en compte des provisions pour le renouvellement des équipements selon les normes en vigueur en matière de « gestion rationnelle » des périmètres irrigués. En plus de la démarche de calcul adoptée qui nous est inconnue, ce sont les données relatives à ces charges de renouvellement et à ces normes de ressources humaines et matérielles qui nous manquent pour pouvoir agir sur les termes des formules binômes dans une optique d'optimisation des résultats économiques .

Les résultats de simulation de ces formules binômes ne sont pas différents de la formule de base **« H1B ». La demande en eau et les plans de production demeurent stables**, seuls les revenus des agriculteurs seront légèrement diminués (cf. tableau n° 88). Deux autres remarques mais spécifiques aux exploitations du type **E4**, ces dernières voient leurs coûts d'irrigation doubler et leur consommation d'eau en été diminuer de **23%** avec la formule « **H2B** » comparativement à ceux engendrés par la formule **« H1B ».**

Tableau n° 88 : Evolution des revenus, de la consommation d'eau et des recettes du gestionnaire dans les formules binômes H2A et H2B

Formule	Revenu en DT et en année du type N1				Consommation totale d'eau en m3	Recette du gestionnaire en DT
	E1	**E2**	**E3**	**E4**		
H1B(base)	49284	21708	3863	12148	9147884	453456
H2A	47760	21634	3650	11857	9147884	723912
H2B	47210	21088	3667	11593	8880078	847649

Source : nos modèles.

La consommation en eau est quasiment constante dans les 3 formules. Cependant, nous remarquons que les recettes du gestionnaire augmentent d'une manière significative en passant d'une formule à une autre. L'application d'une autre formule, mieux dimensionnée par rapport à la « **H1B** » permet au CRDA d'atténuer son déficit budgétaire.

Nous pouvons dire que face au caractère confortable des revenus dégagés et à la rigidité de la demande, il est dans l'intérêt du CRDA de l'Ariana et de toute la collectivité de renoncer à l'application de la formule « **H1B** » qui s'avère sous-dimensionnée par rapport aux réalités du terrain dans le PPI de Kalaat Landlouss.

L'application des deux autres formules **H2A** et **H2B** peuvent être envisageable pour réduire les transferts financiers vers les agriculteurs et atténuer le déficit budgétaire du gestionnaire, mais cette solution est encore non radicale. En effet, toutes les formules de tarification binôme utilisées dans nos modèles sont fixées de manière uniforme pour tous les PPI relevant du CRDA de l'Ariana. Alors que dans la pratique, les **34000** ha des PPI de l'Ariana sont totalement différents les uns des autres en terme de fonctionnement technique et économique. Les charges fixes, les charges variables, les systèmes de production, d'irrigation, les superficies, les performances économiques sont tous des variables discriminatoires des PPI de l'Ariana.
Le PPI de Kalaat Landlouss représente **10%** en terme de superficie des PPI au niveau du CRDA de l'Ariana, le réseau est sous pression et d'une manière générale, les résultats économiques sont performants en comparaison avec les PPI où les réseaux ne sont pas du type sous pression.

70% des terres irriguées au PPI de Kalaat Landlouss sont gérées par **26%** des agriculteurs. Ces derniers représentent la grande exploitation de l'Ariana à vocation laitière. Nous avons vu que les exploitations du type **E1** consomment presque **67%** de l'eau distribuée au niveau du PPI. Ces exploitations qui consommaient beaucoup d'eau en situation actuelle par rapport aux autres types d'exploitation ont l'avantage de bénéficier de la redistribution des charges fixes de tous les PPI de l'Ariana sur les **34000 ha** relevant du même gestionnaire. De ce fait, elles voient leurs revenus se stabiliser et leurs charges d'eau diminuer dans un contexte de tarification binôme quelque soit le niveau des termes fixes et variables de la formule binôme appliquée.

Il serait plus équitable que les formules de tarification binôme soient dimensionnées et optimisées cas par cas. En d'autres termes, chaque PPI a ses caractéristiques techniques et économiques qui lui confèrent une spécificité par rapport aux autres et c'est à partir de la connaissance de ces caractéristiques propres à chaque PPI (sa vocation, ses charges fixes, ses charges variables, sa consommation annuelle et saisonnière, sa performance, etc...) que les niveaux de tarification binôme peuvent être définis avec plus de précision.

CONCLUSION GENERALE

La typologie des exploitations agricoles dans le PPI de Kalaat Landlouss a mis en évidence la présence de 4 types d'exploitations agricoles qui opèrent dans le PPI et valorisent l'eau d'irrigation via des systèmes de production différents. Il s'agit :

- des grandes exploitations polyvalentes (type **E1**) qui pratiquent la céréaliculture, l'élevage bovin et les cultures maraîchères ;
- des exploitations moyennes maraîchères (type **E2**) ;
- des petites exploitations d'élevage bovin (type **E3**) ;
- et des exploitations moyennes polyvalentes (type **E4**), qui pratiquent l'élevage bovin et le maraîchage.

Si les valorisations de la ressource des exploitations du type **E1** et **E4** suivent une même logique de diversification des activités agricoles (végétales et animales), elles diffèrent en revanche dans leurs échelles structurelles et par les technologies mises en œuvre pour réussir le processus de production. De l'autre côté, les exploitations du type **E2** et **E3** valorisent l'eau d'irrigation différemment et illustrent de ce fait deux systèmes de production bien originaux. Il s'agit respectivement des maraîchers et des petits éleveurs de bovin.

Les pouvoirs publics tunisiens compétents en matière d'allocation de l'eau d'irrigation considèrent la tarification de la ressource, comme l'outil privilégié pour atteindre une allocation optimale. Les décideurs sont conscients que le système tarifaire proportionnel appliqué jusqu'à récente date (1997/1998) et dans lequel le prix de l'eau d'irrigation augmentait annuellement de 9% depuis 1989 ne constitue pas une solution définitive pour l'allocation optimale de la ressource. Il faut noter aussi que les décideurs sont contraints d'appliquer des mesures de rigueur économique dans le cadre du PASA et de ce fait, ils veulent rompre avec le système tarifaire proportionnel. Pour ce faire, ils ont commencé par l'application de la tarification préférentielle (depuis Septembre 1998), qui favorise les emblavures céréalières et fourragères et pénalise les activités maraîchères, pour arriver en 2002, à mettre en œuvre l'application d'un système tarifaire binôme.

Dans le **système tarifaire proportionnel** et au niveau individuel, le niveau des activités animales et végétales est presque stable en fonction de la qualité hydrique des années, si on exclue le cas des exploitations du type **E2** qui font uniquement du maraîchage et qui voient leurs emblavures maraîchères d'été diminuer dans les années de rationnement de l'eau d'irrigation.

Les ressources terre et eau sont inégalement gérées par les divers types d'exploitations agricoles dans le PPI de Kalaat Landlouss. Les exploitations du type **E1** dont le poids au sein du PPI est de **26%** gèrent **70%** des superficies irrigables et consomment environ **63%** de l'eau d'irrigation. Le reste des exploitations (**E2**, **E3** et **E4**, soit **74%**) met en eau **30%** des superficies irrigables et consomme **37%** de la ressource hydrique.

Le recours à la main-d'œuvre temporaire concerne exclusivement les exploitations du type **E1** et **E2.** La main-d'œuvre salariée est en majorité drainée par la culture de la tomate. Ce qui explique la part importante des charges salariales par rapport aux marges brutes dégagées .

Les demandes en eau des divers types d'exploitations dans le PPI sont rigides. Les réponses des agriculteurs face à une variation du prix de l'eau d'irrigation ne sont pas perceptibles à court terme, c'est à dire, les agriculteurs ne changent pas le volume d'eau consommé mais procèdent à de légères modifications au niveau des assolements pratiqués.

Nous pouvons également dire que la sensibilité de la demande en eau par rapport à son prix varie en fonction des activités : plus celles-ci ont une forte valeur ajoutée (ou moins les charges d'eau représentent une part importante des coûts de production), plus la demande en eau est rigide face à une variation du prix. La demande en eau d'irrigation est donc rigide dans la majorité des exploitations agricoles parce que le coût de l'eau représente une faible part de la marge brute.

D'une manière générale, les augmentations éventuelles dans la disponibilité annuelle de l'eau d'irrigation au niveau du PPI ont des retombées bénéfiques pour tous les types d'exploitations agricoles . Toutes les composantes, animale et végétale des divers systèmes de production tirent profit en cas d'augmentation dans les disponibilités annuelles de l'eau d'irrigation. Cependant, et compte tenu de la différence dans les productivités marginales des deux composantes et des conditions agronomiques et salariales contraignantes pour le cas du maraîchage, la composante animale est celle qui profite le plus des ressources hydriques supplémentaires.

La diminution éventuelle des disponibilités de la ressource affectent les exploitations qui consomment beaucoup d'eau et qui appliquent des doses d'irrigation élevées à l'ha. La variable clé qui conditionne l'allocation de l'eau sous contrainte de disponibilité est d'ordre technologique, il s'agit de la dose d'irrigation appliquée et en dernière analyse, c'est elle qui détermine la productivité marginale de l'eau associée à chaque activité.

Nous disons que sans une adaptation de la technologie de production végétale et animale, respectivement en terme de dose d'irrigation apportée et d'alimentation des bovins, dans un contexte draconien de rabattement des disponibilités annuelles d'eau au niveau du PPI, la survie de la filière lait au niveau de la production est mise en cause.

Le système d'irrigation à la demande et l'absence de contrainte sur la ressource au niveau micro-économique laissent les agriculteurs agir comme si la ressource était disponible en abondance et à coût minime, ils appliquent de ce fait des doses d'irrigation élevées.

Le tableau n° 89 récapitule les résultats des principales simulations tarifaires et qualitatives et leurs évaluations par rapport à la situation de base (tarification proportionnelle et mauvaise qualité de l'eau).

Tableau n° 89 : Synthèse des résultats des simulations tarifaires et qualitatives (signe + : augmentation, signe - : diminution, 0 : variable stable)

Système tarifaire	Revenu des agriculteurs	Niveau des activités	Consom.eau hiver	Consom.eau été	Equilibre budgétaire du gestionnaire
Préférentiel avec salinité de 2,6-3,8g/l	+ **(E1, E3 et E4)**	**0**	**0**	**0**	-
Préférentiel avec salinité 2-2,5g/l	++ **(E1, E3 et E4)**	**0**	**0**	**0**	-
Binôme avec salinité de 2,6-3,8g/l	+++	**+ artichaut - céréales**	+	+	--
Binôme avec salinité de 1,3-1,7 g/l	++++	**+pomme de terre +céréale + UZB(E1 et E3) 0 artichaut**	++	++	--
Binôme avec salinité de 1,3-1,7 g/l et systèmes d'irrigation économes en eau	+++++	**+pomme de terre +céréale + UZB(E1 et E3) 0 artichaut**	+	+	--

Source : Synthèse des résultats de nos modèles.

L'impact positif de **la tarification préférentielle** sur les activités céréalières et animales est négligeable. L'application de la tarification préférentielle, dans un contexte de mauvaise qualité de l'eau permet uniquement aux agriculteurs des exploitations des types **E1, E3** et **E4** d'économiser de l'argent en payant l'eau moins chère A partir de l'année 2001, la qualité de l'eau devrait s'améliorer suite à la réalisation du projet « qualité-filtration » des eaux dans la BVM, ceci aurait pour effet l'augmentation des rendements des cultures mais les niveaux des activités céréalières et animales resteraient inchangés.

Si le système tarifaire préférentiel a permis d'augmenter le surplus des agriculteurs, il a lésé fortement le budget de l'Etat. Les exploitations du type **E1**, celles qui sont les plus aisées et ne représentent que **26%** des agriculteurs bénéficient de **71%** des subventions pour l'eau d'irrigation. Elles sont de ce fait à l'origine d'un gouffre financier engendré par l'application de la tarification préférentielle. La question pertinente qui se pose est de savoir s'il est possible de penser à un système tarifaire différentiel ou autre qui permet de réduire les transferts financiers dont bénéficie ce type d'exploitation ? La réponse que nous proposons réside dans l'application d'un taux de réduction de **22%** au lieu de **50%** sur le prix de l'eau destiné à l'irrigation des céréales et des fourrages. En effet, entre des taux de réduction de **50%** et de **22%,** les emblavures fourragères, céréalières et les consommations en eau en hiver et totales sont les mêmes.

En d'autres termes, l'ancien taux préférentiel (**50%** de réduction) présente un manque à gagner pour le gestionnaire, d'où la nécessité de corriger la réduction dans le prix de l'eau pour les céréales et les fourrages pour réduire le déficit budgétaire des services gestionnaires de la ressource.

Dans un contexte de mauvaise qualité de l'eau, au-delà de l'incitation à la consommation d'eau en hiver, les retombées bénéfiques de l'application du **système tarifaire binôme** pour les agriculteurs en terme d'augmentation des revenus agricoles et de baisse des redevances hydrauliques sont incontestables. Pratiquement, la part des charges d'eau dans les revenus a été rabattue d'au moins 50% et quelque soit le type de l'exploitation. Les agriculteurs consomment plus d'eau et la payent moins chère par rapport à la situation de la tarification proportionnelle de base.

Quant aux recettes du gestionnaires, elles ont chuté presque de 50% par rapport à celles générées avec la tarification proportionnelle. Cette diminution de recette constitue une perte pour le gestionnaire, qui voit une partie de son surplus se transférer vers les agriculteurs via l'application d'un système de tarification binôme. Ceci est dû essentiellement au fait que les formules tarifaires binômes que le CRDA de l'Ariana compte appliquer dans ses PPI sont énormément sous-dimensionnées pour le cas du PPI de Kalaat Landlouss.

L'amélioration de la qualité de l'eau associée à l'application de la tarification binôme est encore plus bénéfique pour les exploitations du PPI. Le niveau de la culture du blé tendre par les exploitations du type **E1** devient important suite à l'application du système tarifaire binôme et à l'amélioration des rendements des cultures fourragères. Les superficies gagnées sur les cultures fourragères suite à l'augmentation des rendements des cultures vont être attirées par l'activité blé tendre.

L'amélioration de la qualité de l'eau inciterait les exploitations du type **E3** à augmenter substantiellement leurs effectifs bovins. En 2004, il y aurait une augmentation d'UZB de **13%** par rapport à la situation précédente, et même par rapport aux autres situations tarifaires (proportionnelle et préférentielle).

La culture de l'artichaut disparaîtrait des plans optimaux de production des exploitations du type **E1**, **E2** et **E4**. Cette disparition correspond à la réintroduction dans l'assolement de la pomme de terre de saison et d'arrière saison. Ces cultures se développent bien sous des mises en eau de salinité inférieure à 2g/l.

Un dernier scénario porte sur l'application du système tarifaire binôme et de l'amélioration de la qualité de l'eau, auxquels s'ajouteraient une augmentation de l'efficacité technique des systèmes d'irrigation (gravitaire amélioré, aspersion et localisé). Dans ce cas, on ne constate pas de différence avec les résultats de la simulation précédente du point de vue des activités, mais en revanche, on constate une économie d'eau non négligeable (10%). Cette économie, même de petite ampleur, pourrait au niveau régional ou national conduire à une économie d'eau substantielle. Les quantités économisées pourraient être amenées là où elles sont socio-économiquement valorisables étant donné la mobilité parfaite des eaux du nord en Tunisie. La ressource circule de la Khroumirie dans l'extrême Nord du pays (barrage de Barbara) jusqu'à la ville de Sfax, capitale du sud tunisien.

La tarification binôme a pour effet d'augmenter la consommation d'eau hivernale et annuelle. Son application telle que prévue par le CRDA de l'Ariana sera accompagnée d'une réduction importante du prix moyen du m3 d'eau comparé aux prix moyens des situations de tarification proportionnelle et préférentielle. Cette diminution du prix moyen de l'eau est mise à profit par les

agriculteurs en consommant davantage d'eau, surtout en hiver et en dégageant des revenus importants. Mais la diminution du prix moyen de la ressource a pour conséquence :

- une rigidification de la demande en eau au PPI (stabilité dans les choix de production) ;
- une chute de la part des redevances hydrauliques dans le revenu des agriculteurs ;
- une chute dans les recettes du gestionnaire.

Les faibles prix moyens de l'eau qui découlent du système tarifaire binôme, comparés à ceux appliqués dans les systèmes tarifaires proportionnels témoignent d'un sous-dimensionnement des termes fixes de la formule de tarification binôme que le CRDA de l'Ariana compte appliquer dans ses PPI. En d'autres termes, les niveaux de tarification binôme présentent tous un manque à gagner pour le gestionnaire, d'où la nécessité de corriger ces derniers pour atténuer le déficit budgétaire du gestionnaire.

Les formules de tarification binôme utilisées dans nos modèles sont fixées de manière uniforme pour tous les PPI relevant du CRDA de l'Ariana. Alors que dans la pratique, les **34000** ha des PPI de l'Ariana sont totalement différents les uns des autres en terme de fonctionnement technique et économique. Les charges fixes, les charges variables, les systèmes de production, d'irrigation, les superficies, les performances économiques sont tous des variables discriminatoires entre les différents PPI d'un même gouvernorat.

Le PPI de Kalaat Landlouss représente **10%**, en terme de superficie, des PPI au niveau du CRDA de l'Ariana, le réseau est sous pression et d'une manière générale, les résultats économiques sont performants en comparaison avec les PPI où les réseaux ne sont pas du type sous pression. **70%** des terres irriguées au PPI de Kalaat Landlouss sont gérées par **26%** des agriculteurs. Ces derniers représentent la grande exploitation de l'Ariana à vocation laitière. Nous avons vu que les exploitations du type **E1** consomment presque **67%** de l'eau distribuée au niveau du PPI. Ces exploitations qui consommaient beaucoup d'eau en situation actuelle par rapport aux autres types d'exploitations ont l'avantage de bénéficier de la redistribution des charges fixes de tous les PPI de l'Ariana sur les **34000** ha relevant du même gestionnaire. De ce fait, elles voient leurs revenus se stabiliser et leurs charges d'eau diminuer dans un contexte de tarification binôme quelque soit le niveau des termes fixes et variables de la formule binôme appliquée.

Il serait plus équitable que les formules de tarification binôme soient dimensionnées et optimisées cas par cas. En d'autres termes, chaque PPI a ses caractéristiques techniques et économiques qui lui confèrent une spécificité par rapport aux autres et c'est à partir de la connaissance de ces caractéristiques propres à chaque PPI (sa vocation, ses charges fixes, ses charges variables, ses consommations d'eau, annuelle et saisonnière, ses performances, etc...) que les niveaux de tarification binôme peuvent être définis avec plus de précision.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ALLAYA. M ; **1995**. *Le cadre macro-économique des politiques de développement agricole au Maghreb*. In " les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000 ".Options méditerranéennes. Série B: Etudes et recherches. N°14. CIHEAM. p : 61-73.

2. AMIGUES.J.P, BONNIEUX.F, LEGOFFE.P, POINT.P ; **1995**. *Valorisation des usages de l'eau*. Economica : Paris. 103 p.

3. AMIGUES.J.P, FAVARD.P, GAUDET.G, MOREAU.M ; **1997**. *De l'usage optimal de divers types de ressources naturelles*. ERNA-INRA : Toulouse. 35 p.

4. ATTIA.H ; **1985**. *Hydraulique étatique, hydraulique paysanne : l'exemple de la Tunisie centrale*. In " les politiques de l'eau en Afrique". Economica : Paris. p : 697-703.

5. BACHTA.M.S ; **1995**. *Compétitivité et ouverture des agricultures maghrébines intensification et gestion des ressources naturelles en Tunisie*. In" les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000". Options méditerranéennes. Série B: Etudes et recherches. N°14. CIHEAM. p : 349-356.

6. BADUEL.PR ; **1985**. *Actions sur les facteurs de production et dépendance paysanne : l'exemple du développement hydro-agricole tunisien*. In " les politiques de l'eau en Afrique". Economica : Paris. p : 704-720.

7. BEDU.L, MARTIN.C, KNEPFLER.M. et al ; **1987**. *Appui pédagogique à l'analyse du milieu rural dans une perspective de développement*. CIRAD-DSA : Montpellier. 182 p.

8. BOUDIAF.M ; **1995**. *Impact sur l'économie tunisienne de la libéralisation des échanges agricoles et agro-alimentaires entre la Tunisie et l'Union Européenne*. In" les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000". Options méditerranéennes. Série B: Etudes et recherches. N°14. CIHEAM. p : 25-41.

9. BOUGHANMI.H ; **1995**. *Les principaux volets des politiques agricoles en Tunisie : évolution, analyse et performances agricoles*. In "les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000". Options méditerranéennes. Série B: Etudes et recherches. N°14. CIHEAM. p : 127-138.

10. BOUSSARD.J.M ; **1987**. *Economie de l'agriculture*. Economica : Paris. 283 p.

11. BOUSSARD.J.M ; **1997**. *Faut-il encore avoir des politiques agricoles*? In " Problèmes économiques". N° 2-519. p : 13-17.

12. BOUSSARD.J.M, DAUDIN.J.J ; **1988**. *La programmation linéaire dans les modèles de production*. Masson-INRA. 127 p.

13. CHEMAK.F ; **1997**. *Aide à la décision au niveau d'un périmètre irrigué : Essai de mise en œuvre des concepts des modèles multi-agents*. Thèse de Master CIHEAM-IAMM. 99 p + annexes.

14. DAMAIS.G, **1994**. *Modélisation macro-économique et micro-économique : une tentative pour mieux intégrer les stratégies des producteurs dans l'élaboration des politiques agricoles*. In « Recherches-système en agriculture et développement rural ». Symposium international Montpellier-France : du 21 au 25/11/1994. p : 902-907.

15. DESAIGUES.B, POINT.P ; **1993**. *Economie du patrimoine naturel*. Chapitre VIII*: la valeur des actifs naturels non marchands comme facteur de production*. p : 193-240.

16. DUFUMIER.M, **1994**. *Systèmes agraires et politiques agricoles*. In « Recherches-système en agriculture et développement rural ». Symposium international Montpellier-France : du 21 au 25/11/1994. p : 926-931.

17. FAUCHEUX.S, NOEL.J.F ; **1995**. *Economie des ressources naturelles et de l'environnement*: Armand Colin. 330 p.

18. FONDS MONETAIRE INTERNATIONAL ; **1997**. *Statistiques financières internationales-Annuaire*. p : 852-855.

19. GRIFFON.M ; **1992**. *Economie institutionnelle et gestion des ressources naturelles renouvelables*. In "Economie rurale. N° 208-209". p : 70-74.

20. GRIFFON.M, HENRY.P, LEMELLE.J.P ; **1991**. *Les politiques agricoles et alimentaires en Afrique*. Edition du ministère français de la coopération et du développement. 175 p.

21. HARRIBEY.J.M ; **1998**. *Le développement soutenable*. Economica : Paris. 108 p.

22. HARRIGAN.J, LOADER.L, THIRTLE.C ; **1995**. *La politique des prix agricole : le gouvernement et le marché*. FAO. Rôme. 275 p.

23. HASSAYNIA.J ; **1991**. *Irrigation et développement : l'expérience tunisienne*. Options méditerranéennes. Série B études et recherches. CIHEAM. 217 p.

24. HAZELL.B.R, NORTON.D.R. **1986**. *Mathematical programming for economic analysis in agriculture* (des extraits traduits par ALLAYA.M). 81 p.

25. HENIN.S ; **1992**. *L'évolution de l'eau : facteur de production et de risque pour l'agriculture*. In "Economie rurale. N° 208-209". p : 27-29.

26. KASSAH.A ; **1995**. *L'eau et l'agriculture irriguée en Tunisie : essai de bilan*. In "l'eau et l'agriculture irriguée en Tunisie". Publications de la faculté des lettres -Manouba-Tunis. p 9-29.

27. LOUATI.M.H ; **1995**. *Optimisation de l'utilisation de l'eau*. In "l'eau et l'agriculture irriguée en Tunisie". Publications de la faculté des lettres -Manouba-Tunis. p 57-74.

28. MALASSIS.L ; **1994**. *Nourrir les hommes*. Flammarion : Paris. 126 p.

29. MALASSIS.L, GHERSI.G ; **1996**. *Economie de la production et de la consommation : méthodes et concepts-2-*. Série : Traité d'économie agro-alimentaire. Cujas : Paris. 393 p.

30. MEKNI. F ; **1994**. *Perspectives de développement de la betterave à sucre : cas du périmètre de Medjez Elbab*. Mémoire de cycle de spécialisation de l'INA-Tunis. 92 p.

31. MICHALLAN.B ; **1995**. *Approche économique de la gestion de la ressource en eau pour l'usage d'irrigation*. Chapitre 5.4 : *Décision à long terme : utilisation d'un modèle PL*. Thèse de doctorat. Université de Bordeaux I. p : 212-237.

32. MOLLARD.E, **1994**. *La prise de risque dans les stratégies paysannes*. In « Recherches-système en agriculture et développement rural ». Symposium international Montpellier-France : du 21 au 25/11/1994. p : 661-666.

33. MOLLE.F, RUF.T, **1994**. *Eléments pour une approche systémique du fonctionnement des périmètres irrigués*. In « Recherches-système en agriculture et développement rural ». Symposium international Montpellier-France : du 21 au 25/11/1994. p : 114-118.

34. MONTGINOUL.M ; **1994**. *La tarification de l'eau agricole*. Mémoire de DEA. Université Montpellier I-CEMAGREF. 90 p.

35. MONTGINOUL.M ; **1997**. *Une approche économique de la gestion de l'eau d'irrigation : des instruments, de l'information et des acteurs*. Thèse de Doctorat de l'université de Montpellier I -CEMAGREF. P 73-132.

36. MOUGEOT.M ; **1989**. *Economie du secteur public. Introduction générale : le rôle de l'Etat, dans la pensée économique*. Economica : Paris. p : 4-16.

37. PAUL.J.L & al, **1994**. *Quel système de référence pour la prise en compte de la rationalité de l'agriculteur : du système de production agricole au système d'activité*. In « Recherches-système en agriculture et développement rural ». Symposium international Montpellier-France : du 21 au 25/11/1994. p : 46-52.

38. PEARCE.D.W, TURNER.K.R ; **1990**. *Economics of natural resources and the environment*. Part IV-Chapter 16 : *Renewable resources*. Harvester Wheatsheaf-UK. p : 241-261.

39. PERENNES.J.J ; **1988**. *Politique de l'eau en Tunisie*. In « Maghreb-Machrek ». N° 120. p :23-39.

40. PERENNES..J.J ; **1991**. *La gestion du milieu choix techniques et dimension sociale*. In "Histoire de développement". N°14-Juillet 1991. p 16-21.

41. PHLIPS.L ; **1983**. *La formation des prix*. Collection Cabay/Economica. Paris/Louvain-la-neuve. 365 p.

42. PICARD.P ; **1992**. *Eléments de micro-économie*. 3ème édition. Montchrestien. Paris. 558 p.

43. RIEU.T, ARLOT.M.P ; **1992**. *Le poids de l'agriculture dans la répartition et l'usage de l'eau*. In " Economie rurale. N° 208-209". p : 57-60.

44. RIEU.T, GLEYSES.G ; **1993**. *Evaluation socio-économique d'un projet d'irrigation et étude prospective de la demande en eau*. In « La Houille Blanche ». N°2-Mars 1993. p : 119-125.

45. ROTH.M, CHAVAS.J.P, SALMI.A et al ; **1991**. *Un modèle de programmation linéaire pour la planification agricole en Tunisie cas du secteur public dans le nord-ouest*. Ministère de l'agriculture et la mission USAID : Tunis. 40 p.

46. RUI MANUEL DE SOUSA FRAGOSO, **1997**. *Evaluation des impacts socio-économiques du développement de l'irrigation. Cas de l'agriculture dans la région de l'Alentejo-Portugal*. Master of Science du CIHEAM-IAM-Montpellier. 71 p.

47. SELMI.S ; **1996**. *Intervention de l'Etat en milieu rural et réaction des collectivités locales à la gestion d'une ressource rare les lacs collinaires dans le semi-aride tunisien*. Thèse de doctorat ENSAM. 416 p.

48. THABET.B, HAMDI.L, **1994**. *Les modèles de simulation et leurs utilisations dans l'analyse des politiques agricoles*. In « Options méditerranéennes », série B/n° 8. Publications du CIHEAM. p : 43-49.

49. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE ; **1993**. *Stratégie hydraulique de la Tunisie*. In "Tunisia Agriculture". N° 5 du 12/111993. p : 14-20.

50. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/DGPDIA ; **1996**. *Enquête sur les structures des exploitations agricoles(1994-1995)*. 31 p + annexes.

51. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/DG/GTH ; **1996**. *Grands barrages et ouvrages de transfert*. 32 p.

52. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/DG/ETH & AHT, GKW, COYNE et BELLIER ; **1993**. *Economie d'eau 2000. Rapport final (banque de données). Volume : Ressources conventionnelles. Partie Hydrologie, salinité des eaux de surface*. 59 p + annexes.

53. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/DG/ETH & AHT, GKW, COYNE et BELLIER ; **1993**. *Economie d'eau 2000. Rapport final (banque de données). Volume : besoins en eau. Partie besoins en eaux agricoles* 37 p + annexes.

54. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/DG/ETH & AHT, GKW, COYNE et BELLIER ; **1993**. *Economie d'eau 2000. Rapport final-Rapport de synthèse* 60 p + annexes.

55. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/DG/ETH ; **1994**. *Barrages en exploitation en Tunisie*. 44 p.

56. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/DG/ETH & AHT ; **1992**. *Aménagement hydro-agricole de la Basse Vallée de la Medjerda. projet d'irrigation et de drainage KALAAT LANDLOUSS-RAS DJEBEL. Phase I*. Rapport final. 32 p + annexes.

57. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/DG/ETH & AHT & STUDI ; **1985**. *Aménagement hydro-agricole de la Basse Vallée de la Medjerda. projet d'irrigation et de drainage KALAAT LANDLOUSS-RAS DJEBEL. Analyse critique*. 52 p + annexes.

58. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/DG/ETH & AHT ; **1998**. *Projet hydro-agricole KALAAT LANDLOUSS-RAS DJEBEL. Etude de la qualité des eaux. Rapport APS. Rapport principal*. 136 p.

59. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/DG/ETH & AHT ; **1998**. *Projet hydro-agricole KALAAT LANDLOUSS-RAS DJEBEL. Etude de la qualité des eaux. Rapport APS. Annexes 5-6-7. qualité des eaux-Salinité-Impact de la salinité sur les cultures agricoles. Agronomie et Agro-économie*.212 p + annexes.

60. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/ UCSEPI ; **1997**. [*Périmètres irrigués en Tunisie*]. Document en arabe. 16 p.

61. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/DG/RE ; **1975**. *Code des eaux*. Edition de l'imprimerie officielle de la république tunisienne-1985. 41 p.

62. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/DG/RE & BECHTEL INTERNATIONAL inc/SCET-Tunisie ; **1997**. *Etude du secteur de l'eau. thème 1 : Approches modèles de la prévision de la demande en eau. Rapport définitif*. 69 p + annexes.

63. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/DG/PDIA ; **1991**. *Les effets de la politique agricole sur les décisions de producteurs dans le secteur privé au nord-Ouest de la Tunisie*. 119 p.+ annexes.

64. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/DG/GR & CRDA-Ariana ; **1997**. *Projet de modernisation des PPI dans la Basse Vallée de la Medjerda*.29 p.+ annexes.

65. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE, CRDA de l'Ariana ; **1998**. *Rapport d'activité de l'année 1997*. 159 p.

66. TUNISIE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE/DG/GR & CNEA & BRL-France ; **1997**. *Etude de la gestion et de la tarification de l'eau d'irrigation au niveau des périmètres irrigués. Seconde phase : Analyse et propositions tarifaires*. 111 p + annexes.

67. TUNISIE. MINISTERE L'AGRICULTURE/DG/RE. **1993**. *Stratégie nationale de mobilisation des ressources hydrauliques*. 100 p.

68. TUNISIE. MINISTERE L'AGRICULTURE/OMVVM & GRONTMIJ. **1960**. *Programme du développement du périmètre irrigable de la Basse Vallée*.75 p.

69. TUNISIE. MINISTERE L'AGRICULTURE/OMVVM & GRONTMIJ. **1961**. *Développement rural de la BVM. Projets et perspectives socio-économiques*. 333 p + annexes.

70. TUNISIE. MINISTERE L'AGRICULTURE/OMVVM & GRONTMIJ. **1962**. *Secteur de CHERFECH. Dossier E 14. 5 Partie Nord et Sud-Résumé des projets)*. 20 p.

71. TUNISIE. MINISTERE L'AGRICULTURE/OMVVM & GRONTMIJ. **1963**.*Dossier E 31. Secteur de Sidi Thabet. Résumé des projets*. 46 p.

72. TUNISIE. MINISTERE L'AGRICULTURE/OMVVM & GRONTMIJ. **1966**. *Extrait du plan décennal. Dossier E70. (Cultures, types d'exploitation, assolement, revenus)*.17 p.

73. TUNISIE. MINISTERE DU DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE. **1997**. *IX^{ème} plan de développement économique et social (1997-2001)- Volet agricole-*. 81 p + annexes.

74. VARIAN Hal.R ; **1994**. *Introduction à la microéconomie. 3ème édition.*

Ouvertures économiques. Série : prémisses. DeBoek université. Paris-Bruxelles. 648 p.

75. WEBER.L ; **1991**. *L'Etat acteur économique*. Chapitre I : *l'économie publique : une réalité et une science*, chapitre II : *l'allocation optimale des ressources*. 2ème édition. Economica : Paris. p : 7-84.

76. YASSINE.A ; **1996**. *L'impact de l'élimination des subventions pour l'eau d'irrigation sur le système de production des agriculteurs le cas des périmètres publics irrigués de Bouheurtma.* Thèse de Master CIHEAM-IAMM. 133 p + annexes.

77. YOUNG.RA, HAVEMAN.RH ; **1993**. *L'analyse économique de l'eau*. In "l'analyse coûts-avantages : défis et controverses". Economica : Paris. p : 373-446.

78. ZAHAR.I ; **1995**. *La maîtrise de l'eau en Tunisie après l'an 2000*. In "l'eau et l'agriculture irriguée en Tunisie". Publications de la faculté des lettres -Manouba-Tunis. p 75-85.

Liste des tableaux

		Page
Tableau n°1 :	Superficie des exploitations selon la taille et nombre de parcelles y afférent	5
Tableau n°2 :	Demande des crédits et proportion des exploitants bénéficiaires de crédits ou de subventions selon la taille de l'exploitation	6
Tableau n°3 :	Répartition régionale des superficies irriguées selon l'origine de l'eau.	10
Tableau n°4 :	Contribution quantitative du secteur irrigué dans la production agricole	11
Tableau n°5 :	Coefficients d'efficacité des investissements	11
Tableau n°6 :	Importance des AIC dans les PI selon les régions	12
Tableau n°7 :	Evolution de la part des investissements par sous-secteur agricole	14
Tableau n°8 :	Comparaison des coûts du m3 d'eau mobilisée et son prix de vente aux agriculteurs : cas des eaux du nord	15
Tableau n°9 :	Evolution prévisible du déficit en eau	17
Tableau n°10 :	Importance de la salinité de l'eau entre le barrage de Laroussia et le PPI de Kalaat Landlouss	19
Tableau n°11 :	Estimation des baisses de rendements agricoles dues à la salinité de l'eau	20
Tableau n°12 :	Phasage des actions du projet « qualité-filtration » de l'eau dans la BVM et salinité correspondante	21
Tableau n°13 :	Durée d'irrigation (en années) et seuil critique de teneur en sel	21
Tableau n°14 :	Adaptation des structures tarifaires à la diversité des situations hydro-agro-écologiques	25
Tableau n°15 :	Formules tarifaires binômes proposées dans les nouveaux PPI de la BVM	30
Tableau n°16 :	Situation des PPI dans le gouvernorat de l'Ariana	39
Tableau n°17 :	Répartition des superficies selon les cultures irriguées dans le gouvernorat de l'Ariana (campagne 96/97)	40
Tableau n°18 :	Variation saisonnière de la salinité au PPI de Kalaat Landlouss	41
Tableau n°19 :	Objectifs et bases de la tarification	52
Tableau n°20 :	Quelques structures de tarification de l'eau d'irrigation	53
Tableau n°21 :	Définition des variables et des modalités support de l'AFC	69
Tableau n°22 :	Formation relative de l'axe 1	75
Tableau n° 23 :	Formation relative de l'axe 2	76
Tableau n°24 :	Formation relative de l'axe 3	77
Tableau n°25 :	Formation des groupes et niveau de hiérarchie	78
Tableau n°26 :	Position des groupes sur les axes factoriels	81
Tableau n°27 :	Caractéristiques principales des exploitations du type E1	82
Tableau n°28 :	Caractéristiques principales des exploitations du type E2	86
Tableau n°29 :	Caractéristiques principales des exploitations du type E3	87
Tableau n°30 :	Caractéristiques principales des exploitations du type E4	90
Tableau n°31 :	Définition des groupes de la typologie	97
Tableau n°32 :	Hypothèses ayant servi dans le calcul des effectifs bovins en UZB	101
Tableau n°33 :	Fonctionnement du système de production animale selon les exploitations	102
Tableau n°34 :	Données de structures ayant servi dans le calcul des niveaux tarifaires binômes pour le cas des PPI du Kalaat Landlouss	115
Tableau n°35 :	Utilisation réelle et simulée de la terre dans le cadre individuel	120
Tableau n°36 :	Doses d'irrigation appliquées pour les cucurbitacées	123
Tableau n°37 :	Taux d'occupation du sol pour les différents types d'exploitations	125
Tableau n°38 :	Emblavures totales du PPI de Kalaat Landlouss dans un cadre individuel	125
Tableau n°39 :	Consommations individuelles d'eau et résultats économiques conséquents	126
Tableau n°40 :	Comparaison des niveaux de consommation des différents types d'exploitations	128

Tableau n°41 : Importances des charges salariales relatives à l'activité de la tomate 130
Tableau n°42 : Revenus minimums attendus de l'activité agricole par type d'exploitation 131
Tableau n°43 : Elasticités des consommations en eau et emblavures conséquentes 137
Tableau n°44 : Utilisation réelle et simulée de la terre dans le cadre agrégé 139
Tableau n°45 : Comportement des exploitations du type E1 sous une contrainte de disponibilité de l'eau au niveau du PPI 142
Tableau n°46 : Comportement des exploitations du type E2 sous une contrainte de disponibilité de l'eau au niveau du PPI 142
Tableau n°47 : Comportement des exploitations du type E4 sous une contrainte de disponibilité de l'eau au niveau du PPI 143
Tableau n°48 : Comparaison de l'utilisation de la terre entre les cadres individuels et agrégés 144
Tableau n°49 : Variation des taux d'occupation du sol suite à l'introduction d'une contrainte sur la ressource au niveau du PPI 145
Tableau n°50 : Emblavures totales du PPI dans le cadre agrégé 146
Tableau n°51 : Consommations d'eau et résultats économiques conséquents dans le cadre agrégé 147
Tableau n°52 : Variation des taux de couverture des besoins en eau en individuel et en agrégé 149
Tableau n°53 : Scénarios de changement de la disponibilité de l'eau au niveau du PPI 150
Tableau n°54 : Sensibilité du modèle agrégé par rapport aux augmentations de la disponibilité de l'eau au niveau du PPI 151
Tableau n°55 : Sensibilité du modèle agrégé par rapport aux diminutions de la disponibilité de l'eau au niveau du PPI 153
Tableau n°56 : Productivités marginales de l'eau et revenus au niveau du PPI 157
Tableau n°57 : Tarif proportionnel du m3 d'eau pour la période 1999-2000 161
Tableau n°58 : Impacts de la tarification préférentielle et de la salinité actuelle sur les activités céréalières et fourragères 162
Tableau n°59 : Evolution des revenus annuels et des charges d'irrigation dans le système tarifaire préférentiel 162
Tableau n°60 : Evolution des rendements des cultures en fonction de l'amélioration de la qualité de l'eau dans la BVM (année 2001) 164
Tableau n°61 : Impacts de l'amélioration de la qualité de l'eau sur les niveaux des activités céréalières et animales 165
Tableau n°62 : Différence dans la valorisation de l'eau par l'activité laitière selon les types d'exploitations 165
Tableau n°63 : Impacts de l'amélioration de la qualité de l'eau sur les niveaux des activités maraîchères des exploitations du type E2 166
Tableau n°64 : Evolution des recettes du gestionnaire dans le système tarifaire préférentiel 166
Tableau n°65 : Consommations moyennes et prix moyens de l'eau dans les types d'exploitations dans le système tarifaire préférentiel 167
Tableau n°66 : Estimation des dépenses prises en charge par l'Etat dans le système tarifaire préférentiel 168
Tableau n°67 : Réduction des dépenses prises en charge par l'Etat avec un taux préférentiel de 22% 169

Tableau n°68 : Extirpation d'une partie du surplus des agriculteurs suite à l'application d'un taux préférentiel de 22% 169
Tableau n°69 : Impacts de la tarification binôme dans le contexte de la salinité actuelle sur les activités céréalières et animales 171
Tableau n° 70 : Evolution des consommations en eau hivernale et annuelle suite à l'application d'un système tarifaire binôme 171
Tableau n°71 : Augmentations des superficies de l'artichaut en cas de tarification binôme et de salinité de 2,6-3,8 g/l 172
Tableau n°72 : Etat de consommation des volumes en franchise alloués en hiver pour les différents types d'exploitations (année 2002) 172
Tableau n°73 : Augmentations des revenus agricoles et baisse des redevances hydrauliques dans le système tarifaire binôme (année 2002) 173
Tableau n°74 : Consommations moyennes et prix moyens de l'eau dans les exploitations en cas de tarification binôme 173
Tableau n°75 : Evolution des recettes du gestionnaire dans le système tarifaire binôme 173
Tableau n°76 : Evolution des rendements des cultures en fonction de l'amélioration de la qualité de l'eau dans la BVM (en 2002 et 2004) 175
Tableau n°77 : Résultats des simulations qualitatives de l'eau et de la tarification binôme en terme d'activités céréalières et animales 176
Tableau n°78 : Réintégration de la pomme de terre dans les plans de production des exploitations des types E1, E2 et E4 177
Tableau n°79 : Etat de consommation des volumes en franchise alloués en hiver aux différents types d'exploitations (année 2004) 178
Tableau n°80 : Augmentations des revenus agricoles et baisse des redevances hydrauliques dans le système tarifaire binôme (année 2004) 178
Tableau n°81 : Baisse de la consommation totale de l'eau suite à l'adoption de systèmes d'irrigation économes en eau (année 2004) 180
Tableau n°82 : Prix moyens de l'eau consommée et pentes des courbes des dépenses des types d'exploitations 185
Tableau n°83 : Etat de consommation des volumes en franchise alloués en hiver pour les différents types d'exploitations avec la formule binôme « H1B » 187
Tableau n°84 : Variation des niveaux de la tarification binôme selon le degré d'imputation partielle des charges fixes dans le terme variable 187
Tableau n°85 : Evolution dynamique de la formation des coûts d'irrigation en fonction de la part des charges fixes dans le terme variable 189
Tableau n°86 : Stabilité des revenus dégagés en fonction de divers niveaux de tarification binôme 192
Tableau n°87 : Niveaux des termes des formules binômes « H2A » et « H2B » 193
Tableau n°88 : Evolution des revenus, de la consommation d'eau et des recettes du gestionnaire dans le cas des formules binômes « H2A » et « H2B » 193
Tableau n°89 : Synthèse des résultats des simulations tarifaires et qualitatives 197

Liste des graphiques

		Page
Graphique n°1 :	Evolution du prix du m3 d'eau dans les PPI relevant du CRDA de l'Ariana	23
Graphique n°2 :	Problématique générale	32
Graphique n°3 :	Tarification et surplus de la collectivité	44
Graphique n°4 :	Tarification au coût marginal et déficit du monopole	48
Graphique n°5 :	Structures de tarification	51
Graphique n°6 :	Courbe de dépenses dans un système de prix non linéaire	55
Graphique n°7 :	Optimisation des termes d'une tarification binôme	56
Graphique n°8 :	Méthodologie spécifique au montage de la typologie	62
Graphique n°9 :	Méthodologie générale de la recherche	67
Graphique n°10 :	Histogramme des valeurs propres	74
Graphique n°11 :	Eclatement des classes et formation des groupes	77
Graphique n°12 :	Histogramme des indices de niveau de la hiérarchie	78
Graphique n°13 :	Projection des individus sur le plan factoriel formé par les axes [1 ; 2]	79
Graphique n°14 :	Projection des individus sur le plan factoriel formé par les axes [1 ; 3]	80
Graphique n°15 :	rojection des variables caractéristiques des groupes sur le plan factoriel formé par les axes [1 ; 2]	83
Graphique n°16 :	Projection des variables caractéristiques des groupes sur le plan factoriel formé par les axes [1 ; 3]	83
Graphique n°17 :	La superficie irrigable dans les groupes de la typologie	84
Graphique n°18 :	Importance du cheptel bovin en UZB selon les groupes de la typologie	84
Graphique n°19 :	Le recours à la main-d'œuvre temporaire selon les types d'exploitations	85
Graphique n°20 :	Activité principale déclarée par rapport au revenu agricole selon les types d'exploitations	85
Graphique n°21 :	Priorités culturales dans l'allocation de l'eau d'irrigation selon les types d'exploitations	86
Graphique n°22 :	Importance des superficies irriguées en gravitaire et en localisé selon les types d'exploitations	87
Graphique n°23 :	Taux d'utilisation des superficies irrigables selon les types d'exploitations	88
Graphique n°24 :	Mode de traite des vaches laitières selon les types d'exploitations	88
Graphique n°25 :	Importance des superficies irriguées par aspersion selon les types d'exploitations	89
Graphique n°26 :	Mode de récolte des fourrages verts selon les types d'exploitations	89
Graphique n°27 :	Importance de la main-d'œuvre permanente selon les types d'exploitations	90
Graphique n°28 :	Premier poste d'affectation des revenus agricoles selon les types d'exploitations	91
Graphique n°29 :	Importance du cheptel bovin laitier en fonction de la superficie irrigable	92
Graphique n°30 :	Importance du cheptel bovin laitier en fonction de la main-d'œuvre permanente disponible sur l'exploitation	92
Graphique n°31 :	Le facteur âge chez les différents exploitants agricoles	93
Graphique n°32 :	Affectation des revenus agricoles en fonction de l'âge des exploitants	94
Graphique n°33 :	Centres de gravité des groupes de la typologie sur le plan factoriel [1 ; 2]	95
Graphique n°34 :	Schéma simplifié de la structure générale du modèle agrégé	120
Graphique n°35 :	Evolution du prix du litre de lait à la production dans le PPI de Kalaat Landlouss	123
Graphique n°36 :	Courbe de demande en eau des exploitations du type E1	132
Graphique n°37 :	Evolution des activités de production des exploitations du type E1 en fonction de l'augmentation du prix de l'eau	133
Graphique n°38 :	Courbe de demande en eau des exploitations du type E2	134
Graphique n°39 :	Evolution des activités de production des exploitations du type E2 en fonction de l'augmentation du prix de l'eau	134
Graphique n°40 :	Courbe de demande en eau des exploitations du type E3	135
Graphique n°41 :	Courbe de demande en eau des exploitations du type E4	136
Graphique n°42 :	Evolution des activités de production des exploitations du type E4 en fonction de l'augmentation du prix de l'eau	136
Graphique n°43 :	Courbe de demande en eau au niveau du PPI en fonction du prix de l'eau	138
Graphique n°44 :	Evolution des emblavures au niveau du PPI en fonction du prix de l'eaU	138
Graphique n°45 :	Evolution des revenus au niveau du PPI en fonction des variations dans les disponibilités annuelles en eau	157
Graphique n°46 :	Evolution des taux d'occupation du sol dans le PPI en fonction des variations dans les disponibilités annuelles en eau	158
Graphique n°47 :	Evolution non linéaire des dépenses d'irrigation en fonction des volumes consommés par les exploitations du type E1	181
Graphique n°48 :	Evolution non linéaire des dépenses d'irrigation en fonction des volumes consommés par les exploitations du type E2	182
Graphique n°49 :	Evolution non linéaire des dépenses d'irrigation en fonction des volumes consommés par les exploitations du type E3	183
Graphique n°50 :	Evolution non linéaire des dépenses d'irrigation en fonction des volumes consommés par les exploitations du type E4	184
Graphique n°51 :	Evolution des recettes du gestionnaire en fonction de divers systèmes tarifaires	186
Graphique n°52 :	Evolution de la demande en eau en hiver et des redevances hydrauliques en fonction des différents niveaux de tarification binôme (cas E1)	189
Graphique n°53 :	Evolution et redistribution des coûts de l'irrigation en fonction de divers niveaux de tarification binôme(cas E1)	190
Graphique n°54 :	Evolution de la demande en eau en hiver et des redevances hydrauliques en fonction des différents niveaux de tarification binôme (cas E3)	191
Graphique n°55 :	Evolution et redistribution des coûts de l'irrigation en fonction de divers niveaux de tarification binôme(cas E3)	191

Abréviations et unités de conversion

AFCM : Analyse Factorielle de Correspondances Multiples
AHT : Agrar und Hydrotechnik (Bureau d'études allemand).
AIC : Association d'Intérêts Collectifs
BMZ : Bundesministerium für Zuzammenarbeit (Ministère fédéral allemand de la coopération).
BVM : Basse Vallée de la Medjerda
CES : Conservation des Eaux et du Sol
CRDA : Commissariat Régional au Développement Agricole
CTV : Cellule Territoriale de Vulgarisation
DG/ETH : Direction Générale des Etudes des Travaux Hydrauliques
DG/GR : Direction Générale du Génie Rural
DG/GTH : Direction Générale des Grands Travaux Hydrauliques
DG/PDIA : Direction Générale de la Planification du Développement et des Investissements Agricoles
DG/RE: Direction Générale des Ressources en Eau
DT : Dinar Tunisien
GATT : General Agreement Trade and Taxes
HMVM : Haute et Moyenne Vallée de la Medjerda
INGREF : Institut National de génie rural, des Eaux et des Forêts de Tunisie.
KFW : Keditanstalt fü Wiederaufbau
MA : Ministère de l'Agriculture (en Tunisie)
MAMVA : Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole (au Maroc)
OMC : Organisation Mondiale du Commerce
OMVVM : Office de Mise en Valeur de la Vallée de la Medjerda (dissout en 1989)
PASA : Programme d'Ajustement Structurel Agricole
PI : Périmètre Irrigué
PPI : Périmètre Public Irrigué
SAU : Surface Agricole Utile
SECADENORD : Société d'Exploitation des Canaux et Adductions des Eaux du Nord.
UCSEPI : Unité Centrale du Suivi et d'Evaluation des Périmètres Irrigués
UE : Union Européenne
ZLE : Zone de Libre Echange

Unités de conversion

1 DT= 5,5 FF, soit environ 1 $ US

CIHEAM
INSTITUT AGRONOMIQUE MEDITERRANEEN DE MONTPELLIER
Collection « Master of Science »

Numéros parus :

1. **Fernandez Canadas (Priscilla), 1987.-** ***Les importations de céréales pour l'alimentation animale en Espagne : l'impact de l'entrée dans la CEE.-*** **135 p.**
2. **Koutsou (Stavriani), 1988.-** ***Impact de l'émigration sur les systèmes agraires et le marché foncier (Etude comparative de deux villages de la Thrace du Nord-Est de la Grèce).-*** **102 p. + ann.**
3. **Bokias (Efthimios), 1988.-** ***Le marché des oléagineux en Grèce : enjeux et perspectives.-*** **89 p. + ann.**
4. **Brum (Argemiro Luis), 1988.-** ***L'évolution et les tendances du marché du soja. Le rôle de la CEE.-*** **189 p. + ann.**
5. **Deybe (Daniel), 1989.-** ***Politiques agricoles et érosion des sols en Argentine : une méthodologie pour leur analyse.-*** **95 p.**
6. **Vicien (Carmen), 1989.-** ***Les modèles de simulation comme outil pour la construction de fonctions de production : une application à la mesure de l'efficacité de la production agricole.- 133 p.***
7. ***Brunschwig (Gilles), 1990.- Systèmes d'élevage extensif d'altitude dans les Andes Centrales du Pérou.-*** **368 p. (200 FF)**
8. **Bravo (Gonzalo), 1990.-** ***Méthodes d'appréhension de la diversité d'exploitations agricoles (propositions pour un renouvellement de la démarche suivie à l'INTA, Argentine).-*** **96 p.**
9. **Dorado (Guillermo), 1990.-** ***Fonctionnement technico-économique et gestion de l'exploitation agricole dans une perspective de développement (propositions théoriques et méthodologiques pour la région pampéenne de l'Argentine).-*** **82 p. + ann.**
10. **Segre (Andrea), 1990.-** ***Dynamique de la consommation et du système agro-alimentaire italien.-*** **207 p.**
11. **Malorgio (Giulio), 1990.-** ***Etude comparée des résultats technico-économiques de la production spécialisée de viande bovine dans deux zones difficiles française et italienne.-*** **112 p.**
12. **Ait-Alhayane (Khadija), 1990.-** ***Les représentations du désert et de la désertification en Afrique du Nord.-*** **87 p.**
13. **Soulé (Bio Goura), 1992.-** ***Echanges frontaliers de produits agro-pastoraux et dynamisme du monde rural en pays Gourma (Burkina-Faso - Ghana - Togo).-*** **113 p.**
14. **Perucca (Clorinda), 1992.-** ***Diagnostic paysager des systèmes de production paysans de la province de Misiones-Argentine.-*** **133 p.**
15. **Farolfi (Stefano), 1992.-** ***Dynamique de la disponibilité et de la consommation alimentaire dans les pays de l'Europe de l'Est : le cas de la Pologne.-*** **170 p.**
16. **Ladjili (Khaled), 1992.-** ***Hydraulique paysanne - hydraulique étatique : économie de l'agriculture irriguée au Cap-Bon (Tunisie).-*** **252 p.**
17. **Blaskovic (Hana), 1992.-** ***Une analyse du système de production agricole socialisé dans la région continentale de la Croatie et les possibilités de réorganisation : tentative d'utilisation des modèles.-*** **130 p**
18. **Luzietoso (Nguala), 1992.-** ***Les enjeux du développement agricole au Zaïre : modernisation et transformation des sociétés lignagères dans la vallée de l'Inkisi.-*** **89 p.**
19. **Hacherouf (Adelmadjid), 1993.-** ***Evolution historique et comparative de la consommation alimentaire dans les pays du Maghreb Central. Algérie - Maroc - Tunisie.-*** **135 p.**
20. **Temri (Leïla), 1993.-** ***Analyse concurrentielle d'un secteur aquacole.-*** **92 p.**

21. Maronicolaki (Maria), 1993.- *Facteurs déterminants des performances des industries agro-alimentaires grecques en matière d'exportation.*- 131 p.

22. Arfa (Lamia), 1994.- *Les exportations agro-alimentaires tunisiennes vers le marché de la CEE: évolution, compétitivité et perspectives.*- 112 p.

23. Martinez Santamarta (Alvaro), 1994.- *Les innovations dans la filière huile d'olive en Espagne.*- 100 p.

24. Afouda (Alix), 1994 - *Politiques nationales et échanges frontaliers de produits agro-alimentaires entre le Nord Nigéria et le Nord Cameroun : exemple de l'espace Garoua-Gamboru* - 108 p.

25. Trimouille (Anne), 1994 - *Les couples produit/territoire et le management de la qualité : application aux entreprises du secteur fruits et légumes frais* - 99 p.

26. Amine Khodja (Abdelhafid), 1995 - *Déterminants de la dépendance en orge de l'élevage ovin steppique : le cas de la région de M'sila en Algérie* - 110 p.

27. Sampaio (Maria Lucia da Cunha), 1995 - *Le développement des filières traditionnelles et régionales de production agricole en zones méditerranéennes défavorisées : le cas de la filière des fromages régionaux de la Beira Baixa (Portugal)* - 101 p.

28. Preda (Stefano), 1995 - *Budgets agricoles et politiques socio-structurelles : évolution des dépenses en agriculture dans la région Emilie-Romagne et analyse comparée avec la Catalogne (1980-1992)* - 219 p.

29. Tlili (Mohamed), 1995 - *Essai de simulation d'impact des nouvelles mesures économiques (PASA 2) sur le secteur céréalier en Tunisie. Etude de cas : Behaya* - 108 p.

30. Bode (Ridvan), 1995 - *L'économie paysanne albanaise et la transition vers l'économie de marché (Réflexions sur la région de Dévolle)* - 95 p.

31. Antonelli (Annarita), 1995 - *Environnement et commerce international : enjeux de l'approche économique des procédés et méthodes de production* - 79 p.

32. Blanco Fonseca (Maria), 1996 - *Analyse des impacts socio-économiques et des effets sur l'environnement des politiques agricoles : modélisation de l'utilisation agricole des ressources en eau dans la région espagnole de Castille-León* - 132 p.

33. Chemingui (Mohamed Abdelbasset), 1996 - *Contribution à l'étude de l'avantage comparatif et de la position concurrentielle des agrumes tunisiens sur le marché communautaire : cas de l'orange maltaise* - 160 p.

34. Bengaraa (Abdelaziz), 1996 - *Organisation et dynamique industrielles des filières de production animale au Maroc* - 86 p.

35. Frenn (Georges), 1996 - *Le secteur des boissons au Liban : dynamique des marchés et analyse concurrentielle de l'industrie* - 80 p.

36. Bossuet (Luc), 1996 - *Transformation des territoires ruraux, d'une gestion corporatiste aux multi-usages : le cas de l'Aveyron* - 96 p.

37. Rodriguez Gomez (Fernando), 1997 - *Développement durable? Le problème de la dissociation entre plans de conservation et plans de développement. Le cas de la petite région de la Garrotxa (Catalogne)* - 121 p.

38. Mimouni (Monder), 1997 - *Utilisation de l'approche multicritère pour une analyse intégrée des problèmes économiques et environnementaux. Cas de l'UCPA Borj Hamdouna en Tunisie* - 85 p.

39. Louhichi (Kamel), 1997 - *Utilisation d'un modèle bio-économique pour analyser l'impact des politiques agri-environnementales : cas des techniques de conservation des eaux et du sol en Tunisie. Application à la ferme Sawaf* - 130 p.

40. Sousa Fragoso (Rui Manuel de), 1997 - *Evaluation des impacts socio-économiques du développement de l'irrigation : le cas de l'agriculture dans la région de l'Alentejo* - 85 p.

41. Harbi (Rabah), 1997 - *L'aviculture algérienne, dynamique de transformation et comportements des acteurs* - 125 p.

42. Frem (Michel), 1997 - *Analyse de la filière "fruits et légumes" et des formes de coordination entre producteurs et transformateurs industriels au Liban* - 142 p.

43. Haddad (Elie), 1997 - *Mutations structurelles et développement de la filière lait au Liban* - 116 p.

44. Jesus Oliveira Coelho (Afredo Manuel), 1998 - *Dynamique des marchés alimentaires et stratégies des firmes dans le secteur des boissons* - 212 p.

45. Gok (Aysegul), 1998 - *Le partenariat euro-méditerranéen : l'analyse de l'impact de l'union douanière sur l'industrie agro-alimentaire* - 115 p

46. Biba (Gjin), 1998 - *Transition de la collectivisation à la mini-exploitation paysanne en Albanie : analyse de la structure, du fonctionnement et des comportements des agriculteurs dans le district de Lezha* - 174 p.

47. Fuentes (M.Antonia),1998 - *Les effets de la réforme de la politique agricole commune (PAC) sur l'agriculture espagnole : analyse du cas de la Catalogne* – 209 p.

48. Baran (Gulumser), 1998 - *Stratégies des firmes multinationales dans l'industrie du tabac* - 128 p.

49. Hamdi (Salah), 1999 – *Usage agricole de l'eau et impacts des politiques de tarification : application au PPI de Kalaat Landlouss dans la Basse Vallée de la Medjerda.* 212 p.

50. Chemak (Fraj), 1999 – *Aide à la décision au niveau d'un périmètre irrigué : essai de mise en œuvre des concepts des modèles multi-agents* – 131 p.

51. Peyratout (Jean), 1999 – *Tourisme rural en montagne marocaine : les accompagnateurs en montagne* – 145 p.

RESUME

La recherche tente de déterminer les comportements des agriculteurs face à l'application de divers systèmes tarifaires et dans un double contexte de mauvaise et de bonne qualité de l'eau d'irrigation en terme de salinité. Pour cela, elle s'appuie sur l'analyse du cas du PPI de Kalaat Landlouss dans la Basse Vallée de la Medjerda, irrigué à partir des eaux du Nord. Cette recherche appelle aux apports de la théorie économique en matière d'allocation des ressources naturelles en général et de la tarification de l'eau en tant que bien économique particulier et intermédiaire dans le processus de la production agricole. La méthode pratique suivie dans la recherche comporte deux étapes essentielles : **(i)** dans un premier temps, une typologie issue d'une analyse statistique multidimensionnelle a permis d'identifier les différents systèmes de production entrepris par les agriculteurs. Les divers types d'exploitations du PPI sont ensuite modélisés à l'aide de la programmation mathématique ; **(ii)** dans un second temps, on a analysé les résultats des modèles de base qui intègrent la tarification proportionnelle et une qualité médiocre de l'eau d'irrigation. Les fonctions de demande en eau des divers types d'exploitations sont construites et analysées pour servir de préalable aux simulations tarifaires, préférentielle et binôme. Les résultats obtenus sont alors analysés et comparés aux objectifs qui lui ont été assignés au départ. Les variables-clé représentant l'allocation de l'eau d'irrigation sont la consommation d'eau en hiver, annuelle, le revenu des agriculteurs et les recettes du gestionnaire. D'une manière générale, la tarification préférentielle est sans effet par rapport à l'ancien système tarifaire (proportionnel), si on exclue l'augmentation des revenus suite à la baisse dans les coûts de l'eau d'irrigation des céréales et des fourrages. Le budget du gestionnaire supporte des dépenses supplémentaires, dus au tarif préférentiel accordé aux activités céréalières et fourragères. Dans le cas de la tarification binôme, ce système permet d'atteindre ses objectifs du côté des agriculteurs mais le gestionnaire voit ses recettes chuter. Ceci est dû en fait à la diminution du prix moyen de l'eau dans un contexte de tarification binôme. Les formules de tarification binôme testées dans le présent travail sont sous-dimensionnées pour le PPI de Kalaat Landlouss. Elles sont établies d'une manière uniforme pour tous les PPI relevant du CRDA de l'Ariana, et occultent par conséquent les spécificités techniques et économiques de chaque PPI. Il serait raisonnable de réviser le taux préférentiel réservé à l'irrigation des céréales et des fourrages à la baisse et de définir les niveaux de tarification binôme en tenant mieux compte des spécificités, des problèmes et des performances de chaque périmètre.

Mots clés

Tunisie, Basse Vallée de la Medjerda, eau d'irrigation, tarification, qualité de l'eau, salinité, système de production, analyse factorielle des correspondances multiples, typologie, programmation mathématique, modèles de comportement, demande en eau, simulation.

ABSTRACT

This research work attempts to determine farmers' behavior towards various tariff systems and in the double context of low and good quality irrigation water as regards salinity level. It is based on the PPI study case of Kalaat Landlouss in the Low Valley of the Medjerda irrigated by water coming from the North. It resorts to the economic theory of natural resources allocation in general and to tariffing water considered as a special and intermediate economic good within the process of agricultural production. The method used comprises two main stages: **(i)** a typology based on the multidimensional statistical analysis has allowed to identify the various production systems used by farmers. The various PPI farms are then modelized through mathematical programming ; **(ii)** the results of basic models integrating proportional tariffs and a mediocre quality of water irrigation. The water demand functions of the various farms are set up and analyzed previously to tariff simulations, preferential as well as binomial. The results obtained are then analyzed and compared to the initial objectives. The key variables representing the allowance for irrigation water are the following : the annual water consumption in winter, the farmers' income and the managers revenue. Generally, preferential tariffs rating is quite inefficient compared to the former tariffs system (proportional), if one excludes the increase of the incomes following the decrease in the costs of irrigation water for cereals and fodder. The manager's budget includes then some supplementary expenses, due to the preferential tariff from which cereals and fodder activities benefit. In the case of binomial rating, this system allows to reach his objectives as far as the farmers are concerned, but his benefits are reduced. This actually results to the reduction of the average water price in the binomial rating context. The formulas for binomial rating tested are under-sized for the PPI of Kalaat Landlouss. They are established according to a standard for all the CRDA-PPI of the Ariana region, and prevents from seeing the technical and economic specificities of each PPI. It is advisable to reconsider the preferential rate allowed for the irrigation of cereals and fodder in order to decrease it and to define the levels of binomial rating taking more into account the specificities, problems and performances of each different perimeter.

Keys words

Tunisia, Low Valley of the Medjerda, irrigation water, water pricing, water quality, salinity level, production system, multiple correspondence factorial analysis, typology, mathematical programming, behavior patterns, water demand, simulation.

ISBN : 2-85352-185-0

Prix 11, 43 € (75 FF)

ملخص

يحاول هذا البحث أن يتفهم سلوكيات المزارعين في مواجهة تطبيق مختلف النظم التعريفية و حسب النوعية الجيدة أو السيئة لمياه الري المستخدمة من حيث درجة الملوحة. و يعتمد البحث على تحليل حالة المنطقة المروية "قلعة الأندلس" في وادي القجر" و "التي تروي من مياه الشمال.

تستخدم هذه البحث النظرية الإقتصادية الخاصة بتوزيع الموارد الطبيعية بشكل عام و نهر الري بشكل خاص و سلعة و تنقسم المنهجية المستخدمة إلى مرحلتين:

1- المرحلة الأولى: هي مرحلة تنهيط مبنى على تحليل إحصائي متعدد الأبعاد لتحديد أنظمة الإنتاج المختلفة التي تطبق المزارعون. و قد تم عمل نماذج باستخدام البرمجة الرياضية لكل نوع من أنواع المزارع الموجودة في منطقة الدراسة.

2- وفي المرحلة الثانية : تم تحليل نتائج النماذج السابقة مع إدخال عامل التسعيرة النسبية مع نوعية أقل من الموتوسطة لمياه الري. ثم تم تكوين دالة الطلب على المياه لأنواع المزارع المختلفة و تحليلها إستخدام بعد ذلك التسعيرات التفاضلية و المزدوجة.

تم تحليل النتائج و مقارنتها بالأهداف الأولية. و المتغيرات الأساسية التي تمثل دخل و الإستهلاك السنوي لمياه الري هي: تكاليف المياه في الشتاء و تكاليف مياه الري و عوائد المزارعين و الإيرادات الإدارية.

التسعيرة السابقة هي نظام التسعيرة التفاضلية ليس لها تأثير في مخصص نظام التسعيرة الذي تم أن دجن تعاقب و النسبية. و ذلك إذا لم تأخذ في الإعتبار زيادة الدخول نتيجة لخفض تكلفة مياه الري الحبوب و الأعلاف. و تحتمل الميزانية الإدارية نفقات إضافية بسبب التسعيرة التفاضلية المطبقة على إنتاج الحبوب و الأعلاف و هذه تخفض. و في حين أن الإيرادات الإدارية تنخفض إذا نظام يسمح بتحقيق أهداف المزارعين في حالة التسعيرة المزدوجة. يرجع إلى إنخفاض السعر المتوسط للمياه في حالة التسعيرة المزدوجة.

قبات تم كتابة هذه البحث أقل من الحجم الحقيقي لمنطقة قلعة الأندلس. فقد تم إستخدام بيانات المعاد المتاحة للمنطقة بأكملها و هذه تعد أبعد ما يكون عن الدقة. و لذا فقد تم إستخدام بيانات المعاد هذه بشكل موحد لكل منطقة الري التابعة للمندوبية الجهوية للتنمية الفلاحية بأرياف. و من المتوقع أن تكون النتائج و الإستنتاجات الخاصة بالتسعيرة التفاضلية الخاصة بالمعاد المتاحة لكل منطقة على حدة. و تحديد المستويات المختلفة للتسعيرة المزدوجة مع الأخذ في الإعتبار إختلاف الحبوب و الأعلاف لري المنطقة. و مستوى الأداء لكل منطقة للمشاكل.

الكلمات المستخدمة:

تغيرات التحليل، نتائج النماذج، نظام الإنتاج، مياه الري، نوعية المياه، الملوحة، التسعيرة، مخطط التنمية الفلاحية، وادي القجر، مستوى الأداء، الطلب على المياه، النماذج الرياضية، أنماط السلوك، البرمجة الرياضية، التنهيط، المتعددة.

Numéros à commander au :

CIHEAM – IAMM
Bureau des Publications
3191, route de Mende
34093 Montpellier cedex 5 (France)

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

Prix : 11, 43 € (75 FF), sauf mention contraire

Le Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes

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

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

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

The International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies

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

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

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