

**Le coût d'usage du capital dans le cadre d'un modèle  
d'irrigation : analyse comparative entre les  
investissements dans des périmètres irrigués et dans des  
périmètres non irrigués**

Kamel Ghazouani

► **To cite this version:**

Kamel Ghazouani. Le coût d'usage du capital dans le cadre d'un modèle d'irrigation : analyse comparative entre les investissements dans des périmètres irrigués et dans des périmètres non irrigués. Mohamed Salah Bachtá. Les instruments économiques et la modernisation des périmètres irrigués, 2005, Kairouan, Tunisie. Cirad, 15 p., 2007. <cirad-00193595>

**HAL Id: cirad-00193595**

**<http://hal.cirad.fr/cirad-00193595>**

Submitted on 4 Dec 2007

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

-

## Le coût d'usage du capital dans le cadre d'un modèle d'irrigation : analyse comparative entre les investissements dans des périmètres irrigués et dans des périmètres non irrigués

Ghazouani Kamel

Institut Supérieur de Commerce et Comptabilité de Bizerte

B.P. 112 ElMenzah IX, 1013 Tunis, Tunisie

[K.Mel@esct.rnu.tn](mailto:K.Mel@esct.rnu.tn)

### Résumé

Nous cherchons dans cet article à estimer le coût d'usage du capital dans le secteur de l'agriculture en distinguant entre les investissements dans des projets irrigués et les investissements dans des périmètres non irrigués. Nous partons du fait que l'irrigation pratiquée dépend fortement des variations du climat et que les variations annuelles des précipitations en Tunisie ne sont pas très importantes alors qu'elles constituent le principal facteur qui conditionne l'évaluation de la consommation d'eau attribuable à l'irrigation. Nous essayerons d'étudier, bien que théoriquement, les déterminants de cette consommation d'eau. Cette dernière peut varier fortement d'une année à une autre sous l'influence de facteurs physiques, climatiques, économiques, sociaux et politiques. Les facteurs physiques comprennent la superficie irriguée, le type et la composition des cultures ainsi que les méthodes d'irrigation, l'intensité de celle-ci est son efficacité alors que les facteurs climatiques sont dominés par les précipitations et les évapotranspirations potentielle. Les facteurs économiques, sociaux et politiques intègrent les charges d'investissement et de fonctionnement engendrées par les services d'eau et d'assainissement tels que les régimes de subvention, les salaires et les charges du personnel et les services de sous-traitance (facturation, contrôle de qualité, frais de siège). La démarche que nous suivrons consiste à estimer et étudier l'évolution du coût d'usage du capital sous deux hypothèses extrêmes : la première intègre l'irrigation comme condition de réalisation du projet d'investissement et la deuxième la néglige catégoriquement. Pour estimer le coût d'usage du capital d'une activité faisant appel à l'irrigation, on s'est servi du sous-modèle d'utilisation de l'eau qui intègre des facteurs climatiques et physique. Outre ces facteurs, la structure du coût du capital fait appel à des indicateurs économiques, financier et fiscaux. Il s'ensuit que le coût d'usage du capital des investissements appliqués aux projets agricoles de catégorie B et C est variable et oscille entre 17 % et 8 % pour les investissements dans des périmètres irrigués et entre 13 % et 7 % pour ceux ne nécessitant pas l'eau d'irrigation. Le différentiel de coût est attribué à l'évolution disproportionnée des tarifs et des coûts appliqués au volume de l'eau destinée à l'irrigation.

**Mots clés :** irrigation, coût, capital, investissement, modèle.

## 1 Introduction

Le modèle d'irrigation que nous souhaitons développer a pour but d'estimer de façon réaliste d'une part les quantités d'eau dérivées pour l'irrigation et, d'autre part, l'écoulement restitué. Ces

estimations sont ensuite combinées avec d'autres variables pour obtenir le coût d'usage du capital d'un périmètre irrigué.

L'irrigation peut varier fortement d'une année à l'autre sous l'influence des facteurs climatiques, les précipitations et l'évapotranspiration potentielle des cultures. Les précipitations peuvent varier considérablement d'une année à l'autre et elles constituent donc le facteur qui revêt le plus d'importance pour évaluer la demande en eau pour l'irrigation. L'évapotranspiration potentielle, peut elle aussi connaître de fortes variations d'une année à l'autre. Les quantités d'eau utilisées pour l'irrigation varient également en fonction des propriétés des cultures et des sols, des systèmes d'irrigation et de leur efficacité ainsi que des facteurs économiques et sociaux.

## **2 Les paramètres du coût de l'eau utilisée à des fins d'irrigation**

L'utilisation de l'eau pour l'irrigation dépend de nombreux facteurs physiques, climatiques, économiques, sociaux ou politiques. Les facteurs physiques qui, s'ils sont modifiés, peuvent influencer sur l'utilisation de l'eau à des fins d'irrigation, l'intensité avec laquelle celle-ci a lieu et son efficacité. Certaines combinaisons de ces facteurs amènent peu de changement dans l'utilisation globale de l'eau, tout en augmentant substantiellement le rendement des cultures. Les facteurs climatiques sont dominés par les précipitations et l'évapotranspiration potentielle. L'élément coût a des répercussions sur le degré de changement des facteurs physiques. Les facteurs sociaux et politiques peuvent aussi dominer les autres.

Dans le modèle considéré, on prendra en compte seulement les facteurs physiques et climatiques.

### **2.1 La teneur en eau des sols**

L'agriculture est en général une activité saisonnière, et les sols sont cultivés de septembre à avril. Durant cette période, une bonne partie des précipitations pénètre directement dans le sol et humidifient la rhizosphère. En dehors de la saison de culture (de Septembre à Avril), seule une faible proportion des précipitations contribuent au maintien de la teneur en eau du sol.

Du point de vue de la quantité d'eau absorbée par les cultures, l'efficacité des précipitations correspond à la fraction qui pénètre dans le sol ou demeure à la surface, ce qui contribue à humidifier la rhizosphère ou à intensifier l'évapotranspiration des végétaux. Les précipitations ne sont pas efficaces si elles ruissellent sur le sol, ou si elles traversent la rhizosphère, atteignent la nappe souterraine et drainent en sous-sol.

L'efficacité des précipitations est conditionnée par les facteurs suivants :

- le degré d'humidité du sol,
- l'évapotranspiration potentielle,
- le type de précipitation (pluie ou neige),
- la durée la fréquence
- l'état du sol (gelé, avec une croûte en surface, travaillé, couvert de chaumes ou de végétation, etc.)
- les propriétés pédologiques liées à la texture du sol, qui ont des conséquences sur la capacité d'infiltration et la rétention d'humidité.

### **2.2 L'évapotranspiration**

L'évapotranspiration est la mesure de la consommation de l'eau par les cultures ; elle ne peut être supérieure à la somme des précipitations effectives et de la teneur en eau des sols. La teneur en eau du sol ajoutée à la hauteur et au débit des précipitations durant la saison représente la quantité d'eau naturellement disponible pour les cultures, ce paramètre permet de déterminer la quantité d'eau qu'il est souhaitable d'apporter par irrigation. Lorsque les besoins des cultures dépassent la quantité d'eau

disponible, les végétaux flétrissent et meurent s'il n'y a pas d'irrigation. Même si les plantes n'atteignent pas le point de flétrissement, le rendement potentiel ne sera pas atteint en deçà d'un seuil minimum de teneur en eau du sol.

L'évapotranspiration est quantifiable normalement par calcul plutôt que par des mesures, car les techniques de mesure sont généralement coûteuses et complexes et car ce paramètre dépend aussi de l'état du sol et des végétaux.

### **2.3 L'efficacité de l'irrigation**

L'efficacité de l'irrigation correspond à la proportion de la quantité totale d'eau d'irrigation qui sert effectivement à répondre aux besoins des cultures. De nombreux facteurs physiques déterminent l'efficacité de l'irrigation : les propriétés du sol, les méthodes d'irrigation, la conception et la préparation du champ, le niveau d'évaporation, le système d'irrigation. Ils sont quantifiables dans une certaine mesure. Les facteurs de l'exploitation, qui peuvent être à l'origine d'une inefficacité substantielle, sont moins faciles à quantifier. Une mauvaise gestion et une mauvaise planification de l'irrigation peuvent déboucher sur des gaspillages, par ruissellement ou par écoulement en bout de système.

L'efficacité de l'irrigation est un concept bâti sur le même principe que celui de l'efficacité des précipitations. Il désigne l'eau d'irrigation qui s'accumule sur le sol ou y pénètre et demeure à l'intérieur du sol ou dans les végétaux jusqu'à ce que l'évapotranspiration la dissipe. L'apport efficace d'eau d'irrigation représente la fraction efficace de la quantité totale d'eau d'irrigation amenée au champ ; la fraction non efficace est évacuée par drainage souterrain.

L'eau est amenée jusqu'au champ par dérivation depuis le cours d'eau puis par un système d'apport qui peut être composé de réservoirs, de canaux, d'aménagement hydraulique, de fossés et de conduite. Une certaine quantité d'eau est perdue durant son passage à travers ce système et l'apport efficace est donc constitué par la fraction de la quantité totale d'eau dérivée qui parvient effectivement jusqu'au champ. Les pertes sont dues à l'évaporation, au suintement et au ruissellement drainé à l'extrémité des canaux. L'efficacité de l'apport d'irrigation est représentée par la combinaison de l'efficacité de la conservation et de l'efficacité de la distribution des eaux.

L'efficacité globale de l'irrigation dans une zone est par conséquent le produit de l'efficacité de l'apport par l'efficacité de l'application et correspond à la fraction efficace de la quantité totale d'eau qui a été dérivée.

### **2.4 Degré de salinité des eaux d'irrigation**

Une certaine quantité de sels est dissoute dans l'eau d'irrigation des cultures. Par contre, l'eau consommée par les cultures durant l'évapotranspiration est pratiquement exempte de sels. Par conséquent, on peut en déduire que le processus d'évapotranspiration entraîne une accumulation de sels dans la rhizosphère. Cette accumulation du sel a pour effet de réduire la quantité d'eau absorbée par la plante. Une accumulation excessive de sels peut être préjudiciable aux végétaux et conduire à une baisse des rendements, voire même à un rendement nul. La salinité de l'eau d'un cours d'eau qui alimente un système d'irrigation et reçoit l'écoulement restitué par les zones irriguées aura tendance à augmenter d'amont en aval. Par conséquent, les dérivations servant à irriguer les exploitations situées en aval contiendront une eau plus saline que celle qui irriguent les champs amont. Plus l'eau d'irrigation est saline et plus l'accumulation de sels dans le sol sera importante. Toutefois, les niveaux critiques de concentration en sels varient en fonction du type de culture et des rendements escomptés.

L'excès de sels peut être lessivé depuis la rhizosphère par l'eau qui percole à travers le sol jusqu'à la nappe souterraine et au réseau de drainage souterrain. Une certaine partie des précipitations et de l'eau d'irrigation percole ainsi vers le bas et, dans de nombreuses régions du monde où l'on pratique l'irrigation, cette eau suffit à préserver un bilan salin acceptable dans le sol sans qu'il soit nécessaire d'apporter davantage d'eau.

## **2.5 Le niveau d'irrigation**

La teneur en eau du sol doit être supérieure à un seuil minimum pour que les cultures puissent atteindre leur rendement maximum. Cela suppose que d'autres facteurs comme la fertilisation, les mesures de lutte contre les ravageurs en général soient également à leur optimum. L'irrigation optimale est donc celle qui maintient la teneur en eau du sol à un niveau permettant l'évapotranspiration optimale de la culture.

## **3 Description du modèle d'irrigation**

Trois groupes de données sont traités : les données générales, les données sur la zone d'irrigation et les données climatiques.

Les données générales sont celles que l'on estime être universellement applicables à toutes les zones d'irrigation de la région étudiée. Les données sur la zone d'irrigation sont spécifiques de la zone. Elles servent aussi de base à des scénarios ayant pour but d'analyser des conditions futures. Les données climatiques sont les relevés mensuels des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle de référence.

### **3.1 Les données générales : x**

Les données générales sont valables dans toutes les régions, ce sont les paramètres de culture, pédologiques et d'irrigation :

- nombre de culture ou de type de culture ;
- information sur chaque culture ou type de culture (diminution optimale de la teneur en eau du sol, profondeur de la rhizosphère, salinité maximum du sol...) ;
- nombre de type de sol ;
- information sur chaque type de sol (réserve en eau utile, efficacité du lessivage, efficacité de la percolation) ;
- nombre de type de système d'irrigation ;
- information sur chaque type de système d'irrigation.

### **3.2 Les données sur la zone d'irrigation : y**

Ces données sur la zone d'irrigation concernent :

- la superficie irriguée ;
- l'efficacité de l'apport en eau d'irrigation ;
- les pertes dues à l'évaporation durant le transport ;
- le degré de salinité de l'eau d'irrigation ;
- le nombre de culture pris en considération ;
- efficacité de l'absorption des précipitations durant la saison ;

### **3.3 Les données climatiques : z**

En plus de réunir une série de données sur la zone d'irrigation, il faut associer chaque zone d'irrigation à une série distincte de données relatives aux précipitations mensuelles et à l'évapotranspiration potentielle mensuelle de référence.

## 4 Intégration du modèle d'irrigation dans le calcul du coût d'usage du capital dans un périmètre irrigué

Face à une demande croissante et variable en eau et aux irrégularités des précipitations, l'eau est devenue de plus en plus rare. Il faut donc que l'eau soit utilisée de façon rationnelle notamment dans les zones arides. Dans la plupart des zones arides, l'approvisionnement en eaux de surface et souterraines pour l'irrigation et pour l'usage personnel est limité. La rapide croissance démographique, les appels incessants pour protéger des espèces en danger et d'autres valeurs concernant la protection de l'environnement rendent nécessaires de nouvelles utilisations de l'eau. Pour des raisons politiques, légales, hydrologiques et économiques, il est improbable que de nouveaux aménagements hydro agricoles seront réalisés, nécessitant une utilisation de plus en plus intensive en eau utilisée à des fins d'irrigation.

L'objectif d'une firme de réaliser un profit maximum, quel que soit le domaine ou le secteur d'activité, fait dépendre le niveau de capital désiré du coût des facteurs du travail et du capital employés par cette firme.

Les facteurs de production employés par une firme dépendent du secteur et de la nature de l'activité. Théoriquement, les entreprises ont le choix entre plusieurs combinaisons productives possibles, et choisissent celles qui minimisent les coûts, donc maximisent leur profit. En maximisant son profit, une entreprise peut accroître son capital jusqu'à ce que le produit marginal d'une unité de capital (PmK) soit égal au coût d'utilisation de cette unité. Ainsi le coût d'usage du capital apparaît comme le rendement minimum brut que l'investissement doit rapporter pour être juste rentable.

Pour choisir un projet nécessitant l'usage ou non de l'eau à des fins d'irrigation, le promoteur est appelé à intégrer la composante eau dans le calcul du coût du capital. Ainsi, afin de déduire le coût du capital d'un investissement<sup>1</sup> dans une superficie irriguée, la valeur actuelle nette (q) du projet, est calculée comme la somme des rendements bruts futurs, actualisés au taux (R), déduction faite de l'impôt (t), l'investissement subissant une dépréciation économique au taux (δ) et enregistrant une hausse des prix au taux d'inflation (π).

La valeur actuelle nette du capital q intègre le coût de l'eau utilisée dans l'irrigation comme une composante principale du prix du capital.

$$q = \int_0^{\infty} (1-t)c e^{-(R-\pi+\delta)u} du = \frac{(1-t)c}{R-\pi+\delta} \quad (1)$$

u est l'opérateur temporel évoluant de 0 à l'infini

En négligeant la fiscalité, la maximisation du profit inter-temporel de l'entreprise montre que le coût de détention nominal du capital prend la forme suivante :

$$PmK = c = q(R - \pi + \delta) \quad (1')$$

Où

PmK : productivité marginale du capital

c : coût financier nominal actualisé du capital

---

<sup>1</sup> La dérivation et le développement de l'expression générale du Coût d'Usage du Capital est extraite de notre article « *Cost of Capital and investment dynamic : behaviour of the tunisian non financial companies* » publié dans la revue FINANCE INDIA Vol. XX n° 4, Décembre 2006, pp 1365-1388.

$(R-\pi)$  : coût réel de financement du projet utilisant l'eau pour l'irrigation

R : taux d'actualisation = coût nominal de financement

$\delta$  : taux d'amortissement des équipements utilisés

$\pi$  : taux d'inflation

Dans la réalité, le coût du capital recherché intègre l'ensemble des taxes directes dues par l'entreprise, ses actionnaires et ses créanciers du fait de l'investissement. Outre les taxes sur le revenu, il y a lieu d'inclure d'éventuels impôts sur la richesse. On considère également les éléments susceptibles d'alléger (aides publiques) ou d'alourdir la charge fiscale effectivement imposée.

L'imposition du flux de revenus tiré d'une unité de capital supplémentaire réduit le produit marginal

du capital de  $(1-t)$ , cela équivaut à une hausse de  $\frac{1}{(1-t)}$  du coût du capital. La fiscalité exerce ainsi un rôle négatif sur l'investissement.

L'expression (1) avec impôt prend la forme suivante :

$$c=q(R-\pi+\delta)\frac{1}{(1-t)} \quad (2)$$

La valeur actualisée de l'investissement est donc la somme des rendements attendus (approchée par l'intégrale) qui décroissent par le double jeu de l'actualisation et de la diminution de la performance économique de l'outil et croissent en valeur nominale avec l'inflation. Le problème qui se pose dans cette dernière expression est de déterminer le coût nominal de financement R. Pour financer ses investissements, une entreprise peut soit recourir à un emprunt au taux d'intérêt  $i$ , soit autofinancer l'accumulation du capital avec ses propres bénéfices, soit bénéficier des aides de l'Etat (subvention et dotation). Le coût nominal du financement R est alors égal à la moyenne des actifs, du coût de l'emprunt  $r$  et du coût des fonds propres, pondérée par leur part respective dans le financement. L'expression (2) prend alors la forme suivante :

$$c=q(i\alpha+\rho\beta+\lambda+\delta-\pi)\frac{1}{(1-t)} \quad (3)$$

Où

$\alpha$  : part de financement de l'investissement par endettement

$\beta$  : part de financement de l'investissement par fonds propres

$\lambda$  : part de financement de l'investissement par subvention et dotation

avec  $\alpha+\beta+\lambda=1$

$\rho$  : rendement des fonds propres

$i$  : taux d'intérêt nominal sur les capitaux empruntés

Le rendement des fonds propres est défini par l'expression suivante :

$$\rho=\frac{1-\bar{t}}{1-a}R_0+\frac{\theta}{1-a} \quad (4)$$

Où

$\bar{t}$  : taux d'imposition des obligations d'Etat (bons du trésor)

$a$  : taux d'imposition global des actions

$R_0$  : rendement nominal avant impôts des bons de trésors cessibles à 52 semaines

$\theta$  : prime de risque sur actions émises par les entreprises.

Le rapport  $\frac{(1-t)}{(1-a)}$  exprime la différence de fiscalité entre le revenu des actions et le revenu des obligations. Ce terme est égal à 1 dans l'hypothèse où la fiscalité n'avantage ni la détention d'actions ni celle d'obligations. Dans le cadre de la dynamisation du marché financier et l'incitation à la participation dans le capital de sociétés à travers la détention d'actions, le taux est tellement faible qu'on le néglige. Le rendement des fonds propres prend alors l'expression suivante :

$$\rho = R_0 + \theta \quad (5)$$

Ainsi, l'expression du coût d'usage du capital à estimer est de la forme :

$$c = q(i\alpha + (R_0 + \theta)\beta + \lambda + \delta - \pi) \frac{1}{(1-t)} \quad (6)$$

Or le risque sur action émise que peut courir une entreprise est donné par l'expression suivante :

$$\theta = (m - R_0)\sigma = (m - R_0) \left( \frac{\rho_{ig} g_i}{g} + eau \right) \quad (7)$$

Où :

$m$  : taux du marché monétaire (Tmm)

$\sigma$  : indicateur de mesure de risque d'activité

$\rho_{ig}$  : corrélation entre la croissance économique (PIB) et celle de l'activité agricole (VA)

$g_i$  : croissance de la Valeur Ajoutée (VA) du projet agricole

$g$  : taux de croissance du PIB

$eau$  : composante du risque de l'activité liée aux conditions intrinsèques de l'exploitation du projet agricole s'il nécessite de l'eau.

Cette variable  $eau$  est défini par :

$$eau = \begin{cases} 0 & \text{Si le projet ne fait pas appel à l'irrigation} \\ \frac{\text{Coût de production d'un M3 d'eau d'irrigation}}{\text{Prix de vente d'un M3 d'eau d'irrigation}} = \frac{a}{b} & \end{cases}$$

L'expression du Coût d'Usage du Capital à estimer prend ainsi la forme suivante :

$$c = q(i\alpha + (R_0 + (m - R_0) \left( \frac{\rho_{ig} \rho_i}{g} + eau \right))\beta + \lambda + \delta - \pi) \frac{1}{(1-t)} \quad (8)$$

Toutefois, des considérations principales devraient être prises en comptes dans le calcul du prix de vente du mètre cube d'eau destiné à l'irrigation telles que : la zone d'irrigation, la saison d'irrigation, la culture, le type de sol, le système d'irrigation.

La nature des problèmes impliquant l'eau est en général génératrice de conflits provenant de sa rareté plutôt que d'un manque de moyens financiers ou physiques. Les conflits sont divers par exemple la concurrence et la diversification des usages, le lieu d'utilisation, l'usage courant ou à moyen et à long terme.

Des décisions raisonnables soutenant le développement de ressource d'eau, son attribution et son utilisation exigent la mesure de la valeur de l'eau sous des utilisations alternatives. Quand les lois du marché fonctionnent, l'eau est allouée aux activités les plus rentables. En raison du coût élevé de



capture et de stockage de l'eau, de l'irrégularité de l'approvisionnement, il est en général coûteux et impossible de définir, d'établir et d'imposer des droits de propriété dans le cadre des lois du marché. Il n'y a donc pas de règles de marché pour établir des prix de l'eau. Les décisions pour développer, utiliser et attribuer l'eau sont prises par les politiques, sans se référer au marché. Néanmoins, dans de nombreuses analyses, la valeur économique de l'eau peut être comparée à son coût de production et de distribution. La polémique continue à propos de l'usage alternatif de l'eau dans les endroits secs du monde et en particulier dans les villes, dans l'agriculture et pour la préservation des espèces en danger ; donc ville, campagne et espèce se concurrencent directement une ressource vitale de moins en moins abondante. En dépit de ces polémiques, il y a souvent peu de temps, de moyens financiers, de connaissance et de volonté de conduire des analyses économiques sérieuses en vue de déterminer la valeur économique de l'eau. Tandis que le monde est en perpétuelle mouvance et l'usage de l'eau continue à changer (nettoyage, irrigation), les principes économiques pour évaluer ces propositions changent plus lentement.

L'objectif est de fournir des informations utiles pour ces discussions par des principes économiques modernes sur la mesure des valeurs économiques liées aux décisions de politique de l'eau et sur l'utilisation de ces valeurs dans la conduite de l'analyse des coûts et des avantages.

Deux approches sont employées. La première passe en revue la théorie économique requise pour soutenir un cadre conceptuel pour établir les valeurs économiques de l'eau, cette méthode peut être employée par des analystes politiques pour étudier des propositions sur le développement, l'attribution, et l'utilisation publique ou privée de l'eau. La deuxième méthode consiste à illustrer la gamme des valeurs économiques de l'eau pour l'usage agricole, principal utilisateur de l'eau dans la plupart des lieux arides, comme en Tunisie.

Les questions concernant l'évaluation des ressources d'eau pour d'autres buts, tels que la redistribution de produits, le développement économique régional, et la protection de l'environnement, ne sont pas traitées dans cet article. Dans notre étude, la valeur de l'eau est définie seulement en tant qu'indemnité économique de l'usage de l'eau.

L'eau a une valeur économique seulement lorsque l'offre est rare comparativement à la demande. S'il y a des quantités illimitées d'eau disponible, il y a libre d'accès dans le sens économique. L'eau rare a une valeur économique en raison de la concurrence des utilisateurs. Dans un système de marché, la valeur économique de l'eau est définie par les prix qui servent de guide pour allouer l'eau parmi des utilisations potentiellement alternative. L'eau et ses ressources complémentaires peuvent être dirigées vers des utilisations économiquement plus rentables que d'autres.

Dans les milieux arides, la croissance économique et l'évolution démographique créent des situations où l'eau est économiquement rare. Dans ces endroits, les établissements chargés de la distribution de l'eau, les règles de lois, les projets, les politiques, et les programmes de l'eau sont conçus pour une allocation optimale (pour ne pas dire efficace) de l'utilisation de l'eau rare. Non seulement l'eau est rare, mais, dans ces milieux arides, il se peut que, l'argent, la main-d'œuvre et les autres ressources exigées pour développer, allouer, transporter, et épurer l'eau sont rares.

Les programmes de l'eau sont contraints par la forte demande, par les ressources financières et humaines et par les difficultés politiques et économiques. Tandis que le processus politique détermine toujours quels programmes sont entrepris, des normes économiques permettent de mesurer ces politiques et ces programmes.

Les décisions fondamentales des principes économique et politique de mesure de la valeur de l'eau reposent sur les principes de l'indemnité et du coût. Si ces politiques sont orientées vers les utilisateurs d'eau qui cherchent l'efficacité économique à travers l'allocation optimale de l'eau, qualifiée de rare, face à leur besoin, jugé illimité, un programme de l'eau sera seulement mis en application si les indemnités marginales égalent ou excèdent les coûts marginaux.

## 5 Calcul du coût d'usage du capital

Atteignant 822 MDT dont 51 % proviennent du secteur public, l'investissement ou la Formation Brute de Capital Fixe (FBCF) engagée dans le secteur de l'agriculture et pêche a accusé une baisse de 11,6 % par rapport à 2001, en raison du recul des investissements effectués par le secteur privé dans les domaines de l'arboriculture, de l'élevage et de l'acquisition de matériel agricole ainsi que de l'achèvement de certains projets dans le cadre du Programme de Développement Rural Intégré (PDRI.)

L'évolution de la FBCF dans l'agriculture est décrite dans le tableau 1. Pour l'hydraulique agricole, les investissements ont progressé en 2004 de 10,7 % après une baisse de 17,2 % en 2003, ils ont atteint 40,5% de la FBCF totale du secteur et ont été assuré majoritairement par l'administration (59 % de l'enveloppe investie dans la catégorie). Les projets ont concerné essentiellement la construction de barrages et de conduite d'eau pour 89 MDT, l'équipement des périmètres irrigués et l'amélioration de leurs conditions d'exploitation pour un montant de 78 MDT et l'adduction de l'eau potable pour 26 MDT. Le secteur privé a engagé une enveloppe de 140 MDT qui a servi surtout à la mobilisation des ressources en eau.

L'évolution de l'affectation des investissements hydrauliques agricoles, depuis 1998, est décrite dans le tableau 2.

**Tableau 1. La FBCF dans l'agriculture (en MDT).**

Désignation	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Hydraulique agricole	262	296	279	296	338	355	384	318	352
Matériel agricole	79	71	72	81	86	91	58	59	84
Elevage	87	102	122	120	129	132	86	103	108
Pêche	22	29	42	28	30	33	37	80	48
forêts	48	43	52	56	60	62	50	49	58
Conservation des eaux et du sol	43	31	31	50	49	51	62	47	56
Arboriculture	42	70	72	80	81	87	53	46	76
Etudes, recherche et vulgarisation	11	7	9	10	13	14	10	13	19
PDRI	28	10	37	35	10	10	0	0	0
Divers projets intégrés	96	77	108	105	94	95	83	46	67
Total	718	736	824	861	890	930	822	780	868

Source : Ministère du développement

**Tableau 2. Evolution de la FBCF de l'hydraulique agricole (en MDT).**

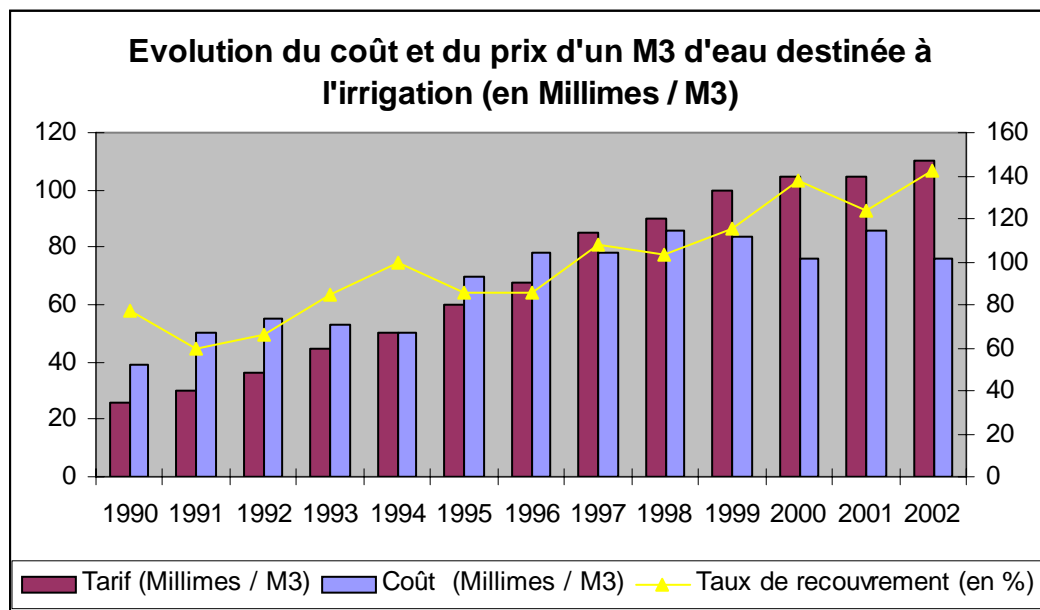
	1998	2000	2002	2004
Investissement public	195	222	250	212
Dont :				
Construction de barrages et de conduite d'eau	117	93	88	89
Equipement des périmètres irrigués	41	54	117	78
Adduction de l'eau potable	18	25	25	2
Etudes hydrauliques	19	14	-	-
Investissement privé	84	116	134	140
Investissement hydraulique total	279	338	384	352

Source : Ministère du développement économique

Parallèlement à ces investissements à rendements différés, les deux indicateurs analysés (le coût et le prix de l'eau destinée à l'irrigation) évoluent à un taux de croissance annuel moyen de l'ordre de 12,77 % pour les tarifs appliqués à l'eau destiné à l'irrigation et de l'ordre de 5,71 % pour les coûts de réalisation des projets d'irrigation entre 1990 et 2002.

Néanmoins, on assiste depuis 1997 à un renversement de la hiérarchie de l'évolution des deux indicateurs : désormais le prix du volume (mètre cube) d'eau destiné à l'irrigation dépasse le coût mise en œuvre de ce même volume de sorte qu'on assiste à un taux de recouvrement qui dépasse les 100 % (figure 1). Cette tendance peut s'expliquer par l'évolution disproportionnelle entre la production et la demande de l'eau destinée à l'irrigation (annexe).

Figure 1.



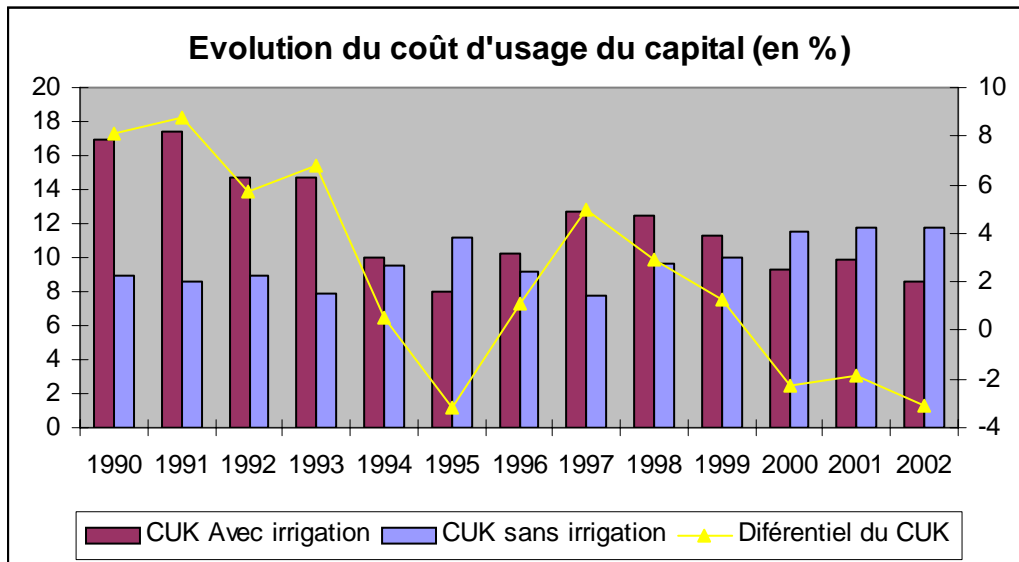
Les statistiques sur l'investissement dans des projets catégorie B et C<sup>2</sup> sont ventilées par catégorie ; ainsi on peut distinguer les investissements en frais d'établissement, acquisition de terrain, génie civil, équipements d'irrigation, matériel roulant... Ces statistiques fournissent la structure de financement de ces investissements : autofinancement, crédits à moyen et long termes, crédits à court terme, aide de l'Etat (subventions et dotations). Les données financières (PIB, VA, Tmm, Rendement des titres financiers, taux d'intérêt.....) proviennent des statistiques financières de la banque Centrale de Tunisie (BCT).

<sup>2</sup> Les projets agricoles sont classés selon le coût d'investissement et la superficie d'exploitation (code de 1993), conformément au décret n° 427 du 14 février 1994. Pour les projets de catégorie 'A', l'investissement est inférieur ou égal à 40 mille dinars (mD) avec un autofinancement d'au moins à 10 % ; la gestion des dossiers de cette catégorie est assurée par les services du Commissariat Régional de Développement Agricole (CRDA). Pour les projets de catégorie 'B' l'investissement est supérieur à 40 mD et inférieur ou égal à 150 mD avec un autofinancement égal d'au moins 10 % ; la gestion des dossiers de cette catégorie est assurée par les services régionaux de l'APIA. Les projets catégorie 'C' sont ceux dont l'investissement est supérieur à 150 mD avec un autofinancement d'au moins 30 % ; la gestion de ces dossiers est assurée par les services de l'APIA.

Les données sur l'eau (production, demande, prix, coût...) sont fournies par les services de la Société Nationale d'Exploitation et de Distribution de l'Eau (SONEDE), le ministère de développement économique et le ministère de l'Agriculture.

En faisant appel à l'expression (8), on peut donc estimer le coût d'usage du capital des investissements des projets catégories B et C. On peut ainsi distinguer les projets faisant appel à l'eau d'irrigation, ''par l'introduction 'de l'investissement destiné à l'irrigation dans l'expression (8). A ce niveau , dans le cadre des incitations accordées par la Tunisie dans le cadre du code des incitations à l'investissement, on signale que l'Etat afin d'inciter les agriculteurs à utiliser d'une manière intense l'irrigation, le taux minimum des fonds propres pour les investissements relatifs à l'acquisition du matériel d'irrigation agricole réalisés par les agriculteurs dans certaines régions dont la liste est fixé par arrêté du ministre de l'agriculture est ramené à 1 % du coût de l'investissement, sachant que ce taux était de 10 % pour les projets de la catégorie A ou B et de 30 % pour ceux de la catégorie C. La classification adoptée pour ces investissements est celle arrêtée par les dispositions du décret 94-427 du 14 février 1994 (JORT n° 33 du 23 avril 2002). L'évolution du coût d'usage du capital (CUK) défini comme le rendement minimum brut afin qu'un projet, utilisant ou non l'eau d'irrigation, soit juste rentable est illustrée par la figure 2.

Figure 2. Evolution du coût d'usage du capital (%).



La sensibilité de la variable coût d'usage du capital au paramètre irrigation est mesurable par un indicateur qui décrit l'élasticité de ce coût par rapport à la variable eau.

$$e_{c/eau} = \frac{\frac{\partial c}{c}}{\frac{\partial eau}{eau}} = \frac{q(m-R_0)\beta}{c} eau$$

## 6 Conclusion

Essayer de mesurer le coût d'usage du capital n'est pas toujours une tâche facile notamment quand on dispose de peu de données statistiques en la matière, bien que cet indicateur, à coté des critères de prise de décision tels que le critère de la Valeur actuelle nette (VAN) et le Taux de rendement interne (TRI), soit très important dans les règles de décision entre renoncer ou mener à bout un projet d'investissement Rappelons que le coût d'usage du capital est défini comme le rendement minimum

d'un projet d'investissement afin qu'il soit rentable. La règle de décision est la suivante : le projet dont le rendement est le plus élevé est généralement accepté. S'agissant de projets agricoles, nous avons essayé, en fonction des données statistiques disponibles, de calculer le rendement minimum de l'investissement dans des projets agricoles des catégories B et C confondues ; nous avons essayé de calculer le rendement de ces projets sous deux hypothèses : la première est que ces projets ne nécessitent pas de programmes d'irrigation, la deuxième est que ces projets sollicitent plutôt des programmes d'irrigation. Il s'ensuit que le rendement minimum de ces projets pour la période 1990-2002, sous la deuxième hypothèse, oscille autour d'une moyenne de 12 % avec un maximum de 17 % observé au cours de 1991 et un minimum de 8 % observé plutôt en 1995, alors que sous la première hypothèse, le rendement moyen est plutôt inférieur à celui observé avec la deuxième hypothèse, il est de l'ordre de 10 % avec aussi un maximum de 12 % et un minimum de 7 % observés successivement en 2001 et en 1997. Ce comportement explique la tendance du différentiel du coût d'usage du capital qui devient négatif à partir de 1999. Ce comportement s'explique essentiellement par le renversement de la situation entre coût de production de l'eau destinée à l'irrigation et la tarification appliquée.

Ces résultats qui auraient dû être plus précis, s'ils intégraient la totalité des composantes du modèle d'irrigation développé plus haut (nature du sol, prise en considération de l'évapotranspiration, nature des cultures....) sont proches des études empiriques appliquées aux autres secteurs économiques tels que l'industrie et ses différentes branches. Bien que sur la période d'étude, le coût d'usage du capital dans le secteur agricole, sous les deux hypothèses, soit important par rapport au simple placement (épargne, acquisition de bons de trésors), il demeure inférieur à celui de l'industrie. Autrement dit, le rendement des activités industrielles est plus important que celui de l'agriculture.

#### Références bibliographiques

- Ciriacy-Wantrup S.V., 1967. Water economics: relations to law and policy. In R.E. Clark (Ed.), *Waters and Water Rights: A Treatise on the Law of Waters and Allied Problems* Vol. 1: 397-330. Indianapolis, In: Allen Smith Company Publishers.(EconLit).
- Costanza R., 1999. The ecological, economic, and social importance of the oceans. *Ecological Economics*, Vol.6, 199-213
- Dinar A., Knapp K.C., Rhoades J.D., 1986. Production function for cotton with dated irrigation quantities and qualities. *Water Resources Research*, 22 (11) :1519 -1525.
- Dinar A., Rhoades J.D., Nash P., Waggoner B.L., 1991. Production functions relating crop yield, water quality and quantity, soil salinity, and drainage volume. *Agricultural Water management*, 19 : 51-66.
- Ghazouani, K. , 2006, Cost of Capital and investment dynamic : behaviour of the Tunisian non financial companies , *FINANCE INDIA* Vol. XX n° 4, December, India, pp 1365-1388.
- Ghazouani , K., 2002, Impact des incitations sur l'investissement privé local en Tunisie : Etude sectorielle, Thèse , FSEG de Tunis, Tunisie, pp 175-204
- Ghazouani , K.,2006, Vers une analyse comparative des dynamiques nationales d'investissement : Du comportement des sociétés non financières aux entreprises individuelles, A paraître dans la Revue Tunisienne d'Economie et de Gestion, n° 25, CPU, Tunisie.
- Goodman S.L., Seabrooke W., Jaffry S.A., 1998. Considering conservation value in economic appraisals of coastal resources. *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol V, n°4, 313-336.
- Griffin, R.C., 1998. The fundamental principles of cost benefit analysis, *Water Resources Research*, In Frank A.Ward and Ari Michelsen (2002), *The economic value of water in agriculture: concepts and policy applications*, p. 423-446
- Hall D., 2000. Public choice and water rate design. In A. Dinar (Ed.), *The Political Economy of Water Pricing*. Paragon books, Delhi , India

Jorgenson D.W., 1963 , *Capital theory and investment behaviour* , American Economic Review N°53.

Jorgenson D.W. , 1996a , ; investment: Capital theory and investment behavior,T1,Mitt Press

Jorgenson D.W. , 1996b , Investment: Tax policy and the cost of capital, T2,Mitt Press

Kaoru Y., Kerry V., Long L.J., 1995. Using random utility models to estimate the recreational value of estuarine resources. *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. X n° 1, 141 -151.

McCann L., Easter W.K., 2000. Estimates of public sector transaction costs in NRCS programs. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 3 : 555 -563.

Molden D., Sakthivadivel R., Habib Z., 2001. Basin-level use and productivity of water: examples from South Asia, Research Report 49, International Water Management Institute.

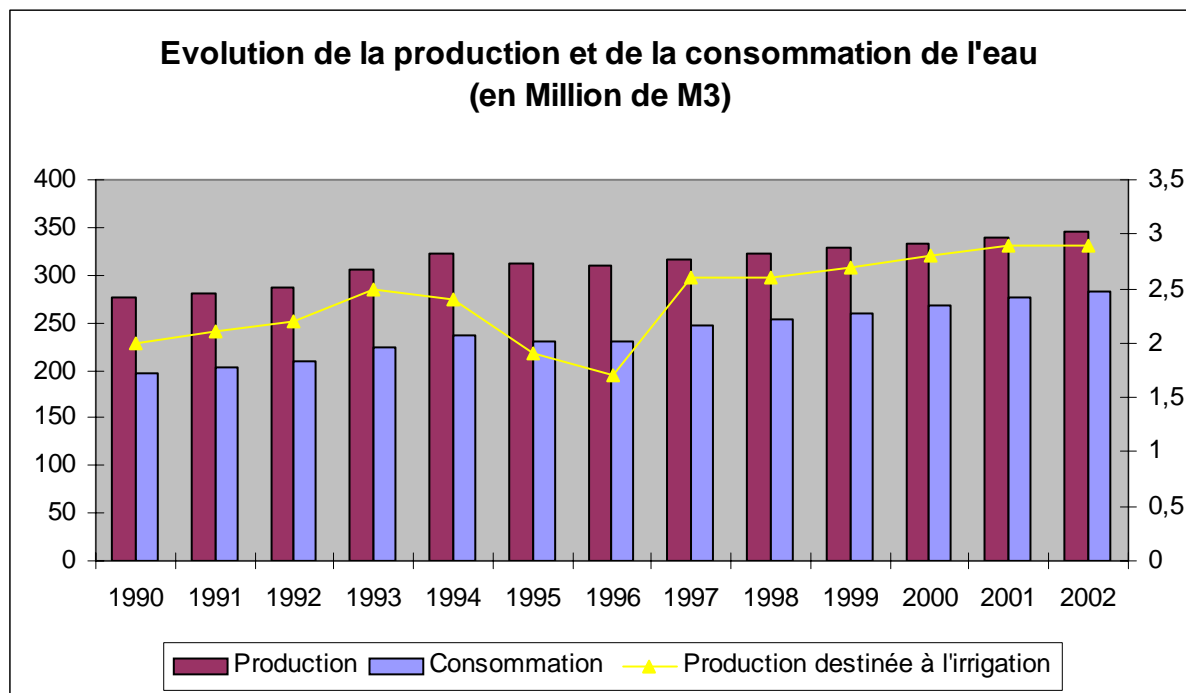
Swallow S.K., 1994. Renewable and non renewable resource theory applied to coastal agriculture, forest, wetland, and fishery linkages. *Marine Resource Economics*, 291-310 (Doc.Type:Journal Article Libraries :73 (EconLit)).

Ward F.A., Michelsen A., 2002. *Water Policy* 4 : 423-446.

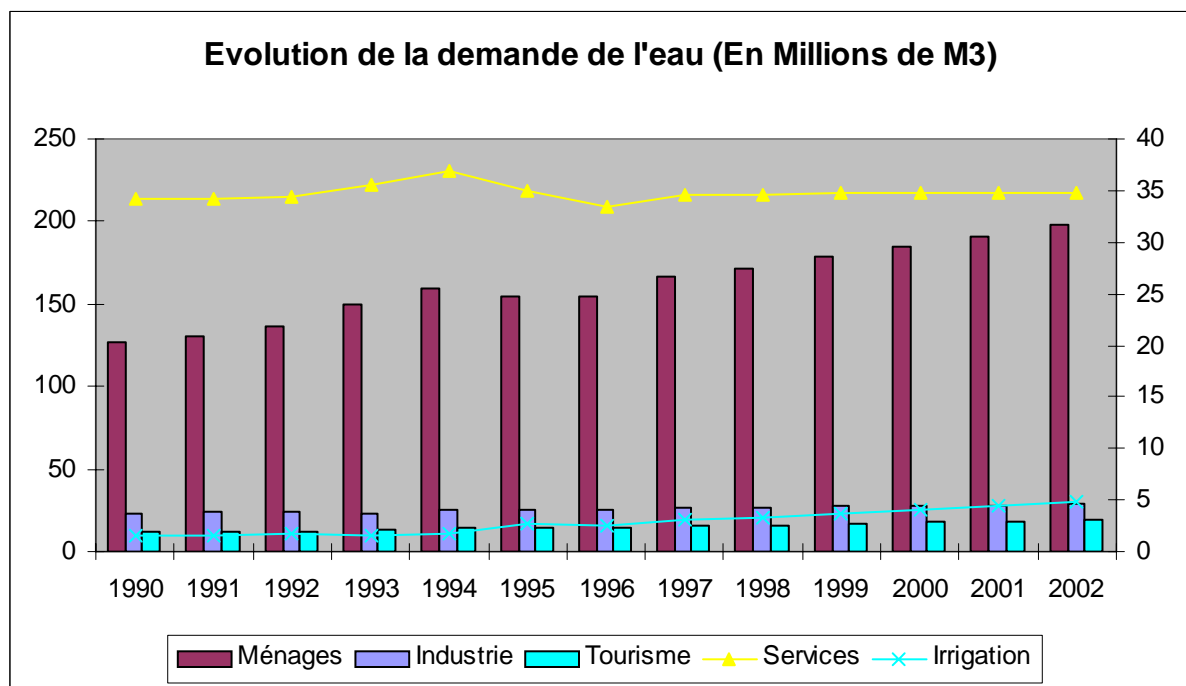
Young, G.1972. Economic value of water: concepts and empirical estimates. Department of economics, Colorado State university, Ford Collins, final report to the national water commission, march. In Frank A.Ward and Ari Michelsen, 2002, *The economic value of water in agriculture: concepts and policy applications*, p. 423-446.

Annexes

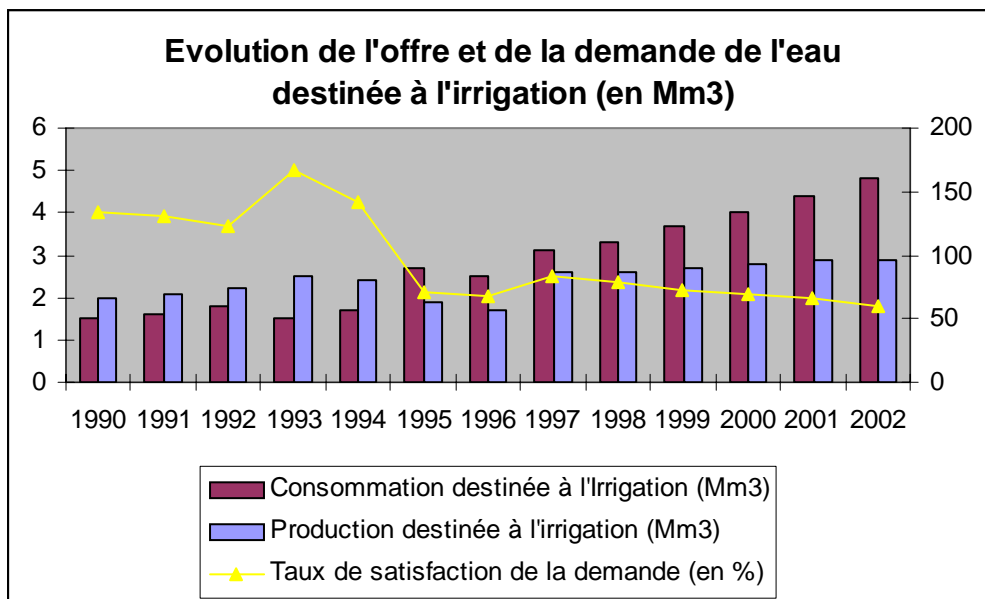
Annexe 1



Annexe 2



Annexe 3



Annexe 4

