



**Projet INCO-WADEMED**  
Actes du Séminaire  
Modernisation de l'Agriculture Irriguée  
Rabat, du 19 au 23 avril 2004



## Modernisation et Gestion de l'eau dans les périmètres irrigués algériens : Cas de la Mitidja Est Hamiz

C. Ait-Ameur

*INA ALGER*

E-mail : [aitameur\\_c@yahoo.fr](mailto:aitameur_c@yahoo.fr)

**Résumé** - En Algérie, les problèmes de gestion de l'eau prennent une importance exceptionnelle en agriculture, particulièrement dans le contexte climatique des dernières années marquées par un déficit chronique de pluviométrie. Les travaux, présentés lors des assises nationales de l'eau, posent, comme première condition à la réussite de la gestion de l'eau et des productions agricoles, une bonne adéquation entre la ressource et la demande en eau. Actuellement, l'objectif est de trouver une organisation efficace qui permettrait d'équilibrer les comptes des organismes gestionnaires, de diminuer les subventions allouées par la collectivité, et de faire payer les charges par les agriculteurs. L'Etat n'étant plus dans l'obligation de subventionner les offices de gestion de l'eau en cas d'années sèches, la révision de la tarification actuelle est urgente au risque d'une déperdition irréversible d'une surface irriguée importante. En outre, la modernisation des périmètres irrigués est devenue une réponse appropriée et vitale pour développer l'agriculture. Dans ce contexte, notre recherche s'est portée sur l'élaboration d'un modèle de programmation stochastique discret à l'échelle du périmètre Mitidja Est Hamiz pour analyser la sensibilité de la demande au prix de l'eau d'irrigation, de valider les intentions de l'agriculteur et d'adopter les nouveaux programmes de modernisation des périmètres irrigués. Ce modèle prend en considération les différents aléas climatiques et la disponibilité des ressources en eau et reflète le fonctionnement des exploitations du Hamiz littoral ayant développé l'arboriculture et actuellement l'irrigation au goutte-à-goutte. Les scénarios envisagés correspondent au programme d'aide lancé par le ministère de l'Agriculture, et les hypothèses des simulations diffèrent sur l'évolution du prix de l'eau et des prix du marché. D'après le modèle, l'agriculteur investirait dans l'irrigation au goutte-à-goutte lorsque le prix de l'eau augmente fortement. Cependant, les petites exploitations ne pourraient pas supporter une forte augmentation du prix de l'eau.

*Mots clés : gestion de l'eau, irrigation, modélisation, modernisation, modèle stochastique, tarification, Algérie, Mitidja.*

## 1 Introduction

Dans de nombreuses régions en Algérie la demande en eau dépasse désormais ou menace de dépasser les possibilités d'approvisionnement. Les stratégies classiques visant à accroître les disponibilités ne suffisent plus à garantir la satisfaction des besoins croissants et sont impuissantes

face à l'incertitude découlant de la variabilité et du changement climatique. Il faudra instaurer des mesures permanentes pour réduire la demande d'eau et mobiliser les ressources non conventionnelles par des politiques appropriées, des dispositions législatives, des incitations et des mesures techniques<sup>1</sup>.

Ce constat alarmant relatif aux problèmes de gestion de l'eau, notamment durant ces dernières années marquées par un déficit chronique en pluviométrie, affecte directement le secteur de l'agriculture. Lors des assises nationales de l'eau<sup>2</sup>, la première condition posée est la bonne adéquation entre la ressource et la demande en eau. Ce travail est élaboré à l'échelle de l'exploitation dans le périmètre Hamiz Mitidja Est, afin d'analyser le comportement des agriculteurs face aux risques. La construction d'un modèle stochastique discret a permis de prendre en considération les différents aléas liés aux ressources et au climat de la région.

## 2 Matériel et méthode

### 2.1 La région d'étude

Le Hamiz est l'un des plus anciens périmètres irrigués mis en place en Algérie en 1879 grâce à la construction d'un barrage en maçonnerie. La plaine littorale algéroise subit une très forte pression démographique, qui se traduit dans ces zones semi-rurales par le grignotage d'espaces agricoles par l'habitat, et par l'instabilité de la propriété foncière générée par les réformes agricoles mises en œuvre depuis la fin des années 1980<sup>3</sup>. Le réseau d'irrigation initialement conçu pour desservir des exploitations bien délimitées a été adapté à ce nouveau paysage pour satisfaire le maximum d'irrigants, et un programme de distribution relativement complexe a été établi.

### 2.2 Caractéristique de la zone d'irrigation

Le périmètre du Hamiz se situe à l'extrême-Est de la plaine de la Mitidja. Il s'étend principalement sur les *wilaya* de Boumerdes, de Blida et d'Alger. Il est divisé en deux parties, Mitidja Est et Mitidja Ouest. Notre travail s'intéresse uniquement au périmètre Mitidja Est.

#### 2.2.1 Ressource en eau

Les ressources en eau proviennent :

- du champ captant de Bouréah mis en œuvre dans les années 50, destiné à l'alimentation en eau potable et en eau d'irrigation. Il en est de même pour sa station de pompage et les bassins d'accumulation ;
- du marais de Réghaïa et de la station de pompage aménagée depuis les années 30 ;
- du barrage du Hamiz.

Le champ captant de Bouréah est exploité conjointement pour l'irrigation et pour l'alimentation en eau potable. Le marais de Réghaïa est une retenue créée par la construction d'une digue à l'embouchure de l'oued Réghaïa. A partir de ces deux ressources, l'eau d'irrigation est refoulée par les stations de pompage dans le bassin d'accumulation surélevé qui alimente ensuite le réseau. La gestion du réseau d'irrigation est confiée à la direction de l'Unité Est, basée à Rouiba.

<sup>1</sup> Participation à la table ronde sur les effets des changements climatiques, eau et zones humides Athènes 2002.

<sup>2</sup> Assises Palais des nations 1993, Alger, Algérie

<sup>3</sup> Restructuration des ex domaines DAS en EAC, EAI et privés.

A l'échelle de l'exploitation, le réseau est divisé en neuf secteurs. Les irrigants sont inscrits auprès de l'OPIM et utilisent l'eau distribuée par les prises. La distribution de l'eau par le réseau est effectuée selon des doses officielles. A la prise, un débit moyen de 15 l/s est fourni pour un îlot de 20 hectares. Au niveau de la parcelle, l'eau est répartie entre les irrigants selon un tour d'eau.

### 2.2.2 Technique d'irrigation dans le Hamiz

L'irrigation est pratiquée par gravité. Les techniques d'arrosage utilisées sont généralement des méthodes d'irrigation de surface. Comme il s'agit essentiellement d'arboriculture et de maraîchage, la méthode la plus courante est l'irrigation par rigoles.

### 2.2.3 Le type d'exploitation modélisé

Notre modèle reflète le fonctionnement d'une exploitation type choisie à partir de la base de données réalisée par l'office des périmètres irrigués Hamiz et à partir des enquêtes auprès des communautés d'irrigants. Seules les exploitations du Hamiz littoral ont été prises en compte. Ce choix à été effectué en fonction de la dotation annuelle du périmètre.

Ces dernières années, le développement de l'irrigation a concerné surtout le Hamiz littoral, région assurée d'une ressource plus ou moins régulière par rapport au Hamiz plaine. Le type d'exploitation retenu est celui qui a adopté le programme du FNRDA, programme mis en place dans le cadre du programme d'aide à l'investissement PNDA. Le programme d'action mené dans la région concerne le développement de l'arboriculture. L'eau est fournie principalement par le marais de Bouréah, le barrage Hamiz et le lac de Réghaia.

Les stratégies envisagées actuellement par les agriculteurs sont orientées par la mise en place du programme du PNDA, programme d'aide à l'investissement pour des techniques plus économes. D'ailleurs, on constate un développement important de l'irrigation au goutte-à-goutte. Le développement des cultures irriguées maraîchères est lui lié attribué aux cultures industrielles qui bénéficient de plusieurs aides sous forme de contrat de production.

La nature du soutien est définie par l'administration centrale selon les programmes d'initiative locale ou régionale. L'agriculteur pratique l'arboriculture fruitière sur une surface très restreinte 20 % de son exploitation, le reste est cultivé soit par des techniques en sec (blé semence) ou en irriguée (tomate industrielle ou pomme de terre de semence)

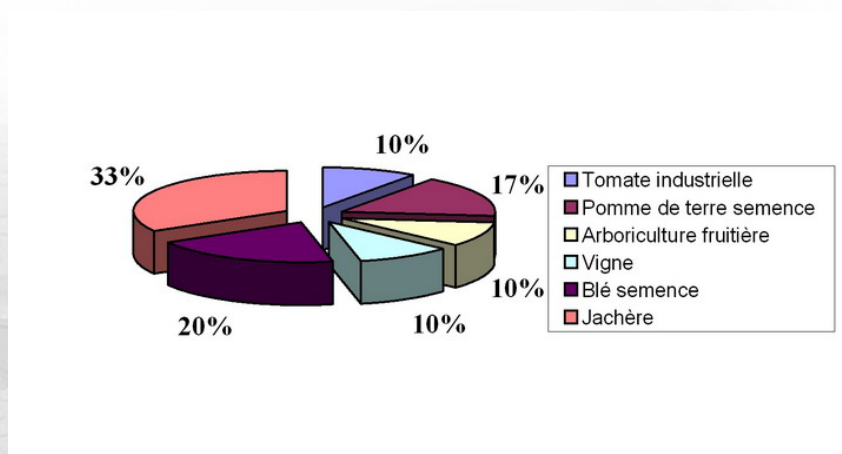


FIG. 1 – Assolement d'une exploitation-type).

### 2.2.4 Le cadre analytique

Un modèle mathématique a été élaboré afin de refléter l'environnement du périmètre irrigué. L'analyse de l'environnement économique, hydraulique et climatique des exploitations pratiquant l'irrigation conduit à faire l'hypothèse que les principales sources d'incertitude pour ces exploitations sont la disponibilité en eau d'irrigation et le climat.

La programmation stochastique discrète DSP (A. Rae, 1971)<sup>4</sup> est très utilisée pour traiter les problèmes d'incertitude climatique et de prise de décisions séquentielle décrivant le comportement des agriculteurs. Cette manière de décrire le modèle permet de faire des ajustements au fur et à mesure des informations obtenues. Cette approche est fondée sur l'hypothèse suivante : si certaines décisions sont prises avec espérance de rendement et de prix, d'autres décisions sont prises après observation des conditions climatiques ou économiques particulières de l'année. Cela permet de rendre compte de la succession dans l'année des différentes décisions affectant la production.

La résolution des problèmes de programmation stochastique exige que le décideur puisse exprimer des préférences entre des résultats assortis de distribution de probabilité, ou entre des stratégies qui engendrent les distributions de probabilité.

## 3 Le modèle

Pour comprendre la structure générale du modèle de programmation stochastique discrète, considérons le modèle de programmation linéaire déterministe suivant :

$$\text{Max } C'X \quad \text{sous contrainte } AX \leq B \text{ et } X \geq 0$$

Où :

- $X = [x_j]$  est un vecteur de variable décisionnelle qui traduit le niveau de l'activité attribué à la culture j.
- $A = [a_{ij}]$  est une matrice de coefficient technique reflétant la technologie des preneurs de décision ou chaque élément  $a_{ij}$  est la quantité de ressources disponible i nécessaire pour produire une unité de culture j.
- $B = [b_i]$  est un vecteur qui représente les niveaux de contrainte, soit par les ressources, soit sur les niveaux d'activité, où  $b_i$  est la quantité de ressource i disponible pour le type d'exploitation.

La programmation stochastique discrète<sup>5</sup> fournit un cadre formel pour représenter de tels problèmes d'optimisation quand les éléments de C, de A et de B sont aléatoires. Pour tenir compte de l'éventail des aléas possibles, on utilise des valeurs discrètes ou des états de la nature en fonction des périodes de décision. Les ressources en eau varient aléatoirement chaque année.

La contrainte d'équilibre entre besoins et ressource en eau comporte des coefficients aléatoires  $\bar{A}_i \cdot X \leq b_i$ . Dans le modèle, on écrit que la contrainte est réalisée, si la probabilité est supérieure à un certain seuil qui dépend de l'attitude de l'agriculteur par rapport au risque.

<sup>4</sup> Les travaux d'Allan Rae (1971) ont permis d'introduire la programmation stochastique discrète (DSP) dans la littérature d'économie agricole et son application aux problèmes de la gestion des exploitations

<sup>5</sup> Discret stochasting programming

### 3.1 Prise en compte de l'incertitude dans le modèle

L'unique source d'incertitude dans le périmètre du Hamiz est la disponibilité en eau pour chaque campagne d'irrigation en raison du climat. Les états de la nature sont spécifiés comme différents niveaux de dotation brute d'eau auxquels on attribue une probabilité d'occurrence.

Chaque état de la nature dans une période déterminée est indépendant de l'état dans les périodes antérieures. A chaque état de la nature est associé l'aléa climatique qui détermine la technique d'irrigation envisagée par l'agriculteur. Ce dispositif est introduit dans le modèle sous forme d'une probabilité combinée entre l'aléa sur la dotation en eau et le climat qui détermineront le choix final de l'utilisateur.

### 3.2 Les états de la nature

#### 3.2.1 Dotation en eau dans le périmètre

Nous avons considéré comme référence la série historique de dotation relevée auprès de l'OPIM. Celle-ci dépend de la capacité de production en eau des infrastructures existantes dans la zone<sup>6</sup> et du volume réellement accordé par le barrage du Hamiz

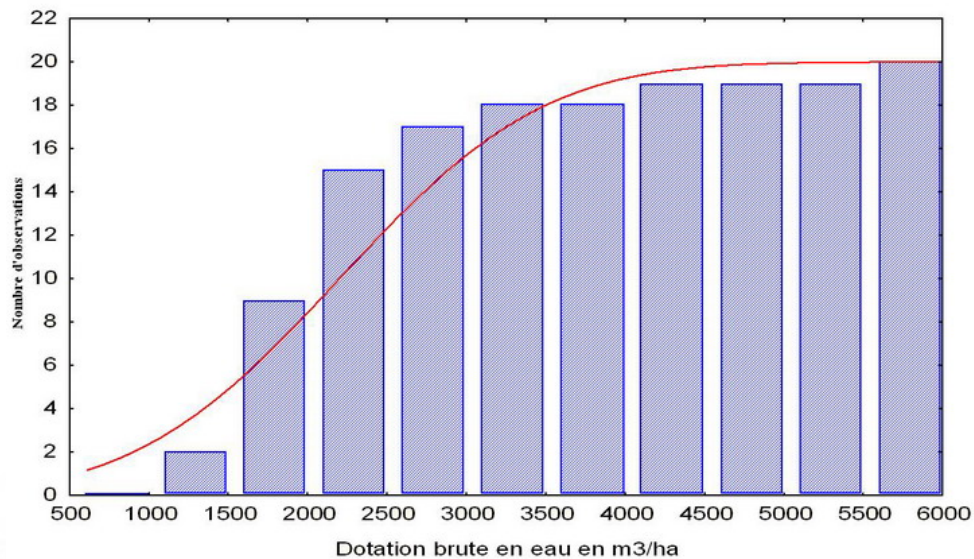


FIG. 2 – Distribution normale de la dotation en eau du périmètre du Hamiz, Mitidja Est.

La distribution continue des dotations a été déterminée en fonction des volumes attribués par l'office des périmètres irrigués du Hamiz pour chaque campagne d'irrigation (voir annexes)

Pour incorporer ces distributions de probabilité dans le modèle de programmation stochastique discrète, il est nécessaire de passer à un nombre discret d'états de la nature (situation de dotation brute d'eau). Pour cela on a utilisé la méthode de ce qui est moyenne des intervalles, qui permet de passer des distributions continues à des distributions discrètes. De cette manière, en fonction des observations des usagers, ont été identifiées quatre situations possibles de dotation brute d'eau (dotation très mauvaise, mauvaise, normale, bonne), auxquelles sont associées les différentes probabilités déterminées à partir des intervalles de distribution continue :  $P1=0,24$ ,

<sup>6</sup> La capacité de production en eau brute dépend des équipements en station de pompage qui ne produisent actuellement que la moitié de leurs capacités et des forages de Bouréah et du barrage Hamiz.

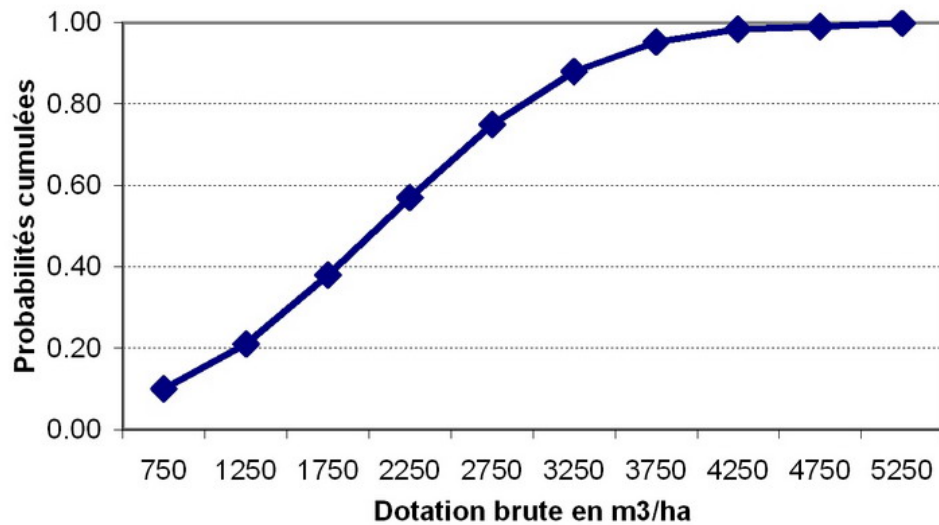


FIG. 3 – Distribution cumulée de la dotation en eau d'irrigation du périmètre du Hamiz, Mitidja Est.

mauvaise P2= 0,41, normale P3=0,28, bonne P4=0,06, très bonne P5=0,01. L'analyse statistique montre que pour des dotations en eau respectivement égales à 4750 et 5250 m<sup>3</sup>/ha les probabilités d'apparition sont très faibles

### 3.2.2 Le climat

En Algérie, en raison du déficit de pluie pendant tout l'été, l'année pluviométrique est considérée à partir du mois de septembre, afin d'englober toutes les précipitations au cours d'un cycle de végétation. Dans la plaine, les précipitations moyennes<sup>7</sup> sont de 650 mm pour la période de 1913 à 1963.

Au cours de la dernière décennie (1990-2000), le régime des précipitations a fortement diminué en raison des changements climatiques observés dans le bassin méditerranéen, les irrégularités de distribution des pluies sont fréquentes dans la région et la pluviométrie moyenne ne dépasse pas 500 mm/an. Bien que la série des précipitations annuelles soit très limitée dans les observations, nous avons établi une distribution de probabilité dans la zone qui correspond à une certaine réalité du climat de la région.

A partir de la série observée à la station climatique Hamiz Mitidja Est ont été identifiés trois états climatiques (sec, normal, bon) auxquels sont associées les probabilités. Ainsi, les probabilités introduites dans le modèle, et pour lesquelles ont été définis les rendements, sont déterminées à partir des distributions discrètes de probabilité pour trois intervalles de précipitation choisis en fonction des hypothèses de la situation climatique dans la zone d'étude<sup>8</sup>.

En considérant l'incertitude sur la dotation brute disponible par an avec les effets combinés de l'aspect climatique, l'introduction du risque dans le modèle permet de mieux approcher la réalité. Ainsi, pour chaque état de la nature, "dotation en eau S", trois scénarios climatiques W1, W2, W3, sont possibles, l'utilisateur peut donc faire des ajustements en fonction de sa connaissance de la disponibilité en eau et du climat de l'année.

<sup>7</sup> Etabli d'après la carte de Chaumont. Etude ENERGOPROJECT 1978.

<sup>8</sup> W1,W2,W3, sont les probabilités d'apparition introduites dans le modèle

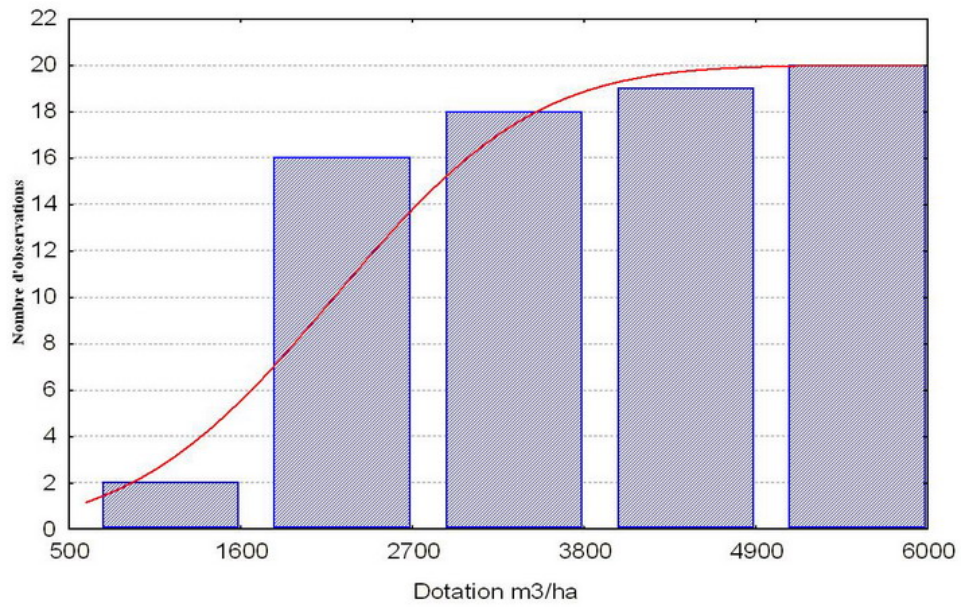


FIG. 4 – Etat de la nature : distribution de la dotation en eau).

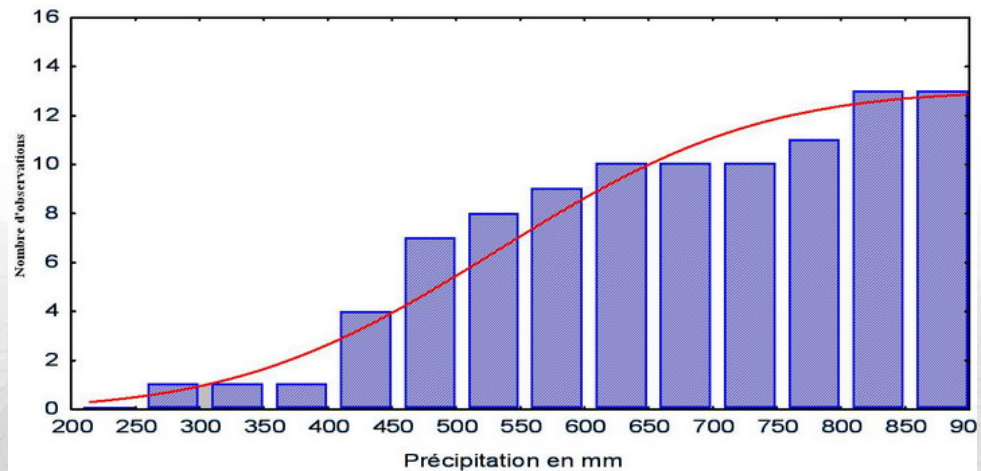


FIG. 5 – Distribution des précipitations dans le périmètre du Hamiz, Mitidja Est.

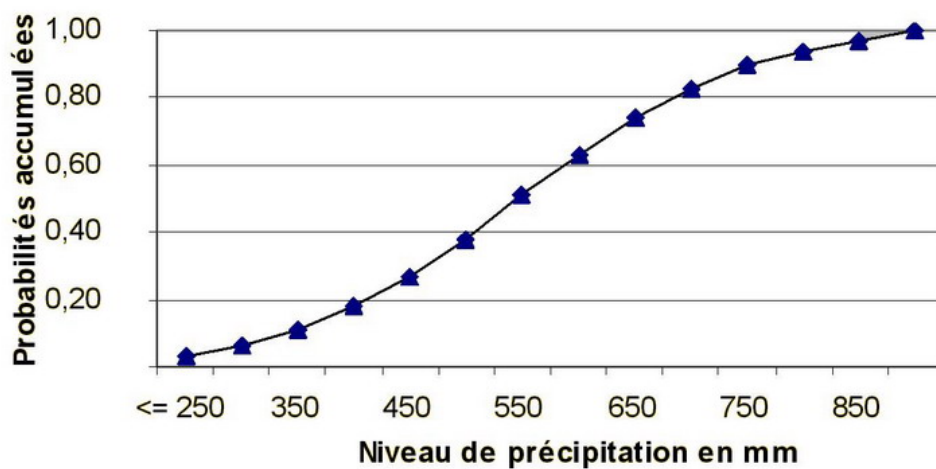


FIG. 6 – Distribution cumulée des probabilités climatiques dans le périmètre du Hamiz, Mitidja Est.

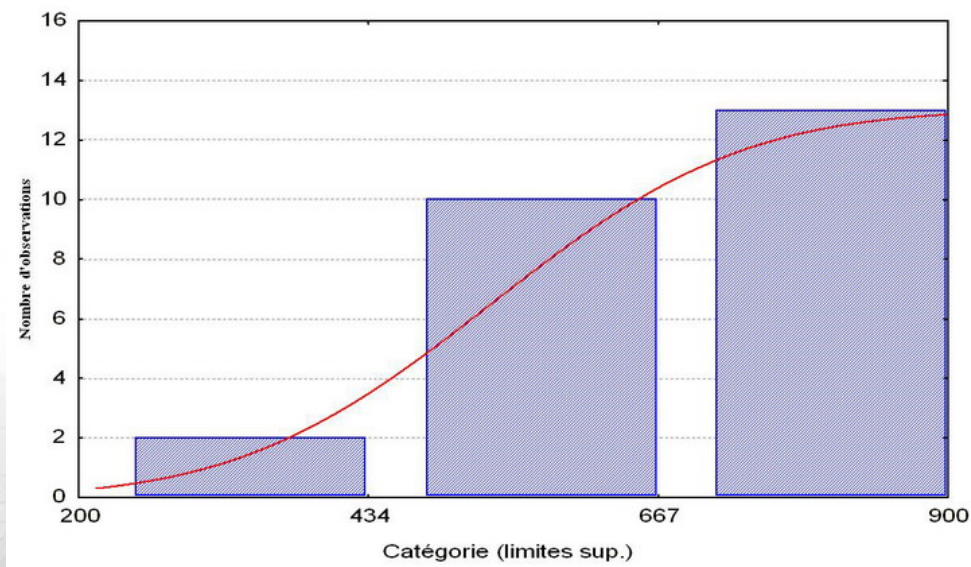


FIG. 7 – Etats climatiques : probabilités des niveaux de précipitation : 200 - 400 mm correspond à une année catastrophique  $W_1=0,24$ ; 400 - 600 mm correspond à une année de précipitation moyenne  $W_2=0,53$ ; supérieure à 600 mm correspond à une bonne  $W_3=0,23$ .

### 3.2.3 Les périodes de décision

En première période, l'agriculteur prend des décisions d'investissement en infrastructure d'irrigation, d'investissement technologique d'irrigation dans l'exploitation et décide de l'attribution de la superficie aux différentes cultures avant de disposer de l'information certaine sur la disponibilité en eau. Dans la seconde période, une fois la disponibilité en eau connue et en fonction du climat de l'année, l'agriculteur pourra faire certains ajustements (choix de technique de production, changement d'assolement...).

### 3.3 Structure du modèle

La fonction objectif<sup>9</sup> consiste à maximiser l'espérance de la marge définie comme la somme pondérée par les probabilités d'occurrence des différents états climatiques, des marges de chaque activité par état climatique. L'activité est définie comme la combinaison d'une culture, d'un mode d'irrigation et d'une technique de production. Le modèle peut être présenté de la manière suivante :

$$Max E(Z) = \sum_s P_s \sum_w P_w Z_{sw}$$

- $P_s$  : est la probabilité de l'état de la nature  $s$  de la dotation brute en eau
- $P_w$  : est la probabilité de l'état climatique  $w$ .
- $Z_{sw}$  : est la marge totale espérée de l'exploitation produite dans l'état de la nature  $s$  pendant l'année climatique  $w$  :

$$Z_{sw} = \sum_j \sum_i \sum_t c_{jitw} X_{3jitsw} - C_{Qsw} - C_{Ksw} - \sum_i C_i S_e$$

- $c_{jitw}$  : est la marge unitaire de chaque activité  $j$  utilisant une technique d'irrigation  $i$  et une technique de production  $t$  réalisée pendant l'année climatique  $w$ .
- $X_{3jitsw}$  : superficie assignée à l'activité  $j$  utilisant une technique d'irrigation  $i$  et une technique de production  $t$  réalisée dans l'état de la nature  $s$  pendant l'année climatique  $w$ .
- $C_{Qsw}$  : coûts de la quantité d'eau d'irrigation,  $Q$ , produite dans l'état de la nature pendant l'année climatique  $w$ .

Le coût de la quantité d'eau d'irrigation se compose d'une partie variable, en fonction du volume d'eau  $Q_{sw}$  consommé  $c_Q$  et d'une partie fixe  $c_x$  déterminée en fonction de la superficie irriguée  $S_i$  qui concerne la couverture des charges d'exploitation de l'office du périmètre irrigué. Cette contrainte est introduite dans le modèle de la manière suivante :

$$C_{Qsw} = c_Q Q_{sw} + c_x S_i$$

- $C_{Ksw}$  : Coût d'utilisation de la main d'œuvre,  $K$ , dans l'état de la nature  $s$  et pendant l'année climatique  $w$ .
- $C_i$  : Coût d'utilisation de l'équipement d'irrigation pour une superficie équipée  $S_e$ .

Sous les contraintes suivantes :

La terre :

$$\sum_j \sum_i \sum_t X_{3jitsw} \leq S$$

<sup>9</sup> Nous avons utilisé General Algebraic modeling system GAMS pour l'écriture du modèle

L'équipement d'irrigation :

$$\sum_j \sum_t X3_{jitsw} - S_e \leq 0$$

Contraintes de transfert ou de liaison

$$X1_{ji} \leq X3_{jitsw}$$

$$X2_{jis} \leq X3_{jitsw}$$

Contrainte d'irrigation<sup>10</sup> pour chaque état de la nature  $s$  et chaque état climatique  $w$  :

$$\sum_j \sum_i \sum_t q_{jit} X3_{jitsw} = Q_{sw} \quad Q_{sw} \leq D_s * E$$

tel que :  $X1_{ji} \geq 0$ ;  $X2_{jits} \geq 0$ ;  $X3_{jitsw} \geq 0$ ;

avec :

- $S$  : superficie totale de l'exploitation
- $S_e$  : superficie totale équipée en infrastructure d'irrigation
- $X1_{ji}$  : vecteur d'activité (culture, dose d'irrigation) choisies en période (1).
- $X2_{jits}$  : vecteur d'activité (culture, dose d'irrigation, technique de production) choisies en période (2).
- $X3_{jitsw}$  : vecteur d'activité qui définit la connaissance du climat pour les deux périodes.
- $q_{jit}$  : nécessité de la dose attribuée à chaque activité  $j$  utilisant une technique d'irrigation et un mode de production  $t$ .
- $Q_{sw}$  : quantité d'eau en  $m^3/ha$  utilisée par les différentes activités pour chaque état de la nature et pour chaque état climatique
- $D_s$  : Dotation brute de l'eau d'irrigation par état de la nature en  $m^3$
- $E$  : Coefficient d'efficience de distribution de l'eau d'irrigation.

### 3.4 Calibrage du modèle

Les données pour la construction du modèle ont été identifiées à partir des enquêtes conduites dans le périmètre irrigué. Le calage du modèle a été effectué à partir des données exhaustives de l'office du Hamiz et des offices dépendant du ministère de l'agriculture, l'Institut technique des cultures maraîchères (ITCM); l'Institut techniques des grandes cultures (ITGC), et OPIM de la Mitidja, l'Institut technique arboricole et fruitier, (ITAF).

## 4 Analyse des résultats du modèle de programmation

### 4.1 Scénario envisagé

Les scénarios envisagés correspondent au programme d'aide aux agriculteurs lancé par le ministère de l'agriculture (programme national du développement agricole, PNDA), intitulé " Sub-

<sup>10</sup>Dans notre modèle nous avons pris une efficience technique de distribution ( $E$ ) égale à 70% pour le système gravitaire.

vention d'aide à l'investissement". Les simulations se distinguent par les hypothèses sur l'évolution du prix de l'eau et des prix du marché.

## 4.2 Variabilité de la dotation en eau et du climat

Dans la région du Hamiz, le climat agit directement sur le choix des techniques de production. Une fois l'assolement établi par l'agriculteur, les dotations en eau apportées réellement dépendent des volumes ou des dotations disponibles. Les années à dotation faible pour couvrir les besoins des cultures, les doses apportées seront plus faibles que celles préconisées et les rendements réels seront inférieurs aux rendements attendus. A l'inverse les années où la disponibilité de l'eau est importante, l'utilisateur peut augmenter les doses d'eau nécessaire aux cultures et opter pour des techniques de production plus intensive pour obtenir les rendements espérés dans l'exploitation. Le modèle détermine directement la superficie irriguée et la consommation en eau pour chaque état climatique.

## 4.3 Variabilité de la superficie irriguée en fonction de la dotation consommée et de l'année climatique

TAB. 1 – Variation de la surface irriguée en fonction de la dotation en eau consommée et de l'année climatique.

Etat de la nature	Dotation en eau consommée $W$ ( $m^3/ha$ )	Surface cultivée irriguée (ha)	Surface cultivée en sec (ha)
S1	735	7,9	22,1
S2	1505	10,5	19,5
S3	2275	11,2	18,8
S4	2975	19,9	10,1
S5	3405	22,5	7,5

Le volume consommé est pratiquement le même pour les trois années climatiques, le changement observé est déterminé par les différentes techniques d'irrigation utilisées pendant chaque état de la nature. Cet aspect dans le modèle de programmation stochastique discrète est représenté pour l'exemple des cultures industrielles pratiquées dans le périmètre du Hamiz (tableau 2).

TAB. 2 – Changement de technique de production pour la tomate industrielle en fonction des états de la nature et des années climatiques (application du Modèle de programmation stochastique discrète).

Etats de la nature	S1			S2			S3			S4			S5		
	W1	W2	W3	W1	W2	W3	W1	W2	W3	W1	W2	W3	W1	W2	W3
Tomate industrielle T2	0,4	0,4	0,4	2,6	2,6										
Tomate industrielle T3				3	0,4	0,4	3	3	3	3	3	3	3	3	3

#### 4.4 Analyse du comportement des irrigants : sensibilité de la demande en eau par rapport au prix

##### 4.4.1 Structure du coût de l'eau

La tarification de l'eau en Algérie est fixée par voie réglementaire selon le code des eaux, Ainsi, les redevances d'eau dues par l'utilisateur au titre de la fourniture sont calculées suivant une formule binômiale, sur la base du débit maximal souscrit et du volume effectivement consommé. Depuis le 10 octobre 1988, le tarif de l'eau a été revalorisé par des arrêtés interministériels. Le tarif de l'eau passe de 0,35 DA/m<sup>3</sup> en 1988 à 1,20 en 1998 et la redevance au titre de débit souscrit varie de 250 à 400 DA. Une redevance fixe sert au recouvrement des frais d'exploitation de l'office, elle est restée pratiquement inchangée depuis 1994, égale à 400 Da.

Dans le modèle de programmation, sont pris en compte les coûts d'investissement en matériel d'irrigation (équipement en irrigation localisée), les frais d'entretien du matériel d'arrosage, la redevance fixe proportionnelle à la surface irriguée et la redevance volumétrique (tableau 3).

TAB. 3 – Evolution des tarifs appliqués dans les grands périmètres irrigués.

Redevances (année)	1985	1989	1995
Volume max. souscrit (Da/m <sup>3</sup> )	0,12 à 0,17	0,35	1,00 à 1,20
Volume réel. Consommé (Da/ha)	130 à 200	150 à 300	250 à 400

Dans le modèle nous avons respecté la structure du coût de l'eau, telle qu'elle est payée par les agriculteurs. Les résultats obtenus par le modèle correspondent à différents niveaux d'usage de l'eau dans le périmètre pour chacun des cinq états de nature définis.

Pour faciliter l'analyse, dans un premier temps, la valeur moyenne d'usage de l'eau correspondant à chaque niveau de prix a été utilisée. La figure ?? présente une courbe de demande en eau très stable face à une augmentation du prix de l'eau. Cette rigidité est due en réalité à la faible part du coût de l'eau par rapport aux marges brutes des activités pratiquées dans les systèmes irrigués du périmètre et du niveau très faible de la dotation en eau d'irrigation observé dans le niveau intermédiaire ou moyen

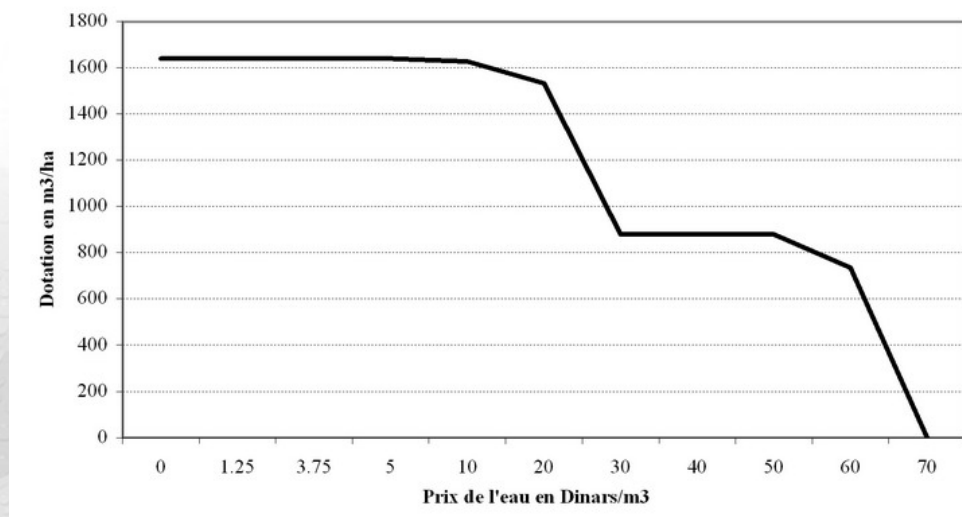


FIG. 8 – Demande en eau brute : niveau moyen du périmètre du Hamiz.

La dotation accordée reste inférieure aux besoins en eaux des cultures pratiquées dans le périmètre du Hamiz (figure ??). Le prix de l'eau fixé à différents paliers de la courbe représente les différentes stratégies adoptées par les usagers de l'eau face à une augmentation élevée du prix. Au-delà d'un prix supérieur à  $19 \text{ Da}/\text{m}^3$  ou presque égal au coût marginal, l'agriculteur peut envisager plusieurs stratégies en apportant des changements dans les techniques de cultures, d'irrigation, en investissant dans des techniques plus économes, ou en optant pour des cultures en sec. Ceci montre que les prix sont très faibles pour les inciter à investir en technique économe et leur préférence reste pour le mode gravitaire qui reste le plus maîtrisable par les usagers

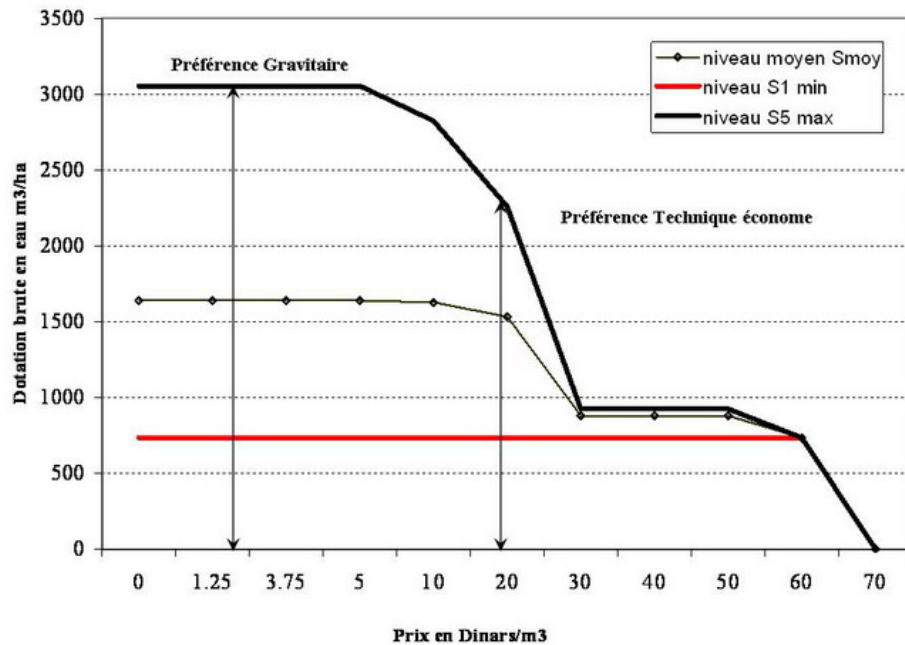


FIG. 9 – Demande en eau brute en fonction du prix et du niveau “ minimum, moyen, maximum ”.

La fonction de demande en eau pour les états de la nature  $S_{moy}$  et  $S5$  devient sensible au prix de l'eau pour des prix très élevés, qui ne sont pas envisageables car ils entraîneraient une diminution des revenus des agriculteurs. Dans le modèle, cette sensibilité est représentée par des changements des techniques d'irrigation et des techniques de production pour un prix supérieur au coût marginal. Le cas extrême  $S1$  reste insensible au prix en raison de la faible dotation d'eau attribuée aux différentes activités (moins de  $1000 \text{ m}^3/\text{ha}$ ). A ce stade, l'agriculteur n'ayant pas le choix réserve la dotation en eau pour l'arboriculture et la vigne.

#### 4.5 Impact sur les revenus des agriculteurs

Une faible variation du prix de l'eau provoque des écarts de revenu relativement considérables entre les états de la nature liés à la part des subventions accordées aux cultures industrielles (culture sous contrat de production)<sup>11</sup>. Une faible augmentation du prix de l'eau ( $1,25$  à  $5 \text{ Da}/\text{m}^3$ ) provoquerait une baisse insignifiante du revenu de l'agriculteur (figure ??). Dans l'attente de la mise en place d'une politique tarifaire, une augmentation palliative du prix de l'eau à  $2,5 \text{ Da}/\text{m}^3$ , selon les objectifs actuels, peut être envisageable pour les exploitations tournées vers

<sup>11</sup> Dans ce scénario on a considéré seulement les cultures sous contrat de production qui sont la tomate et la pomme de terre industrielle.

la production industrielle (11 % de la SAU<sup>12</sup>), mais la réalité est très différente pour les petites exploitations qui constituent 53 % de la SAU et dont le système de production repose sur des cultures maraîchères, très consommatrices en eau (tomate industrielle, pomme de terre...).

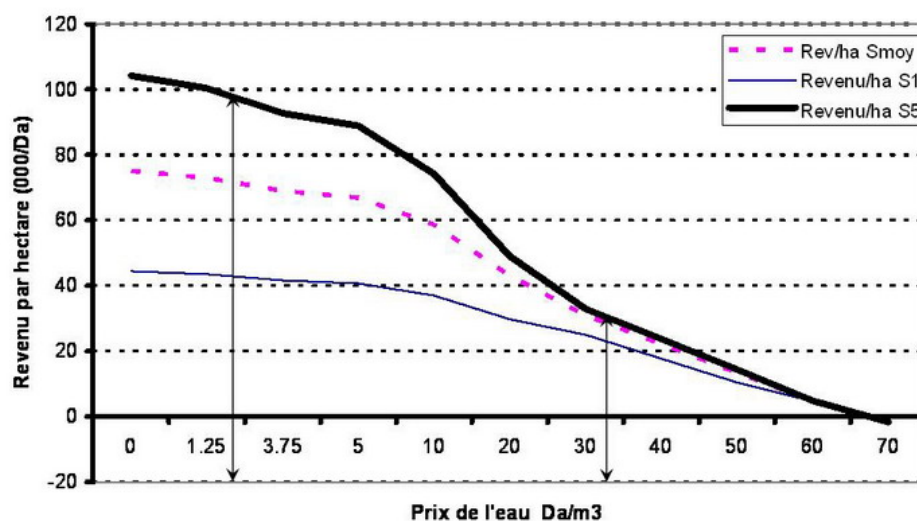


FIG. 10 – Evolution du revenu par hectare en fonction du prix de l'eau ans le Hamiz littoral.

Pour un volume moyen consommé et un prix de référence pratiqué actuellement, la part de l'eau par rapport au revenu net est pratiquement négligeable, elle ne représente que 5,28 % du revenu net de l'agriculteur (Tableau 4).

TAB. 4 – Part du prix de l'eau dans le revenu net.

Volume moyen consommé (m <sup>3</sup> )	Coût de l'eau (Da)	Revenu net (millions Da)	% Coût/Revenu
84 428	105 535	2,0	5,2 %

#### 4.6 Politique de subvention et de modernisation de l'agriculture irriguée

Le programme d'aide à l'investissement mené dès la fin de la décennie 90 a permis aux agriculteurs de moderniser et d'améliorer leurs techniques de production. Pratiquement une subvention presque totale soit 75 % du montant de l'investissement est accordée pour équiper en infrastructures modernes la totalité de l'exploitation. Le soutien à la production est accordé suivant la destination des zones de production (Tableau 5).

TAB. 5 – Application du modèle : évolution du revenu moyen en fonction des subventions.

	Rev. moyen Millions de Da	Rev. min Millions de Da	Rev. max Millions de Da
Avec Subvention	3,7	2,9	4,5
Sans Subvention	2,0	1.4	2,5

<sup>12</sup> SAU : Surface agricole utile Hamiz littorale

Les résultats du modèle montrent une augmentation considérable du revenu moyen de l'agriculteur réalisé par le biais du programme de subvention PNDA. Dans la réalité, cette situation n'est pas très observée car les exploitants sont confrontés à diverses entraves qui freinent le développement de l'agriculture, dont la plus contraignante est liée au foncier

## 5 Conclusion

Pratiquement, en Algérie, l'eau à usage agricole est un " don gratuit du ciel ". Le tarif appliqué dans le périmètre à 1,25 Da le m<sup>3</sup> (soit 0,01 euros) ne permet pas de mettre en œuvre une politique efficace. Les résultats du modèle montrent que l'on peut multiplier plus de 10 fois ce prix sans qu'il y ait d'incidence sur la demande ou sur le revenu des agriculteurs. La redevance fixe de 400 Da/ha, qui doit correspondre en principe au frais d'exploitation du périmètre n'a pas évolué depuis plus d'une décennie alors que les prix d'équipement ont connus une augmentation considérable. Pour l'exercice 2002, l'office du périmètre irrigué a estimé cette redevance à 800 Da nécessaire à la couverture des frais d'exploitation.

Cette analyse montre aussi que les redevances d'eau sont normalement bien en dessous du niveau nécessaire pour récupérer les coûts financiers et encore plus pour relever les coûts marginaux et les effets externes, dans la mesure où elles sont fixées à des niveaux qui n'indiquent en rien la véritable importance ou valeur de l'eau. Les redevances de l'eau sont à l'heure actuelle en moyenne de 1,25 Da/m<sup>3</sup>, alors que le coût marginal moyen de l'eau établie d'après la Banque mondiale<sup>13</sup> est de plus de 19 Da/m<sup>3</sup>.

Les simulations pour un prix égal au coût marginal 19 Da, indiquent que l'agriculteur commence à investir en technique plus économe en goutte à goutte, alors que pour un prix plus faible, il préfère garder le mode gravitaire. Cette logique conduit pratiquement à une augmentation effective des tarifs appliqués actuellement dans le périmètre, mais les intentions des agriculteurs varient selon la taille des exploitations enquêtées.

De la taille des exploitations dépend la possibilité d'une majoration effective du prix de l'eau : alors qu'une grande exploitation en serait peu affectée, en raison de l'importance de son revenu, les petites exploitations comme celle du Hamiz, dont la surface est en général inférieure à 5 ha de culture maraîchère, soit 53 % du secteur ne pourraient le supporter.

## 6 Recommandations

Pour rendre plus performant l'outil d'analyse, il aurait été souhaitable d'introduire la qualité des sols des parcelles irriguées, qui influe sur le mode d'irrigation. Faute de temps et de moyens nous avons estimé seulement la demande et analysé les tests de sensibilité des fonctions de demande en eau.

## Références

- [1] Ait-Ameur C., 1996. Elaboration d'un modèle multipériodique pour analyser l'irrigation et la diversification de la plaine Biterroise. Thèse IAM, Montpellier, France.
- [2] Apland J., Hauer G., 1993. Discrete stochastic programming : Concepts, examples and a review of empirical applications. University of Minnesota, St Paul, Etats-Unis. p. 93.

- [3] Blanco M., 1999. La economía del agua : analisis de politicas de modernisation y mejora de riego en Espana. Tesis doctoral, université politecnica de Madrid, Madrid, Espagne.
- [4] Boussard J.M., Daudin J.J., 1988. La programmation linéaire dans les modèles de production. Ed. Masson Paris, France.
- [5] Bouzit A.M., Rieu T., Rio P., 1995. Modélisation du comportement des exploitants agricoles tenant compte du risque : application du Motad généralisé. Cemagref Editions, Antony, France. pp 75-79.
- [6] Charnes A., Cooper W.W., 1959. Chance constrained programming. Management Science, 6 pp. 73-79.
- [7] Cocks K. D., 1968. Discret stochastic programming. University of California Davis. Management science, 25 :72-79.
- [8] Dinar A., M. W. Rosegrant, R. Meinzen-Dick, 2002. Water allocation mechanisms, principles and exemples. Banque mondiale, Agriculture and natural resources department IFRI, Washington, Etats-Unis.
- [9] Hardaker J.B., Lien G., 2003. Stochastic efficiency analysis with risk aversion bounds : A simplified approach. University of new England. Working paper series Agricultural and resource economics March 2003.
- [10] Jacquet F., Pluvillage J., 1995. Un modèle de programmation stochastique discrète, appliqué aux exploitations céréales – élevage de la région de Sidi- Belabes Algérie.
- [11] Montginoul M., Rieu T., 1997. Approche économique pour concilier irrigation et environnement dans le bassin versant de la Charente. Water, Economics, management and demands. E&FN SPON.
- [12] Morardet S., Rieu T., Gleyses G., 2001. Instruments de regulation de la demande en eau des agriculteurs et politique agricole commune. *In* : actes du colloque PIREE " les instruments des politiques environnementales ", Sophia-Antipolis, 5-6 avril 2001, France .pp. 22.
- [13] Peter B. R., Hazell, Roger D. Norton., 1986. Mathematical programming for economic analysis in agriculture. 387 p.
- [14] Rae A., 1971. Stochastic programming utility and sequential decision problem in farm management n ° 53. p 443-460.

## Rapports

- [15] Schéma général de l'aménagement hydraulique de la Mitidja : Vol. III études climatiques et hydrologiques. AGROCOMPLECT ENERGOPROJET 1978.
- [16] Schéma général de l'aménagement hydraulique de la Mitidja : Vol. X.Irrigation. AGROCOMPLECT ENERGOPROJET 1978.
- [17] CNES : conseil national économique et sociale : l'Algérie , l'eau quel avenir ? rapport 2001.
- [18] Analyse économique et effet sur l'environnement 1997. Sir Mac Donald&Partners limited. Cambridge, Angleterre. Ws Atkins international limited.. Vol . 1 B
- [19] Nomenclature des actions soutenues par le FNRDA. Ministère de l'agriculture 2002.

## Annexes

TAB. 6 – Superficies cultivées et irriguées dans le périmètre du Hamiz Mitidja Est.

Année	Volume	Surface	Dotation
1983	22,25	12397	1795
1984	14,57	13346	1092
1985	13,62	12772	1066
1986	18,74	11015	1701
1987	20,1	10177	1975
1988	11,9	4674	2546
1989	11,88	6007	1978
1990	6,47	2920	2216
1991	10,94	3633	3011,28
1992	16,3	5522	2951,82
1993	11,68	5575	2094,69
1994	14,74	3526	4180,37
1995	6,89	3417	2016
1996	5,14	2433	2112,62
1997	5,88	1063	5531,51
1998	4,22	2317	1821,32
1999	7,95	3458	2299,02
2000	5	2514	1988,86
2001	4,01	2070	1937,2
2002	1,8	897	2006,7

TAB. 7 – Précipitations annuelles sur le périmètre du Hamiz. (Nord) Latitude 36°41, (E/W) longitude 3°13E, Altitude 25 mètres.

Année	Précipitations annuelles (mm)	nombre de jours supérieurs à 0, 1 mm
1990	446,5	98
1991	431,1	91
1992	759	92
1993	489,8	93
1994	450,8	70
1995	555	87
1996	808	112
1997	610	89
1998	545	90
1999	807	95
2000	280	61
2001	441	74
2002	488,5	76