

Le coût de la distribution de l'eau. Méthode et application à l'irrigation

Guy Gleyses, Sébastien Loubier, Jean-Philippe Terreaux

► **To cite this version:**

Guy Gleyses, Sébastien Loubier, Jean-Philippe Terreaux. Le coût de la distribution de l'eau. Méthode et application à l'irrigation. Patrice Garin, Pierre-Yves Le Gal, Thierry Ruf. Atelier du PCSI (Programme Commun Systèmes Irrigués) sur la gestion des périmètres irrigués collectifs, 2001, Montpellier, France. Cirad - Cemagref -IRD, p. 155-167, 2002. <cirad-00182899>

HAL Id: cirad-00182899

<http://hal.cirad.fr/cirad-00182899>

Submitted on 16 Nov 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 de la distribution de l'eau Méthode et application à l'irrigation

Guy GLEYES*, Sébastien LOUBIER*, Jean-Philippe TERREAUX*

*Cemagref-Irrigation, 361 rue Jean-François Breton, BP 5095 Montpellier, Cedex 1, France

Résumé — Cet article présente une méthode de calcul du coût de mobilisation de l'eau pour l'irrigation, appelé coût financier. Ce travail est motivé par la recherche d'une meilleure gestion des crédits privés et publics alloués à l'irrigation, et par la nécessité de pouvoir comparer objectivement les coûts de différents systèmes ou méthodes d'irrigation. Le coût financier se décompose en trois parties d'importance variable selon les réseaux d'irrigation : coût du capital, coût d'exploitation et coût de maintenance. On utilise pour cela les méthodes d'actualisation, et l'on indique comment on peut comparer simplement entre eux des investissements de durées de vie différentes. A titre d'illustration, cette méthode est appliquée à plusieurs réseaux d'irrigation, pour lesquels on détaille la structure de coût. Il est noté qu'aucune généralité ne peut être déduite de la comparaison de ces quelques exemples chiffrés.

Abstract — **The cost of water resource distribution – method and application to irrigation.** We present in this paper a calculation method of the cost of water resource mobilization for the irrigation sector. This cost is so-called the "financial" cost. This work is justified in the research of a best management of private and public financing allocated to irrigation and the necessity of comparing objectively the costs of various systems or methods of irrigation. The "financial" cost splits up into three various parts according to the irrigation networks, i.e. the capital cost, the operating cost and the maintenance cost. We use for that discounting methods and we show how we can simply compare investments of various lives. To illustrate this method, we apply it to several networks for which we relate in detail the cost structure. However no generalities can be deduced from the comparison of these numerical examples.

Introduction

Suite aux grands programmes d'irrigation soutenus par les gouvernements et devant faire baisser les prix agricoles, la superficie mondiale irrigable a triplé en quarante ans (Dinar et Subramanian, 1997).

Aujourd'hui, compte tenu du coût d'opportunité élevé des fonds publics, on assiste à travers le monde au souhait des gouvernements et de certains bailleurs de fonds d'un désengagement progressif du financement des ouvrages d'hydraulique agricole qui, par le passé, ont souvent été traités comme des biens publics, donc financés par des fonds publics. L'objectif annoncé de certains bailleurs de fonds, tels que la Banque mondiale, par exemple est clairement de tendre vers des systèmes tarifaires faisant supporter aux usagers le coût financier de mobilisation de la ressource, évalué aux coûts d'opportunité (World Bank, 1993) ; (Castillo, 1997).

En France, l'enjeu est autant d'ordre financier que le résultat de la pression croissante des autres usagers de la ressource. En effet, bien que la superficie irriguée ne représente en 1995 qu'environ 20 % de la Sau

(soit 1,62 million d'hectares¹), elle a cru entre 1988 et 1995 de 41 % soit un rythme annuel de 5 % (Janin, 1996) ; (Janin, 1997). Dans un contexte où le coût d'opportunité des fonds publics est élevé, la croissance des surfaces irriguées s'accompagne d'une augmentation des conflits d'usages. Une des explications économique en est l'inexistence ou la sous-évaluation du prix, qui théoriquement est le meilleur indicateur de rareté d'une ressource. Mais il n'existe pas actuellement de réels marchés de l'eau susceptibles de révéler les prix, qui théoriquement devraient être au moins égaux aux coûts de mobilisation de la ressource.

On peut avancer deux explications à l'absence de calcul du coût financier de mobilisation de la ressource. L'étude des plans de financement montre que par le passé, les divers bailleurs de fonds finançaient la quasi-totalité des investissements, la part restante étant prise en charge par le gestionnaire ou l'usager. Cela justifiait en partie que le coût en capital (investissement initial et renouvellement des équipements) soit traité indépendamment des coûts d'exploitation et de maintenance des réseaux (Perry, 1996), alors qu'ils peuvent représenter de 55 à 85 % du coût financier (Castillo, 1997). Cette indépendance de traitement et la multiplicité des acteurs prenant part au financement, contribue à créer un écart entre le coût réel de mobilisation et le prix payé par l'usager.

Une autre explication réside dans les diverses variabilités des coûts (Loubier, 1998). La typologie des coûts admise en économie de l'irrigation consiste à distinguer le coût en capital, le coût de la maintenance et le coût d'exploitation. Or, l'évolution temporelle de ces trois composantes est très différente. Les investissements sont rares mais coûteux, les dépenses de maintenance sont régulièrement croissantes sur la durée de vie des équipements et les coûts d'exploitation sont relativement stables. La seconde variabilité est relative au niveau de production : certains coûts sont fixes, d'autres variables. Cela se traduit dans le cas des réseaux d'irrigation par des rendements d'échelle croissants. En effet, seule une partie du coût d'exploitation (dépenses en énergie) et de maintenance est proportionnelle aux quantités produites. Enfin, la dernière variabilité est spatiale. Les réseaux les plus proches de la ressource bénéficient d'une rente différentielle de mobilisation et de distribution.

Seuls certains auteurs ont tenté de conceptualiser les pratiques de gestion pour évaluer l'effort financier réalisé par rapport à des objectifs de renouvellement des équipements et d'autonomie financière (Verdier et Millo, 1992) ; (Weider et Heritier, 1995) ; (Tardieu, 1999). Ils distinguent trois degrés d'équilibre budgétaire correspondant à la prise en compte successive des coûts différés ou apparemment invisibles.

Le petit équilibre correspond à la prise en compte des dépenses d'exploitation et de maintenance uniquement. Le moyen équilibre correspond à la prise en compte des coûts d'exploitation, de maintenance et le remboursement en capital du premier investissement ou bien l'amortissement technique de cet investissement. Pour obtenir le grand équilibre, il suffit alors d'intégrer les charges financières dues au premier investissement².

La méthode que nous avons développée permet d'évaluer le « coût financier » de mobilisation d'une ressource (prélèvement, transport, stockage et distribution à la borne). Le coût financier étant la somme des coûts d'exploitation, de maintenance et d'acquisition des équipements³ (Gormand, 1986). Précisons que « *le coût d'acquisition, outre le montant de l'acquisition elle-même ... prend en compte les frais financiers et éventuellement l'immobilisation du capital ou le non rendement des capitaux utilisés* (Bouche *et al.*, 1988) ».

Avant de présenter la formulation générale de la méthode, on définira tout d'abord la sphère d'analyse pour laquelle ce coût sera calculé. Ensuite, l'analyse d'une partie des résultats, obtenus lors de l'application de la méthode à cinq études de cas, portera plus particulièrement sur la structure des coûts, la part supportée par chaque agent et sur la sensibilité des résultats obtenus aux principaux paramètres du modèle : le taux d'actualisation et les durées de vie des équipements. On conclura sur les avantages mais également les limites de cette méthode.

1 Dont 40% est irrigué dans le cadre de réseaux collectifs.

2 Les auteurs n'indiquent pas si le remboursement en capital ou l'amortissement technique est calculé sur la base de la totalité des équipements ou bien seulement sur la partie que les gestionnaires ont financé. Si la base de calcul est la totalité des investissements, alors le coût obtenu devrait être proche de celui que nous calculons.

3 Si l'on ne tient pas compte des coûts de fin de vie.

La méthode de calcul du coût financier

Les explications historiques et techniques de l'absence de calcul du coût financier de mobilisation de la ressource sont surmontables.

Dans la littérature, il y a fréquemment confusion entre dépenses, prix, valeur, coût financier ou complet. Le coût complet correspond au prix d'un équipement que l'on observerait sur un hypothétique marché. Le coût financier n'est qu'un intermédiaire de calcul du coût complet dans les situations d'imperfection des marchés qui génèrent des externalités (figure 1). L'objectif final est la détermination du coût complet. Mais la détermination du coût financier est un objectif intermédiaire qu'imparfaitement atteint compte tenu de certaines difficultés de calcul : variabilité des coûts et des durées de vie, multiplicité des acteurs générant des coûts invisibles ou différés (subventions et coûts d'opportunité).

La méthode proposée permet de résoudre le problème précédent et d'agréger les composantes du coût exprimées dans une unité commune. Nous pouvons alors étudier sa structure et les agents qui le supportent. Le coût ainsi déterminé pourra être comparé avec prudence⁴ aux dépenses effectivement supportées à un moment donné par les usagers.

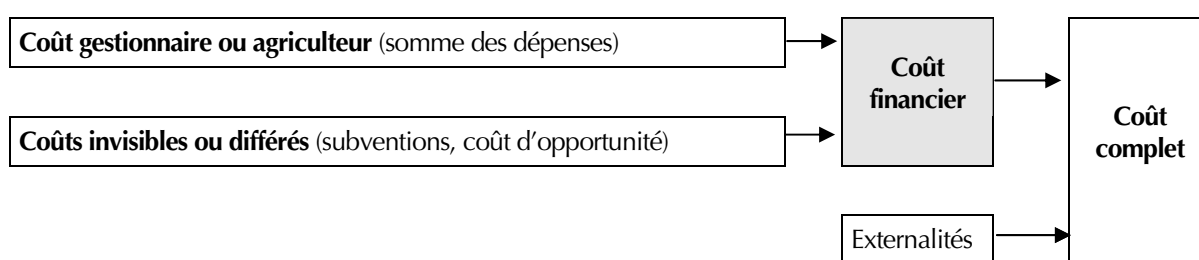


Figure 1. Définition du coût financier.

La sphère d'analyse

Dans les analyses de projets, les coûts et avantages retirés d'un projet sont étudiés par rapport aux agents directement concernés par le projet et, aussi, par rapport à la collectivité. Les auteurs parlent d'analyses financières pour les premières et d'analyses économiques pour les secondes. La méthode proposée permet de mener les deux types d'analyses simultanément. La collectivité regroupe l'ensemble du pays (Gittinger, 1985). Dès lors que le projet est marginal dans l'économie du pays, la collectivité peut désigner un groupe d'acteurs directement concernés par le projet. Appliquée à la mobilisation de la ressource en eau, la collectivité regroupe les gestionnaires et les bailleurs de fonds. En France, ces derniers sont l'Etat, les conseils régionaux, les conseils généraux, les communes et les agences de l'eau, ils seront regroupés sous le terme puissance publique. Schématiquement, la collectivité est donc composée de la puissance publique et du ou des gestionnaires.

En règle générale, dans les analyses économiques, seuls les prélèvements directs sur les ressources par des agents faisant partie de la collectivité ainsi définie, sont pris en compte (Squire et Van-der-tak, 1975). Les dépenses ou recettes privées qui n'apportent pas de changements au revenu global des agents de la sphère d'analyse ne sont pas introduites dans le calcul. Il en est de même pour certains transferts financiers entre les membres de la sphère d'analyse, comme les impôts, taxes ou subventions.

Les hypothèses et les données nécessaires

Quatre types de données sont nécessaires à l'application de la méthode de calcul. Il est tout d'abord indispensable d'estimer la valeur des équipements, leur durée de vie, l'évolution des dépenses de maintenance et le taux d'actualisation.

4. En effet, nous déterminerons un coût moyen théorique qui peut être supérieur ou inférieur aux dépenses constatées. Ces différences venant essentiellement de la variation des annuités d'emprunt et de l'évolution des coûts de maintenance.

Estimation de la valeur des équipements

Il y a deux façons d'estimer la valeur des équipements.

Le plus simple est d'utiliser les plans d'investissements passés. Comme les prix varient au cours du temps, il est indispensable de calculer le coût financier en référence aux prix d'une année donnée. Que les ouvrages soient réalisés sur une courte période ou sur plusieurs années, les dépenses engagées sont exprimées en prix nominaux, elles doivent donc être converties pour éliminer les variations inhérentes aux inflations et déflations, en utilisant l'indice des prix des biens intermédiaires composant les équipements.

Lorsque les plans d'investissement passés ne sont pas disponibles, la dépense d'investissement est estimée sur la base d'un devis de reconstruction du réseau à l'identique à partir des caractéristiques techniques de celui-ci. Si le coût financier doit être calculé sur les prix d'une année différente de celle du devis, il faudra convertir le montant du devis pour le ramener au niveau des prix de l'année de référence choisie.

L'actualisation et le choix d'un taux

Les techniques comptables d'amortissement ne tiennent pas compte ni de la préférence pour le présent des acteurs ni du coût d'opportunité du capital. Aussi, on utilise la technique de l'amortissement économique qui repose sur le principe de l'actualisation⁵ (Terreaux *et al.*, 2001).

Pour les études de cas, on retiendra 3 % comme valeur du taux d'actualisation (Arrow, 1995) ; (Terreaux, 1997).

Les durées de vie

Le choix de la durée de vie des équipements⁶ conditionne l'estimation du coût annuel. Lorsque l'on souhaite opérer des comparaisons entre réseaux, il est absolument nécessaire de retenir des hypothèses de durées de vie identiques non seulement pour tous les équipements semblables mais également pour les réseaux eux-mêmes.

L'évolution des dépenses de maintenance

Le coût de la maintenance⁷ préventive et corrective comprend les dépenses engagées pour payer les consommations intermédiaires et les outils du gestionnaire consacrés à la maintenance, la rémunération du travail et des entreprises prestataires de services.

Les coûts de maintenance étant croissants sur la durée de vie, on suppose qu'ils suivent une évolution exponentielle, ils sont donc calculés sur la base de la valeur actuelle des investissements initiaux. La littérature sur les réseaux d'irrigation fournit une fourchette du coût de la maintenance (tableau I). On considère que la borne inférieure « f_1 » correspond au niveau théorique de dépense en début de vie de l'équipement et « f_T » à la dépense en fin de vie.

Tableau I. Coûts de maintenance préventive par type d'équipement (Tiercelin, 1998).

Type d'équipement	Coût annuel d'entretien (en % de l'investissement actualisé : f_1 à f_T)
Pistes, digues et terrassement	1 à 2
Génie civil, canalisations et gros appareillage	0,3 à 1
Petit appareillage	1,5 à 5

5. De même, dans les analyses économiques de projet, le principe est de prendre en compte les dépenses et les recettes au moment où elles interviennent, de les actualiser et de les sommer afin de comparer la Valeur actualisée nette de plusieurs projets (Squire et Van-der-tak, 1975).

6. très variables en hydraulique agricole.

7. La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans l'état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. L'objectif étant la pérennité du fonctionnement normal (norme Afnor Nf x 60-010).

Pour connaître l'évolution théorique exacte des dépenses de maintenance pour chaque équipement, on cherche le taux de croissance « b » tel que les dépenses soient égales à « f₁ » en début de vie et à « f_T » la dernière année d'utilisation de l'équipement.

On suppose la forme fonctionnelle suivante avec « V » la valeur de l'équipement et « T » sa durée de vie. La dépense théorique de maintenance en année « t » est :

$$M_t = Vf_1(1+b)^t$$

et compte tenu des contraintes précédentes, on a :

$$b = \left(\frac{f_T}{f_1} \right)^{\frac{1}{T-1}} - 1$$

Formulation générale

La figure 2 présente le phasage de la méthode de calcul du coût financier. Connaissant l'ensemble des acteurs de la sphère d'analyse, on identifie et on exprime en francs courants le montant des investissements qu'ils consentent à financer puis, on calcule les coûts d'exploitation, de maintenance et du capital que l'on agrége pour obtenir le coût financier.

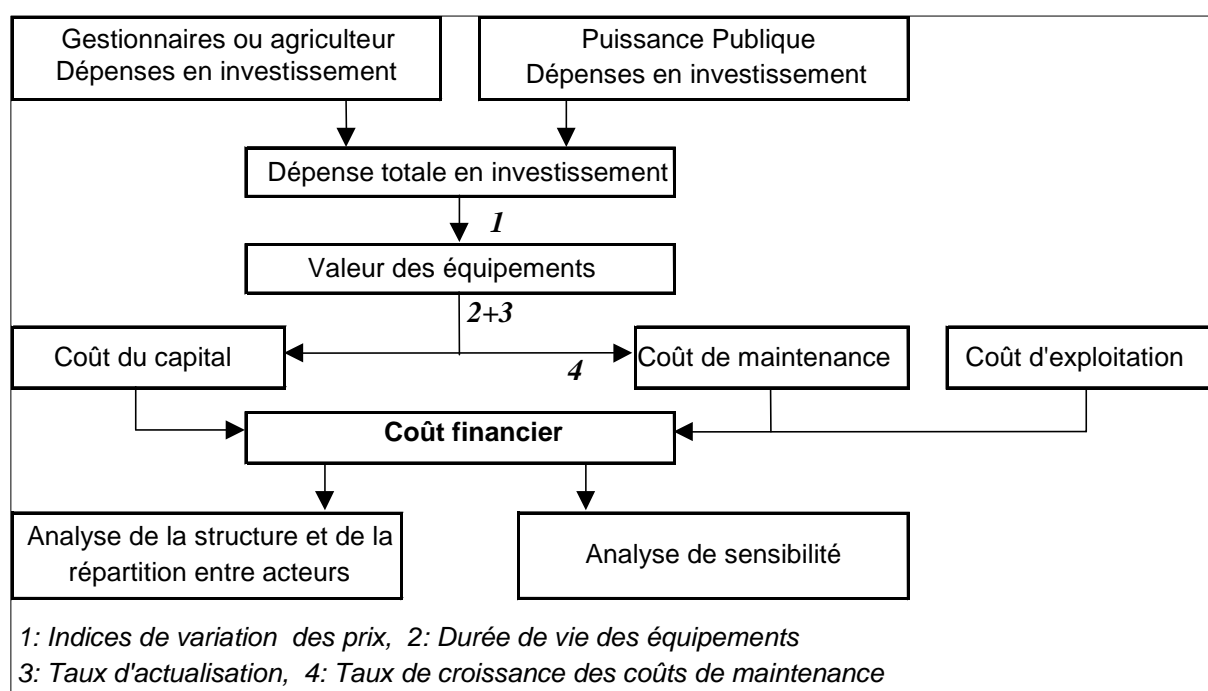


Figure 2. Démarche de calcul du coût financier.

Le coût du capital

Cas d'un seul bien

Un capital V_0 est investi à l'instant t_0 pour un bien durable dont la durée de vie est de T années. Le coût d'usage de ce capital pendant une période est la somme :

- de la charge financière, elle représente le bénéfice qui aurait pu être retiré d'un emploi alternatif du capital investi ; ce bénéfice ou coût d'opportunité est calculé au taux d'actualisation (a) ;
- de la dépréciation du bien qui correspond à son usure physique au cours de la période.

Ce coût d'usage du capital sur une période t (K_t), définie par deux dates $(t-1)$ et t , peut être formulé de la façon suivante :

$$K_t = aV_{t-1} + V_{t-1} - V_t = V_{t-1}(1+a) - V_t$$

Avec :

V_{t-1} : valeur du bien en début de période ;

le produit aV_{t-1} représente les charges financières ;

$V_{t-1} - V_t$: représente la dépréciation du bien au cours de la période.

On démontre que V_0 est égal à la somme actualisée des coûts d'usage du capital par périodes :

$$V_0 = \frac{V_0(1+a) - V_1}{1+a} + \dots + \frac{V_t(1+a) - V_{t+1}}{(1+a)^{t+1}} + \dots + \frac{V_{T-1}(1+a) - V_T}{(1+a)^T} = \sum_{t=1}^{t=T} \frac{V_{t-1}(1+a) - V_t}{(1+a)^t} \quad (1)$$

Le coût d'usage du capital ainsi défini, est aussi appelé amortissement économique ou valeur d'usage du capital.

Afin de calculer le coût moyen d'usage du capital par période, au lieu de coûts $K_t = V_{t-1}(1+a) - V_t$ quelconques, on introduit une somme constante C qui représente les charges financières et la dépréciation du bien pour des périodes de même durée.

La relation (1) s'écrit :

$$V_0 = C \sum_{t=1}^{t=T} \frac{1}{(1+a)^t}$$

On en déduit le coût moyen d'usage du capital C pour une année :

$$C = aV_0 \frac{(1+a)^T}{(1+a)^T - 1}$$

Cas de plusieurs biens

Dès lors que l'on s'intéresse à un ensemble d'équipements aux durées de vie différentes, on ne peut pas faire la somme des simples coûts moyens pour obtenir le coût total moyen car pour une partie des biens, le coût serait compté en totalité alors que ces biens ne sont pas utilisés jusqu'à usure physique complète⁸. Il y a donc là une difficulté pratique de calcul qui est surmontée en considérant que les biens sont renouvelés à l'infini (Faustmann, 1849) ; (Terreaux *et al.*, 2001).

Dans ce cas seulement, le coût annuel moyen de l'ensemble des équipements (CC) peut être obtenu par la sommation des coûts individuels :

$$CC = \sum_{e=1}^{e=\infty} C_e$$

La prise en compte de la date de mise en service de l'équipement

Afin de tenir compte de la mise en service des équipements à des dates différentes (Persoz *et al.*, 1984), il suffit d'intégrer au calcul précédent le nombre d'année « t » séparant la date de mise en service du réseau et celle de l'équipement dont on recherche le coût. Le coût moyen annuel du capital pour la totalité des équipements est alors :

8. A défaut de pouvoir les revendre sur le marché de l'occasion.

$$CC = a \sum_{e=1}^E \frac{V_{0,e} (1+a)^{T_e - t_e}}{(1+a)^{T_e} - 1}$$

Coût de maintenance⁹

Le coût de la maintenance dépend de la durée de vie de l'équipement. Là aussi, on se heurte à la même difficulté pratique de calcul rencontrée pour le coût du capital. La même procédure de calcul est donc adoptée.

$$CM = a \sum_{e=1}^E CM_e = a \sum_{e=1}^E V_e \cdot f_{1e} \frac{\left[(1+a)^{T_e} - (1+b_e)^{T_e} \right]}{(a-b)(1+a)^{t_e} \left[(1+a)^{T_e} - 1 \right]}$$

Coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation se composent des coûts de gestion courante, d'énergie, de personnel et de quelques transferts. Les coûts de gestion courante sont assez facilement identifiables car ils donnent lieu à l'établissement de factures. Les coûts en énergie sont extrêmement variables d'un système de mobilisation à un autre, mais proportionnels aux volumes pompés¹⁰. Les coûts en personnel sont identifiables grâce à la masse salariale. Il est cependant nécessaire d'ôter à ce coût la part correspondant au personnel affecté à la maintenance. Si la masse salariale consacrée à la maintenance doit théoriquement croître dans le temps, il n'y a aucune raison que la part consacrée au personnel administratif et au personnel d'exploitation n'augmente. Les transferts concernent essentiellement les impôts et taxes (agence de l'eau et services fiscaux), les prestations de services entre divers gestionnaires (convention de restitution établie entre le gestionnaire d'une retenue et l'utilisateur gestionnaire du réseau d'irrigation) ; selon la sphère d'analyse considérée, ces transferts sont ou ne sont pas pris en compte.

De façon analogue au calcul des coûts précédents, le coût moyen d'exploitation (CE) sera égal au produit du taux d'actualisation par la somme actualisée des dépenses futures d'exploitation :

$$CE = a \sum_{t=0}^{+\infty} \frac{E_t}{(1+a)^t}$$

et si E_t est constant d'une année à l'autre alors $CE = E$

Applications

Présentation des cas étudiés

La méthode de calcul du coût de mobilisation de la ressource en eau est appliquée à cinq situations de mobilisation de la ressource depuis son site naturel jusqu'à la parcelle à irriguer. Elles ont été choisies parmi les situations jugées fréquentes en France (Gleyses, 2000). Un cas de réseau d'irrigation a été étudié pour chaque situation :

- réseau individuel avec prélèvement dans la nappe (Beauce) ;
- réseau individuel avec prélèvement dans une rivière avec un étiage sévère (Drôme) ;
- réseau collectif avec prélèvement dans une rivière avec un étiage sévère (Drôme) ;
- réseau collectif avec prélèvement dans une rivière réalimentée (Arros) ;
- réseau collectif avec retenue collinaire (Est de la Sologne).

9. Pour plus de détails sur le mode de calcul du coût de maintenance voir (Loubier et Gleyses, 2000).

10. Cependant, la consommation électrique ne dépend pas seulement des caractéristiques précédentes mais également du degré d'usure des pompes et moteurs (c'est-à-dire de leur rendement) et de la surconsommation ou sous-consommation par rapport au contrat établi entre le gestionnaire et le fournisseur.

Pour chaque cas étudié, l'année de référence retenue est 1998, qui correspond à une année moyenne en termes de demande en eau. Cela nous permet d'introduire des coûts d'exploitation constants puisque la dépense en énergie qui est la seule composante variable du coût est strictement proportionnelle aux quantités pompées.

Le coût financier collectif

Les coûts en réseaux collectifs sont très nettement supérieurs à ceux des réseaux individuels et, au sein du même type de prélèvement, le coût financier varie du simple au double (figure 3).

Les différences de coûts s'expliquent par les choix techniques faits à la création du réseau, par la qualité du service offert (pression, débit, utilisation des prises à la demande ou au tour d'eau), par la topographie des lieux et la topologie des parcelles à équiper.

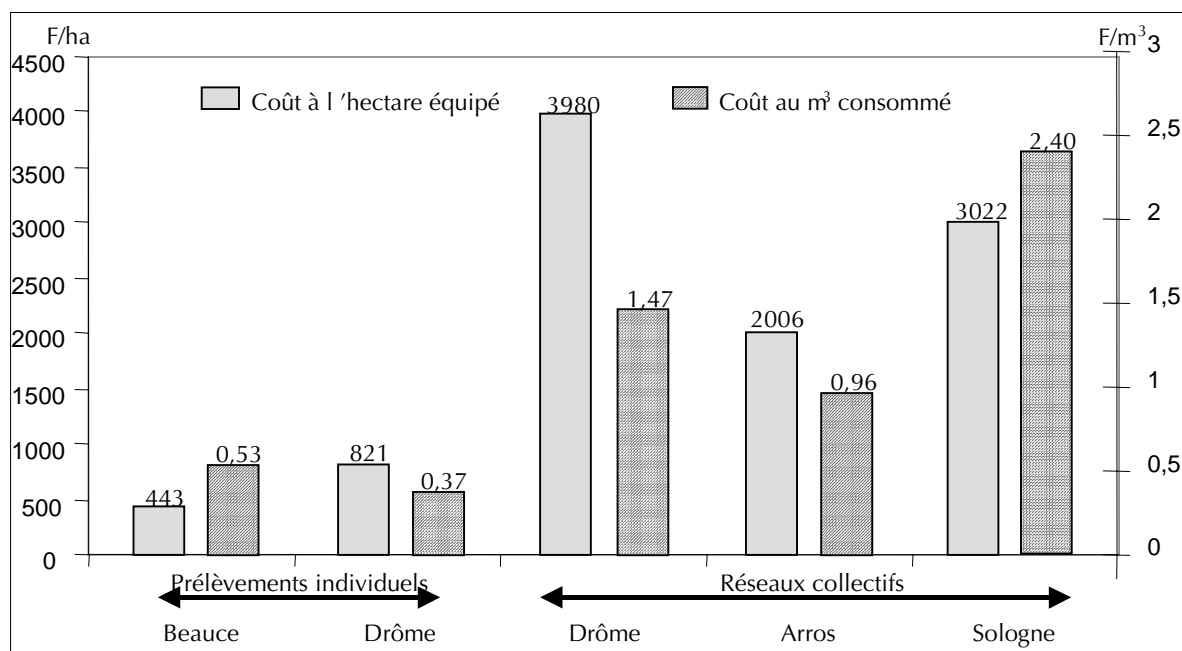


Figure 3. Coût financier.

Les deux réseaux pour lesquels il y a stockage d'eau (Sologne et Arros) n'ont pas le coût par hectare irrigué le plus élevé. La part du coût financier correspondant aux retenues est de 449 F/ha pour l'Arros et de 481 F/ha pour la retenue collinaire, soit respectivement 22 % et 16 % du total.

La hiérarchie des coûts au mètre cube est différente de celle des coûts par hectare irrigué. Les réseaux avec des consommations moyennes annuelles de plus de 2 000 m³/ha ont les coûts par mètre cube les plus faibles (individuel, Drôme ; collectifs de l'Arros et de la Drôme). C'est le réseau avec retenue de la Sologne qui a le coût au mètre cube le plus élevé car, comme pour le prélèvement individuel en Beauce, la consommation est faible : 1 200 m³/ha.

Structure et répartition du coût financier

Le coût du capital est décomposé en coût d'opportunité du capital et en dépréciation physique des biens. Le capital représente de 50 à 72 % du coût financier (50 et 58 % pour les prélèvements individuels et de 64 à 72 % pour les prélèvements collectifs). Il est intéressant de noter la part importante que représente le coût d'opportunité dans le coût du capital : 35 et 41 % en prélèvement individuel et de 43 à 57 % en réseau collectif (figure 4). Ces différences sont dues aux durées de vie des équipements car, lorsque celles-ci augmentent, la part du coût d'opportunité suit la même évolution.

Par rapport au coût du capital, les coûts d'exploitation sont relativement peu variables d'une situation à l'autre, en particulier, ils sont voisins pour les trois réseaux collectifs. Les coûts d'exploitation sont fortement déterminés par les dépenses d'énergie qui représentent de 50 à 100 % des dépenses d'exploitation.

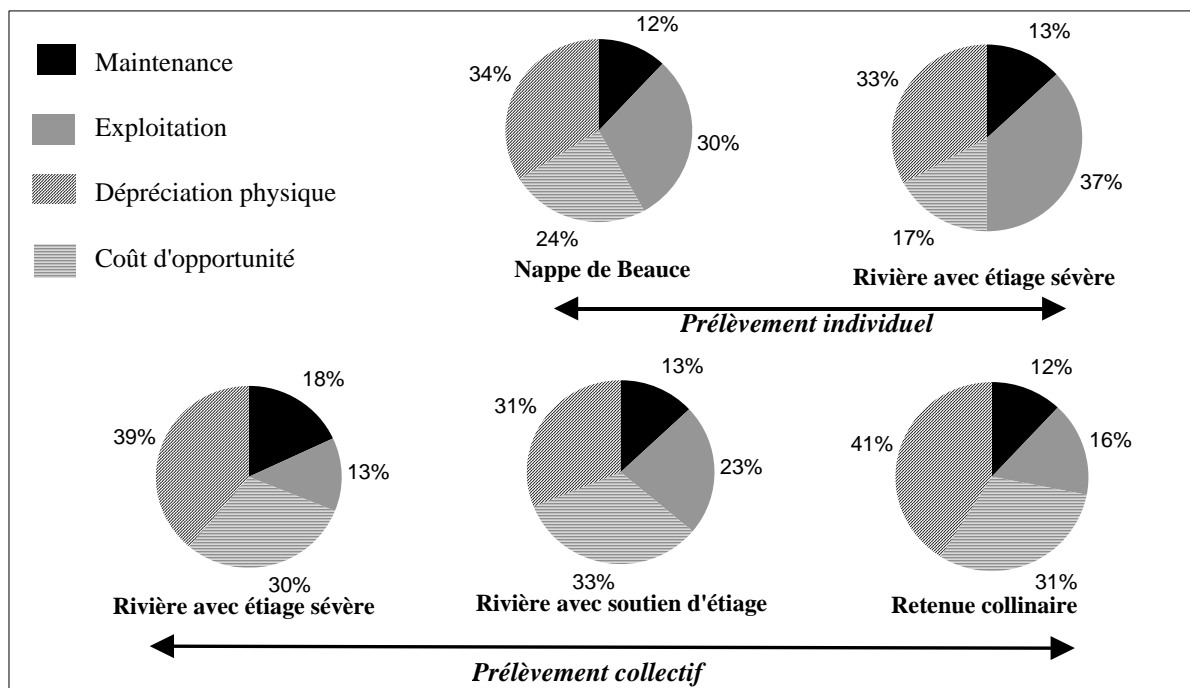


Figure 4. Structure du coût financier.

Les coûts de maintenance ont pratiquement la même valeur quelle que soit la situation, excepté pour le réseau collectif « Drôme », qui se singularise par des coûts de maintenance les plus élevés : 698 F/ha soit 18 % du coût financier. Cette situation est due, d'une part, à une dépense d'investissement à l'hectare qui est la plus élevée et, d'autre part, à un investissement proportionnellement plus important en station de pompage : 31 % de l'investissement total. Les stations sont les biens qui occasionnent les dépenses de maintenance les plus élevées par rapport à leur valeur d'achat. Dans les cinq situations étudiées, elles représentent une part du coût de maintenance plus que proportionnelle à leur part dans le coût du capital.

Dans les deux cas de prélèvement individuel, l'irrigant, supporte la totalité du coût financier. Seulement 2 % du coût est pris en charge par l'Agence de l'eau pour le cas « Beauce ».

La part du coût pris en charge par les gestionnaires de réseaux collectifs représente de 57 à 64 % du coût financier (57 % pour le réseau de la Drôme, 63 % pour celui de Sologne et 64 % pour le réseau de l'Arros). Elle comprend la totalité des coûts de maintenance et d'exploitation et une part plus ou moins grande du coût du capital, de 37 à 49 %.

La part du coût financier supportée par la puissance publique représente pour les réseaux collectifs de 36 à 43 % avec une répartition entre institutions très variable d'un cas à l'autre selon la date de création des réseaux et selon les choix de politiques publiques locales et nationales.

Coût financier et prix payé par l'utilisateur

Le coût financier est issu du calcul économique présenté précédemment alors que le prix payé par l'utilisateur correspond à une année donnée (1998), et son mode de calcul est différent.

Le tableau II illustre les risques d'interprétations erronées qui peuvent résulter d'une comparaison hâtive entre le prix payé une année donnée et le coût financier. L'exemple des deux réseaux individuels est frappant de ce point de vue-là. Alors qu'ils n'ont bénéficié d'aucune subvention d'investissement, ils supportent 100 % du coût financier et n'ont payé en 1998 que 42 et 44 % du coût financier. Cela est tout simplement dû au fait que, d'une part, le remboursement des emprunts initiaux est terminé¹¹ et que d'autre part, le réseau est suffisamment jeune pour que les dépenses de maintenance soient inférieures à la part du coût financier théoriquement consacrée à la maintenance. Lorsque les réseaux collectifs sont en cours de remboursement d'emprunt pour la création des aménagements, le prix payé peut correspondre au coût financier. C'est le cas du jeune réseau de Sologne.

Les écarts constatés peuvent également venir du fait que cette méthode de calcul du coût financier ne permet pas de prendre en compte les choix des gestionnaires en termes de politique de maintenance. Or, certains gestionnaires, soucieux de réduire les dépenses totales actuelles, peuvent négliger la maintenance des équipements au risque de devoir les renouveler plus tôt (Tiercelin, 1998) ; (Plantey, 1999).

La comparaison entre prix payé et coût financier met en lumière l'influence déterminante de la position de l'équipement dans son cycle de vie.

Tableau II. Prix, âge du réseau et annuités d'emprunt.

Type de prélèvement	Individuel			Collectif	
Lieu	Beauce	Drôme	Drôme	Arros	Sologne
Prix payé en 1998 (en % du coût financier)	42	44	56	45	100
Age du réseau en 1998	13	15	18	26	12
Annuités en F de 1998	0	0	1 313	217	2 332

Sensibilité du coût financier aux durées de vie et au taux d'actualisation

Quelles que soient les situations étudiées, les coûts du capital et de maintenance représentent une part importante du coût financier, de 63 à 87 %, or, ils dépendent tous deux des hypothèses retenues pour la durée de vie des équipements et le taux d'actualisation. On va donc successivement calculer puis analyser les coefficients d'élasticité du coût financier aux durées de vie d'une part et au taux d'actualisation d'autre part.

Elasticité du coût financier à la durée de vie des équipements

Pour les cinq situations étudiées :

- le coefficient d'élasticité est négatif et inférieur à 1, il s'ensuit que lorsque la durée de vie augmente, le coût financier diminue moins que proportionnellement aux variations de durées de vie et inversement ;
- en valeur absolue, le coefficient d'élasticité diminue lorsque la durée de vie des équipements augmente ;
- dans la plage de variation de la durée de vie de - 20 % à + 20 %, le coefficient d'élasticité en valeur absolue est compris entre 0,20 et 0,44 selon la durée de vie et la situation considérée.

Cependant le coefficient d'élasticité du coût financier, en valeur absolue, est plus ou moins élevé selon les situations. Cette variabilité s'explique par des différences sur la structure de durée de vie des équipements et sur l'importance relative des coûts du capital, de maintenance et d'exploitation dans le coût financier.

11. Ou bien qu'ils n'ont pas eu recours à l'emprunt pour financer leurs investissements initiaux.

Une réduction de la durée de vie de tous les biens d'équipement de 20 % se traduit par une augmentation du coût financier de 6 à 10 %. Une augmentation de la durée de vie des mêmes biens de 20 % se traduit par une réduction du coût de 4 à 6 %.

Elasticité du coût financier au taux d'actualisation

Dans les études de choix d'investissements, les planificateurs retiennent des taux qui, en fonction de la conjoncture, peuvent atteindre 10 %. De tels taux ont un effet très sélectif.

On a testé la sensibilité du modèle de calcul en faisant varier le taux d'actualisation de 2 à 7 % par an. Les résultats des simulations montrent que dans tous les cas, le coût financier augmente avec le taux d'actualisation et que les réseaux collectifs sont plus sensibles au taux d'actualisation que les cas de prélèvement individuel.

Le coefficient d'élasticité du coût financier au taux d'actualisation est :

- positif et inférieur à 1, le coût financier varie comme le taux d'actualisation mais moins que proportionnellement. Il varie de 0,19 à 0,63 selon les situations et la valeur du taux ;
- en valeur absolue, le coefficient d'élasticité augmente avec le taux d'actualisation, la sensibilité du coût financier au taux d'actualisation est d'autant plus forte que le taux d'actualisation est élevé.

Le coefficient d'élasticité est variable selon les situations, il est plus élevé pour les réseaux collectifs que pour les prélèvements individuels. Ces différences de sensibilité au taux d'actualisation sont dues à la durée de vie des équipements, les réseaux collectifs ont la plus faible proportion de biens d'équipement avec une durée de vie inférieure à 30 ans en particulier c'est le réseau de l'Arros qui a l'élasticité du coût au taux d'actualisation la plus forte et la plus faible proportion de biens d'équipement à durée de vie courte. Lorsque le taux d'actualisation double, de 3 à 6 %, le coût financier augmente de 19 à 40 % selon les situations.

De façon générale, le coût financier est peu sensible à la durée de vie des biens, il est plus sensible au taux d'actualisation même si le coefficient d'élasticité par rapport à ce taux reste inférieur à 1. Aussi, pour des biens de durée de vie très longue, 75 ans et au-delà, il vaudra mieux être attentif au choix du taux d'actualisation, qu'à celui de la durée de vie dont l'effet sur le coût est moindre.

Conclusion

La méthode présentée permet de calculer le coût financier de mobilisation de la ressource en eau pour l'irrigation depuis son site naturel jusqu'au lieu de livraison à l'utilisateur. Les composantes du coût (coût d'opportunité du capital, dépréciation physique, maintenance et exploitation) et la répartition du coût entre les différents agents de la sphère d'analyse sont également évalués. L'avantage de la méthode est la possibilité de comparer différents modes de mobilisation d'un point de vue économique.

Cette méthode a été appliquée à différentes situations de prélèvement rencontrées en France : deux cas en prélèvement individuel et trois cas en réseau collectif.

Le coût financier est différent d'un cas à l'autre. La qualité du service (pression et débit à la borne), le dénivelé et la distance des parcelles à la ressource expliquent pour une bonne part ces différences. Le coût financier est nettement plus faible en prélèvement individuel qu'en réseau collectif, principalement en raison d'une plus faible distance entre les parcelles et la ressource. Pour l'interprétation des résultats, le choix de l'unité dans laquelle est exprimé le coût financier (volume ou surface) est essentiel car la hiérarchie entre réseaux est modifiée.

Le coût en capital est la principale composante du coût financier : au moins 50 % en prélèvement individuel et des deux tiers au trois quarts du coût financier en réseau collectif ; et la part du coût d'opportunité est d'autant plus forte que les réseaux sont composés d'équipements à durées de vie longues.

La part du coût financier supportée par les organismes publics ayant financé une partie des aménagements, n'est importante que pour les réseaux collectifs étudiés. Selon les cas, elle se situe entre 36 et 43 % ; le coût restant est supporté par le gestionnaire des aménagements.

Si l'incertitude sur la durée de vie des biens a des effets relativement faibles sur le coût financier, par contre, le choix du taux d'actualisation a des effets beaucoup plus sensibles. Cette dernière sensibilité dépend de la structure du capital et de l'échelonnement des investissements réalisés. Elle augmente avec la proportion de biens à durée de vie longue et diminue lorsque les investissements sont réalisés progressivement. Dans les cinq cas étudiés, pour les plages de variation du taux d'actualisation et de durée de vie testées, la hiérarchie des coûts entre les différentes situations n'est pas modifiée.

La méthode est aisée à mettre en œuvre, dès lors que toutes les dépenses d'investissement et leur calendrier sont parfaitement connus ainsi que les dépenses d'exploitation.

Elle est relativement robuste car la hiérarchie des résultats (coûts et répartition des postes de coûts) en fonction des types de réseaux est peu sensible aux hypothèses sur la durée de vie des équipements et sur le taux d'actualisation.

Cependant, la méthode peut être améliorée avec la prise en compte des choix de politiques de maintenance des gestionnaires, des taux d'actualisation propres à chaque agent et des modifications des politiques publiques au cours du temps.

Cette méthode de calcul reste incomplète car elle ne tient pas compte des effets externes (coûts indirects marchands et coûts directs et indirects non marchands), mais dès lors que l'on dispose des données nécessaires, elle peut être généralisée à l'ensemble des coûts.

Remerciements

Les auteurs remercient en particulier le comité inter-agences de l'eau qui a permis la réalisation de ce travail grâce à son aide financière.

Bibliographie

ARROW J., 1995. Effet de serre et actualisation. *Revue de l'énergie*, octobre 1995 : 6 p.

BOUCHE M., PLAUCHU V., et al. 1988. A la recherche du coût financier. *Revue Achats et entretien*, (403) : 27-34.

CASTILLO A.M.D., 1997. Water pricing experiences: an international perspective - Capital cost recovery: an international experience in irrigation projects. *World Bank Technical Paper*, (386) : 149-153.

DINAR A., SUBRAMANIAN A., 1997. Water pricing experiences: a international perspective. *World Bank Technical Paper*, (386) : 1-12.

FAUSTMANN M., 1849. Calculation of the value which forest land and immature stands possess for forestry. Reprint in *Journal of Forestry Economics*, 1 (1) : 7-44.

GITTINGER J. P., 1985. Analyse économique des projets agricoles. Washington, Etats-Unis, Banque Mondiale: institut de développement économique, 547 p.

GLEYES G., 2000. Evaluation des surfaces irriguées en France: Analyse selon l'origine de la ressource et le mode de distribution. Montpellier, France, Cemagref - Ur Irrigation WP 2000 - 07, 16 p.

GLEYES G., LOUBIER S., 2000. Les coûts de mobilisation de la ressource en eau pour l'irrigation: Méthode de calcul et étude de cas. Montpellier, France, Cemagref UR irrigation - Agence de l'eau RMC, 268 p.

GORMAND C., 1986. Le coût global. Paris, France, Afnor, 229 p.

JANIN J.L., 1996. L'irrigation en France depuis 1988. *La Houille Blanche*, (8) : 27-34.

JANIN J.L., 1997. L'irrigation toujours en hausse. *Agreste - Les cahiers*, (26) : 3-7.

LOUBIER S., 1998. Pour une gestion durable d'un périmètre irrigué: le choix d'une politique de maintenance et de renouvellement des équipements des réseaux d'irrigation sous pression gérés par des

associations syndicales autorisées. Mémoire de DEA, Université de Montpellier I - Ensam -Cemagref, France, 104 p.

LOUBIER S., GLEYSSES G., 2000. Méthode générale de calcul des coûts: spécificités pour une application à la mobilisation de la ressource en eau pour l'irrigation. Montpellier, France, Cemagref - Ur Irrigation WP 2000 - 11 : 37 p.

PERRY C. J., 1996. Alternative approaches to cost sharing for water service to agriculture in Egypt. Colombo, Sri Lanka, International Irrigation Management Institute (IIMI),.15 p.

PERSOZ H., SANTUCCI G., LEMOINE J. C., SAPET P., 1984. Théorie économique de la planification des réseaux *In* La planification des réseaux électriques. Collection de la Direction des Etudes et Recherche d'Electricité de France. Paris, France, Eyroles, p. 246-259.

PLANTEY J., 1999. Sustainable management principles of French hydro-agricultural schemes. *Irrigation and Drainage System*, 3 (2) : 189-205.

SQUIRE L., VAN-DER-TAK H. G., 1975. Analyse économique des projets. Paris, France, Economica, 159 p.

TARDIEU H., 1999. La valeur de l'eau en agriculture irriguée: une information économique nécessaire pour mieux réguler la gestion de l'eau et des productions agricoles dans un marché ouvert. Granada, Spain, 17th Congress of International Commission on Irrigation and Drainage, vol 1G : 19 p.

TERREAUX J.P., 1997. Choix d'investissement et détermination du taux d'actualisation. Montpellier, France, Cemagref - Ur Irrigation WP 1997 - 01 : 18 p.

TERREAUX J.P., GLEYSSES G., LOUBIER S., 2001. Sur la détermination du coût de l'eau d'irrigation. Montpellier, France, Cemagref - Ur Irrigation WP 2001, à paraître.

PLANTEY J., BLANC J., (1998). Management d'un organisme gestionnaire de périmètre irrigué *In* Traité d'irrigation, TIERCELIN J. R. (ed). Paris, France, Tec&Doc, p. 813 - 862.

VERDIER J., MILLO J. L., 1992. Maintenance des périmètres irrigués. Paris, France, Ministère de la coopération et du développement, Collection Techniques rurales en Afrique, 323 p.

WEIDNER R., HERITIER M., 1995. La maintenance des réseaux d'irrigation. La Haye, pays-Bas. 15ème congrès de ICID : 15 p.

World Bank, 1993. Water resource management: A policy paper. Washington, Etats-Unis, D.C.