

Programmation linéaire et décision d'investissement

Ricard R., Valleix F.

Informatique et développement rural

Paris : CIHEAM

Options Méditerranéennes; n. 2

1970

pages 42-53

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI010320>

To cite this article / Pour citer cet article

Ricard R., Valleix F. **Programmation linéaire et décision d'investissement.** *Informatique et développement rural*. Paris : CIHEAM, 1970. p. 42-53 (Options Méditerranéennes; n. 2)



<http://www.ciheam.org/>

<http://om.ciheam.org/>

par R. RICARD
et F. VALLEIX

Société du Canal de Provence
et d'aménagement
de la Région Provençale

Programmation linéaire et décision d'investissement

L'utilisation de modèles mathématiques pour déterminer le comportement économique prévisible des agriculteurs amenés à prendre des décisions en situation d'incertitude et face à une innovation telle que la fourniture d'eau sous pression, se révèle un auxiliaire de choix pour éclairer les décisions de l'organisme responsable de l'aménagement rural.

Depuis plusieurs années, la Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la région Provençale a mis au point un modèle de ce genre, et l'on se limitera ici à décrire le parti pratique que l'on peut tirer de telles méthodes, plus généralement connues sous l'appellation de programmes linéaires.

On ne s'attachera donc pas à la technique de mise au point du modèle, largement exposée par ailleurs (1), mais on cherchera à résumer concrètement ici la contribution que peut apporter à la formulation d'une politique économique l'utilisation de tels modèles. Puis, à partir d'une étude récente, nous montrerons quel type d'information il est possible d'en attendre.

1. — LE RECOURS A LA PROGRAMMATION LINÉAIRE EN VUE DE LA JUSTIFICATION ÉCONOMIQUE DES PROJETS : INTÉRÊTS ET LIMITES

Les premières expériences en matière de programmation linéaire, réalisées en liaison avec l'I.N.R.A., ont porté sur la construction de modèles très complets et très détaillés : les types de cultures étaient finement individualisés jusqu'à introduire plusieurs modes d'assolements (crop pattern) (par exemple culture de printemps ou d'automne) ou plusieurs systèmes d'élevage ou d'exploitation de l'herbe. En fait, il apparaît

maintenant qu'un travail aussi méticuleux au stade de l'élaboration mathématique du modèle n'est pas toujours indispensable au stade de la formulation concrète des recommandations que sont amenés à énoncer les économistes.

Que cherche-t-on à obtenir en effet ? Une équipe d'économistes responsables d'apporter les éléments de décisions d'investissement à une société d'aménagement régional n'a pas, finalement, besoin de solutions d'une très grande précision. Les résultats fournis par la recherche économétrique doivent se situer au niveau des tendances générales qui vont marquer l'avenir d'une zone à aménager. Affirmer que, par exemple, les agriculteurs, après l'implantation de réseaux d'irrigation, vont cultiver du blé tendre ou du blé dur est de peu d'importance. En revanche, il est important de savoir si ces agriculteurs vont avoir intérêt à perpétuer des cultures céréalières ou si, au contraire, ils vont les abandonner au profit du fourrage de l'élevage ou des cultures légumières, grosses consommatrices d'eau. Cet aperçu sur l'orientation générale est alors suffisant pour apprécier si l'on doit ou non envisager un rythme d'équipement accéléré ou au contraire étalé dans le temps, ce qui retentira considérablement sur son mode d'utilisation et sur la rentabilité générale du projet.

Les données de la programmation linéaire, d'autre part, ne constituent pas les seuls éléments de décision qu'apportent les économistes. Ceux-ci doivent les amalgamer et les comparer très soigneusement aux résultats d'autres recherches telles que les tendances de la population, les études sur l'aptitude des sols et du climat, l'existence d'un équipement commercial pour la vente des récoltes, etc... Démarche essentiellement analytique, la programmation linéaire doit conduire à un jugement synthétique où chaque donnée est fondue dans une gamme d'appréciation commandée par une indispensable connaissance du milieu.

Pour toutes ces raisons, il est apparu nécessaire de s'affranchir d'outils trop compliqués et trop difficiles à manipuler au stade des études d'avant projets. On comprendra aisément qu'une telle simplification n'a été rendue possible qu'à la condition que fut préalablement réalisée une maîtrise totale du modèle

« lourd » dont la mise au point a nécessité de longues années de recherches et de confrontations avec les exigences des situations concrètes.

Au point où en sont parvenues les études économiques à la Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale, on peut affirmer que le modèle léger du type Provence est bien au point. Ceci n'empêche pas la nécessité de poursuivre les recherches sur des modèles lourds très élaborés. On l'a déjà dit plus haut : un modèle léger ne peut être construit qu'à partir d'un modèle lourd, de la même manière qu'une voiture de série bénéficie de l'expérience de ruineuses voitures de course. Le modèle léger, en effet, n'est pas à priori une simplification du modèle lourd.

Le modèle lourd intègre le maximum de variables et de contraintes que l'on ait pu identifier d'après sa propre connaissance des conditions particulières de la zone étudiée. On y rajoute certains éléments, que l'on peut recueillir à l'occasion des discussions avec des agriculteurs ou des responsables locaux, dont on pense qu'ils pourront avoir une influence. A l'expérience, après fonctionnement du modèle, en faisant éventuellement varier certaines valeurs, on s'aperçoit que certains facteurs sont sans influence. On pourra donc dès lors les supprimer dans le modèle léger. C'est ainsi que l'on a trouvé que l'incertitude du prix de vente des légumes avait de plus profonds retentissements que la hausse du prix de la main-d'œuvre salariée.

La Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale a participé à la construction de trois modèles de grande dimension, l'un adapté à l'étude de l'agriculture et de l'élevage de moyenne montagne, le second à la polyculture, et le troisième à l'agriculture côtière, comprenant une part importante d'horticulture maraîchère et florale, sous serres ou de plein air.

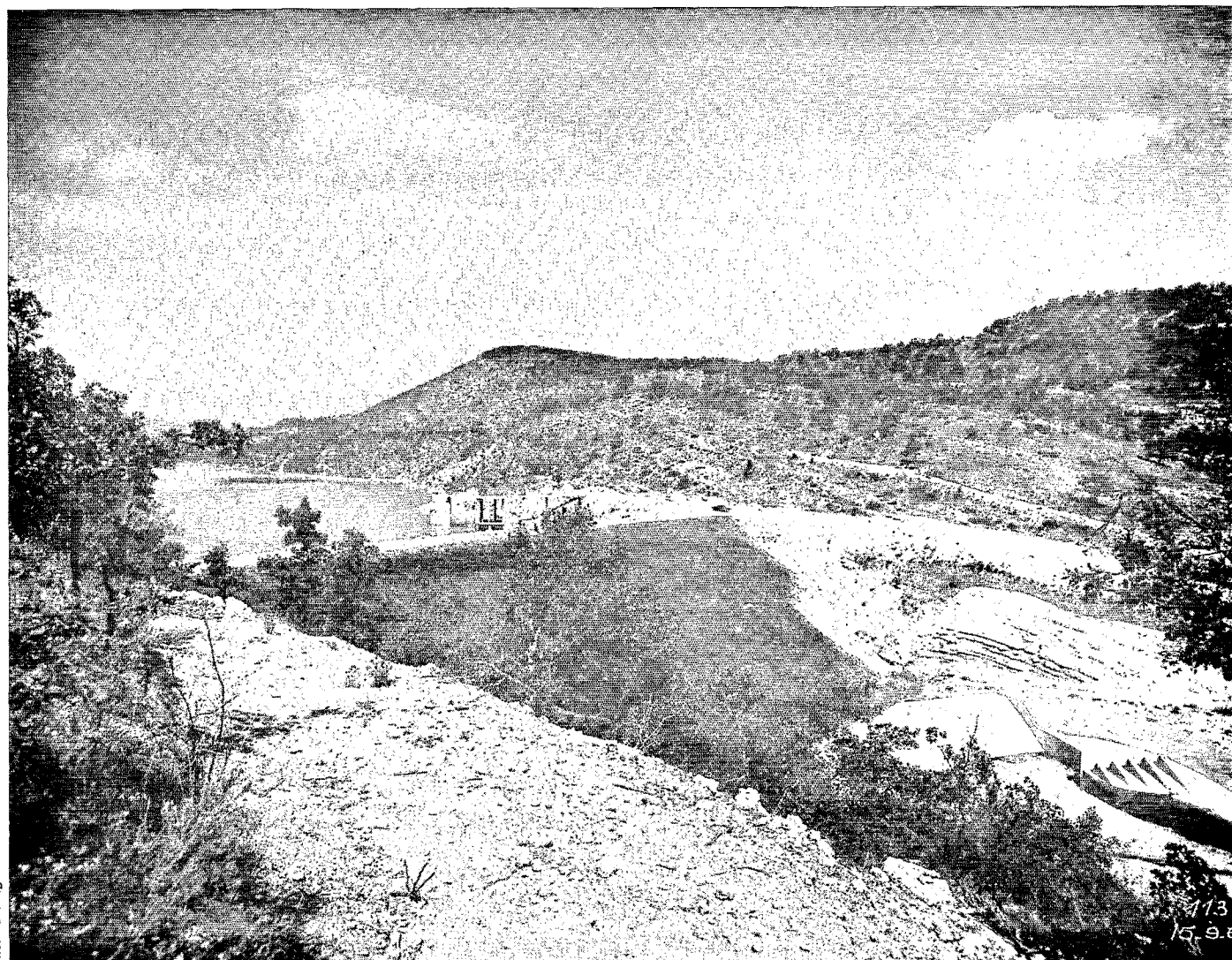
Ce travail de base une fois réalisé, elle a plutôt cherché à utiliser des modèles légers, issus des premiers, et que l'on peut alimenter de données faciles à recueillir, telles par exemple les statistiques administratives ou du Crédit agricole.

(1) En particulier par J. M. Boussard dans la présente revue. Signalons également :

— J. M. Boussard et Petit. Problèmes d'accès à l'irrigation. I.N.R.A.-S.C.P.

— J. M. Boussard et Brun en coll. avec R. Ricard et Valleix. Etude des exploitations irriguées du Bassin de LA LAYE. I.N.R.A.-S.C.P.

— J. M. Boussard et F. Valleix. Extensions urbaines et développement des serres. I.N.R.A.-S.C.P. 1968.



La maîtrise des eaux au service de l'irrigation : le barrage de La Laye, dans son cadre méditerranéen.

Il est un autre aspect positif de la participation à l'élaboration de modèles lourds qu'il ne faut pas négliger : l'importance et la finesse des renseignements à recueillir, si elle exige un gros travail, permet une connaissance des conditions économiques locales de l'agriculteur qui s'avère ensuite infiniment précieuse pour d'autres travaux.

En résumé, disons que la construction de modèles lourds peut être comparée à un investissement à rentabilité différée pour un bureau d'études à vocation régionale. Cette remarque plaide en faveur de la constitution de tels organismes, dans le mesure où ils bénéficient d'une stabilité suffisante pour pouvoir par la suite utiliser des procédures plus légères appliquées à la solution des problèmes qui leur sont soumis.

Il faut signaler en terminant que les modèles du type Provence, qui cherchent à mettre à jour les réactions économiques futures des agriculteurs, peuvent parfaitement rendre compte de l'influence, sur la permanence de l'activité agricole, de phénomènes qui lui sont totalement étrangers. A ce titre, il devient un outil qui intéresse tous les responsables de l'aménagement de l'espace, toutes les fois qu'une part de cette espace est mis en valeur par les cultures.

Ainsi, fixer l'avenir de l'agriculture à la frange des villes est un des problèmes d'aménagement les plus ardues à résoudre. En fait, les agriculteurs réagissent là comme ailleurs à des motivations économiques. Mais les conditions particulières de l'environnement urbain ont pour effet fréquent de provoquer la cessation de l'activité agricole et la mise en vente des exploitations (pour des raisons extérieures à l'économie agricole : plus-value foncière, décalage sociologique...).

Cette modification de l'affectation du territoire prend souvent une allure désordonnée qui provoque la création de vastes zones inutilisées, et une destruction du territoire agricole homogène. Toute politique d'aménagement global de l'économie agricole devient dès lors impossible à mettre en œuvre.

La pratique actuelle du zonage apparaît alors aux propriétaires fonciers, dont beaucoup sont agriculteurs, comme une mesure discriminatoire injuste car elle accroît de manière arbitraire la plus-value foncière des zones reconnues aptes à la construction. De ce fait les propriétaires défavorisés parce que classés en zone agricole souhaitent dès lors faire changer ou « tourner » la réglementation. Ils supporteront d'autant plus mal

d'être condamnés à l'agriculture que la comparaison avec les revenus des activités urbaines proches joue en leur défaveur. A la limite, le zonage peut engendrer l'apparition d'une vaste friche.

Toute mesure de délimitation d'une zone agricole doit pour rencontrer quelque chance d'efficacité être accompagnée d'une bonne connaissance des conditions économiques actuelles de cette agriculture et d'une prévision sur ses chances de maintien.

La simulation à partir d'un modèle économétrique apparaît dès lors comme une tentative intéressante.

Dans une région suburbaine, on peut ainsi tester quels seraient les effets d'une hausse du prix de la terre, d'une hausse ou d'une disparition de la main-d'œuvre salariée ou familiale, d'une réduction des superficies cultivées, d'une modification des tailles d'exploitation, d'une politique de crédit à l'agriculture, etc...

Le responsable de l'aménagement trouve, par le recours à ce modèle, des éléments de réponse aux questions qu'il se pose sur la conséquence, sur la permanence de l'agriculture, des modifications inéluctables de l'environnement économique d'une région, ainsi que sur les effets de la politique qu'il envisage de promouvoir pour favoriser le maintien de cette agriculture.

2. — UN EXEMPLE DE RECOURS A LA PROGRAMMATION LINÉAIRE : RELATIONS ENTRE LE COUT DE L'IRRIGATION ET LE DÉVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE (1)

En pays méditerranéen, l'eau est un produit rare. De ce fait, sa distribution, à partir des ressources exploitables, nécessite des investissements importants dont le remboursement pèsera, en fin de compte, sur l'utilisateur, même si une fraction importante du coût de l'équipement est prise en charge par la collectivité.

Pour les agriculteurs venus à l'irrigation, le prix de l'eau devient un poste de dépense non négligeable, atteignant 5 à 20 % des coûts directs de culture. Malgré la productivité accrue de leur exploitation, ils ne peuvent pas toujours récupérer l'accroissement de leurs coûts sur les prix de vente et réagissent de ce fait d'une façon immédiate aux variations du prix de l'eau. En effet, producteurs de matières premières (fruits, légumes ou cultures industrielles), ils ne peuvent pas, sauf en situation particulière, échapper au poids des coûts de groupage, mise en marché, conditionnement ou transformation et distribution que doivent supporter leurs produits avant d'intéresser le consommateur.

A identité de produit et de poids, ils ne peuvent répercuter dans le prix de vente de leurs produits le coût de l'eau nécessaire pour les obtenir. C'est dire que l'accroissement de productivité, en quantité et en qualité, devient un impératif dont l'irrigation est un moyen indispensable.

Mais en fait, seul un raisonnement trop simple pourrait conduire à conclure que, quand l'irrigation est possible, ce qui constitue en Provence et Languedoc une innovation remarquable, la prospérité et la sécurité des exploitations sont assurées.

(1) Travail exécuté à la demande du Service Spécial du Bassin de la Durance, organisme dépendant du Ministère de l'Agriculture Français (Aix, septembre 1969).

En réalité, la décision de l'agriculteur d'acheter de l'eau pour pratiquer des cultures irriguées va être murie en prenant en compte beaucoup plus que le simple accroissement d'un poste comptable de dépenses. Cela d'autant plus que les possibilités de culture dans une région donnée sont limitées par le climat, le sol, la taille des exploitations, la rareté de la main-d'œuvre ou l'éloignement des points de vente. L'argument des difficultés de vente des productions irriguées, tout en gardant une importance essentielle quoique toujours mis en avant par les producteurs, ne doit pas éclipser pour autant les aspects de gestion et d'organisation de l'exploitation agricole.

Pour le distributeur d'eau d'irrigation chargé d'investir des sommes très importantes, il devient important de prévoir quelles seront les décisions des agriculteurs, compte tenu des différents facteurs de leur environnement économique, et cela quel que soit l'accueil réservé, lors des enquêtes préalables, aux questions sur leur désir de disposer d'eau. Ceux-ci sont généralement favorables car ils n'engagent le futur consommateur que sur l'accroissement de son poste « abonnement à l'irrigation » qui est fait le plus souvent de peu d'importance relative.

Enfin, la décision d'accueillir favorablement une proposition de fourniture en eau est souvent motivée par des espérances extra agricoles de plus value foncière dans une région qui se veut dans son ensemble de haute valeur touristique et résidentielle.

Afin de tenter de connaître les principaux mécanismes économiques qui se conjuguent et de prévoir ce que sera la décision des agriculteurs, la Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale s'est efforcée de réaliser une « simulation » (1) des

(1) Voir : J. M. Boussard et Petit : Problèmes de l'accès à l'irrigation, I.N.R.A., S.C.P., Paris, Le Tholonet 1965. J.M. Boussard et A. Brun en coll. et R. Ricard et F. Valleix : Les exploitations agricoles du bassin de La Laye. I.N.R.A., S.C.P., Paris, Le Tholonet 1967.

décisions, purement économiques, relatives à l'orientation la plus favorable que donne l'agriculteur à son exploitation. En fait, pour simplifier les calculs, on a retenu ici comme cadre une exploitation-type telle qu'on peut la trouver dans la zone irriguée du Bassin de la Laye. Ses caractéristiques sont d'ailleurs voisines de celles d'exploitations de même taille des Haut et Moyen Var ou de la région d'Aix. Mais les résultats obtenus ne sauraient être extrapolés à la région de Berre ou la région côtière ouest de Toulon.

Le modèle employé permet de mesurer les effets découlant de différentes contraintes pesant sur l'exploitation, en particulier celles de moyens de production : variation de la surface cultivée, en propriété ou en fermage, construction de hangar, choix du type d'élevage, importance de la superficie à irriguer, des cultures, montant des emprunts et des placements financiers, etc... L'environnement économique de l'exploitation, sur lequel achoppent nombre d'études similaires, a été pris en compte avec la plus grande précision possible, en particulier en ce qui concerne les problèmes de mise en marché avec l'incertitude qu'elle comporte, les degrés d'endettement, les situations de disponibilités financières, les taux de rémunération effectifs de la main d'œuvre familiale, les contraintes foncières.

Ainsi l'utilisation d'un modèle mathématique prenant en compte l'ensemble du comportement des exploitants agricoles permet, à partir de la fixation de niveaux de prix de l'eau différents, de prévoir les conséquences de différentes méthodes de tarification.

La méthode employée permet d'étudier de très nombreuses incidences de la variation d'un des facteurs économiques de l'exploitation. On se limite ici à faire varier le prix de l'eau et à en étudier les conséquences sur :

- les recettes du distributeur d'eau ;
- la consommation en eau ;
- les résultats économiques de l'exploitation ;
- la surface cultivée ;
- les besoins en main d'œuvre ;

— la répartition des principales catégories de culture.

a) Les tarifs d'irrigation ayant servi à la présente étude

Dans les pages qui suivent, les résultats économiques de l'exploitation-type sont étudiés dans sept hypothèses concernant le prix de l'eau.

Il a tout d'abord été admis que l'eau pouvait être vendue à un prix uniforme tout au long de l'année.

On a envisagé ensuite la possibilité d'appliquer une tarification plus élevée de la pointe de consommation d'été, calculée du 1^{er} juin au 1^{er} septembre. L'accroissement retenu est de 1,5 à 2 fois le prix d'hiver.

Enfin, on a étudié ces deux modes de tarification pour trois prix de base de l'eau : 0,03 F/m³, 0,06 F/m³, 0,12 F/m³.

Pour faciliter la lecture, les résultats, dans les graphiques, sont toujours présentés dans l'ordre suivant, correspondant à des prix effectifs du m³ de :



prix d'hiver/m ³	0,03 F	0,06 F	0,12 F
prix d'été/m ³	0,03 F	0,06 F	0,12 F
prix d'hiver/m ³	0,03 F	0,06 F	0,12 F
prix d'été/m ³	0,045 F	0,09 F	0,18 F
prix d'hiver/m ³	—	0,06 F	—
prix d'été/m ³	—	0,12 F	—

En ce qui concerne la redevance fixe d'abonnement, elle a été estimée à la valeur de 2 000 F pour les deux premières séries de graphiques. Cette valeur correspond à la tarification actuelle. Pour le dernier graphique, on a utilisé la valeur prévue dans l'étude de tarification générale de la S.C.P. (1).

En fait, le mode de tarification employé pour cette dernière hypothèse reproduit assez fidèlement dans son ensemble la tarification envisagée dans l'étude préalable à la mise au point de la tarification par la S.C.P., avec référence pour la pointe au tarif T3 valable pour la région d'Aix et des Côteaux de Provence.

(1) La valeur de la redevance fixe est donc de :
pour le m³ à
0,03 F = 60 F/ha
0,06 F = 120 F/ha, et 60 F/ha selon la nouvelle tarification.
0,12 F = 240 F/ha.

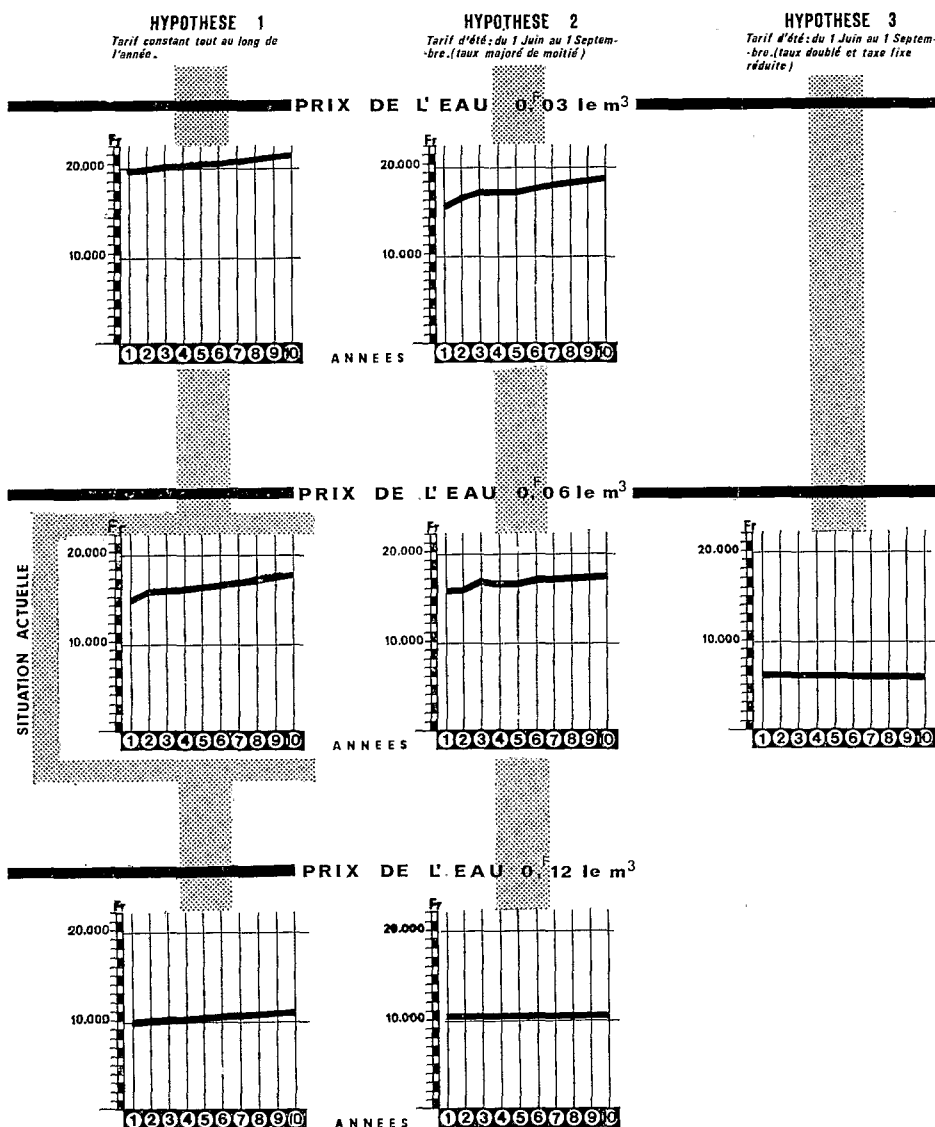
CARACTÉRISTIQUES DE L'EXPLOITATION L'ANNÉE PRÉCÉDANT LA MISE EN EAU D'IRRIGATION ÉTUDIÉE A L'ANNÉE 0 BASSIN DE LA LAYE

• SAU possédée en pleine propriété dont irrigable	30 ha
• SAU louée	0
• Main-d'œuvre familiale	2 hommes 1 femme
• Logements pour animaux : capacité	100 brebis ou 15 vaches
• Bâtiment d'exploitation	1 hangar de 100 m ²
• Cheptel présent sur l'exploitation	100 brebis ou 15 vaches valeur : 20 000 F
• Disponibilités financières à court terme	15 000 F
• Dépenses fixes annuelles en année normale	
• consommation familiale	20 000 F
• frais fixes d'exploitation	15 000 F
• Dépenses fixes minimales en année économiquement désastreuse	
• consommation familiale	7 200 F
• frais fixes	5 000 F

INCIDENCES DE LA TARIFICATION DE L'EAU
SUR L'ECONOMIE D'UNE EXPLOITATION AGRICOLE TYPE

b) Les résultats

LES RECETTES DU DISTRIBUTEUR



1° RECETTES DU DISTRIBUTEUR D'EAU

La recette brute du vendeur d'eau sur l'ensemble de l'exploitation est maximale quand l'eau est vendue à bas prix : 0,03 F. Elle avoisine, après quelques années, 20 000 F par an. Elle décroît régulièrement avec l'augmentation des tarifs. Mais, si l'eau est vendue quatre fois plus cher : 0,12 F/m³, les recettes du vendeur ne diminuent que de moitié. Ceci confirme l'inélasticité relative de la demande d'eau par rapport aux prix.

Au tarif moyen actuellement pratiqué, 0,06 F, une faible pénalisation de la pointe de consommation, limitée à 1,5 fois le prix de base, modifie peu les recettes tout en accroissant les dépenses de fonctionnement du distributeur. Les dépenses de fonctionnement consistent essentiellement en un coût élevé de relevés de compteur et de frais de facturation. Par contre, une forte pénalisation de la pointe, atteignant deux fois le prix de base, réduit les recettes de moitié.

En revanche, si l'on envisage la recette du vendeur d'eau par hectare irrigué, celle-ci apparaît la plus importante pour un prix de l'eau de 0,12 F. Elle est la plus faible dans l'hypothèse de l'eau vendue 0,03 F en tarif constant, ce qui semble logique.

SOURCE: S.C.P. (Serv. Eco.) I.N.R.A. Août 1969

RECETTES MOYENNES PAR HECTARE EFFECTIVEMENT IRRIGUÉ

Prix de base (eau vendue hors pointe) :

Tarification
Constante
Été = 1,5 × hiver
Été = 2 × hiver

0,03 F/m ³	0,06 F/m ³	0,12 F/m ³
234 F	334 F	512 F
268 F	385 F	601 F
—	295 F	—

— Calculs effectués sur la 4^e année

PRIX MOYEN DU MÈTRE CUBE
CALCULÉ CONSOMMATION ET REDEVANCE ADDITIONNÉES

Prix de base (eau vendue hors pointe) :

Tarification
Constante
Été = 1,5 × hiver
Été = 2 × hiver

0,03 F/m ³	0,06 F/m ³	0,12 F/m ³
0,04 F	0,09 F	0,22 F
0,05 F	0,11 F	0,27 F
—	0,13 F	—

— Calculs effectués sur la 4^e année

INCIDENCES DE LA TARIFICATION DE L'EAU
SUR L'ECONOMIE D'UNE EXPLOITATION AGRICOLE TYPE

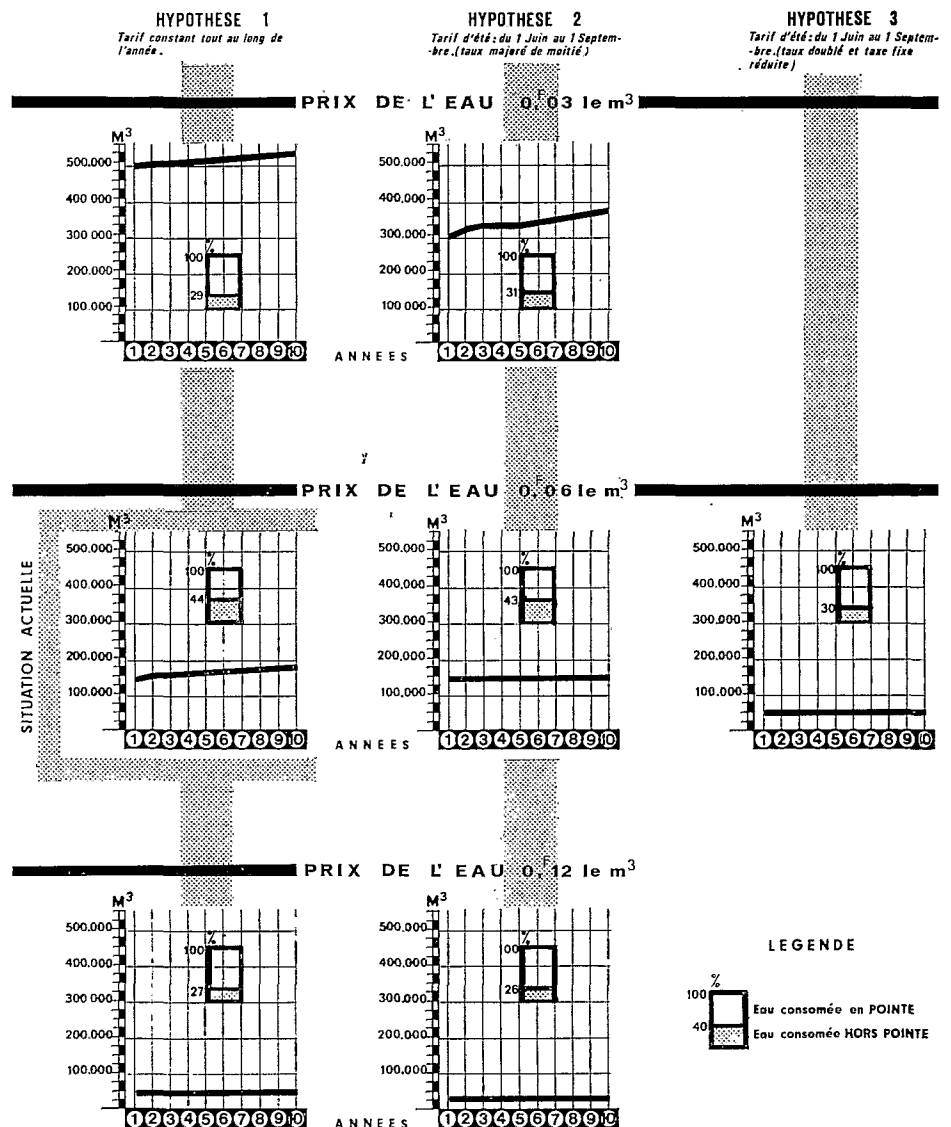
QUANTITE D'EAU CONSOMMEE

2° CONSOMMATION D'EAU

Si, comme on l'a vu précédemment, les recettes du distributeur varient peu pour des prix de l'EAU DE 0,03 ou 0,06 F/m³, par contre, la consommation est très sensible au prix de l'eau. A bas prix et tarif constant, on assiste à un véritable gaspillage d'eau : 6 000 m³/ha. A prix moyen, les consommations atteignent des niveaux normaux et fréquemment observés : 3 400 m³/ha environ, sauf dans l'hypothèse de la tarification de pointe prévue dans les études préalables : eau d'été à deux fois le prix d'hiver : 2 300 M³.

La période de l'année ou l'agriculteur situe son maximum de consommation est cependant à l'inverse de ce que l'on pourrait penser : avec des tarifs élevés ou pénalisant lourdement la pointe, les deux tiers des consommations se situent dans la période la plus chère. Ceci fait apparaître l'inadaptation de mesures de dissuasion de la pointe quand il s'agit de phénomènes agricoles commandés par le cycle des saisons.

N. B. — Les consommations d'eau ont été calculées en tenant compte de la pluviométrie moyenne du Bassin de la Laye.



SOURCE : S.C.P. (Serv. Eco.) I.N.R.A. Août 1969

CONSOMMATION D'EAU MOYENNE PAR HECTARE IRRIGUÉ

Prix de base de l'eau vendue hors pointe :

Tarification	0,03 F/m ³	0,06 F/m ³	0,12 F/m ³
Constante			
Été = 1,5 × hiver	5 788 m ³	3 557 m ³	2 266 m ³
Été = 2 × hiver	5 163 m ³	3 471 m ³	2 197 m ³
	—	2 311 m ³	—

— Calculs effectués sur la 4^e année

QUANTITÉ D'EAU CONSOMMÉE
EN PÉRIODE DE POINTE (1^{er} JUIN AU 1^{er} SEPTEMBRE)

Tarification	0,03 F/m ³	0,06 F/m ³	0,12 F/m ³
Constante			
Été = 1,5 × hiver	359 950 m ³	91 190 m ³	34 120 m ³
Été = 2 × hiver	228 560 m ³	82 740 m ³	29 750 m ³
	—	38 850 m ³	—

— Calculs effectués sur la 4^e année

3° RESULTATS ECONOMIQUE DE L'EXPLOITATION AGRICOLE

Il s'agit de :

- la différence entre les recettes et les dépenses courantes ;
- la différence de valeur d'inventaire des stocks dans l'année ;
- une évaluation des immobilisations à rentabilité différée : plantations, préparation de reproducteurs... ;
- une estimation en plus ou en moins de la valeur du patrimoine foncier, bâti et non bâti.

Après avoir examiné les principales conséquences de la tarification sur la distribution de l'eau, on observe maintenant les incidences de la tarification pour le consommateur, c'est-à-dire l'exploitant agricole.

Au sec, la fonction économique, c'est-à-dire l'addition du produit net de l'exploitation et de divers accroissements d'actifs, est légèrement au-dessus de 40 000 F/an.

Dès que l'exploitant peut irriguer, en règle générale, la fonction économique s'améliore considérablement et se situe aux alentours de 60 000 F avec le correctif de détail suivant :

— à 0,03 F/m³, la fonction atteint ou dépasse 80 000 F ;

— à 0,06 F/m³, cette fonction s'abaisse d'autant plus que la pointe est pénalisée ;

— à 0,12 F/m³, sans pointe, cette fonction est identique à celle obtenue dans la situation 0,06 F avec pénalisation de la pointe égale à deux fois le prix de base, c'est-à-dire dans l'hypothèse retenue par l'étude de tarification générale.

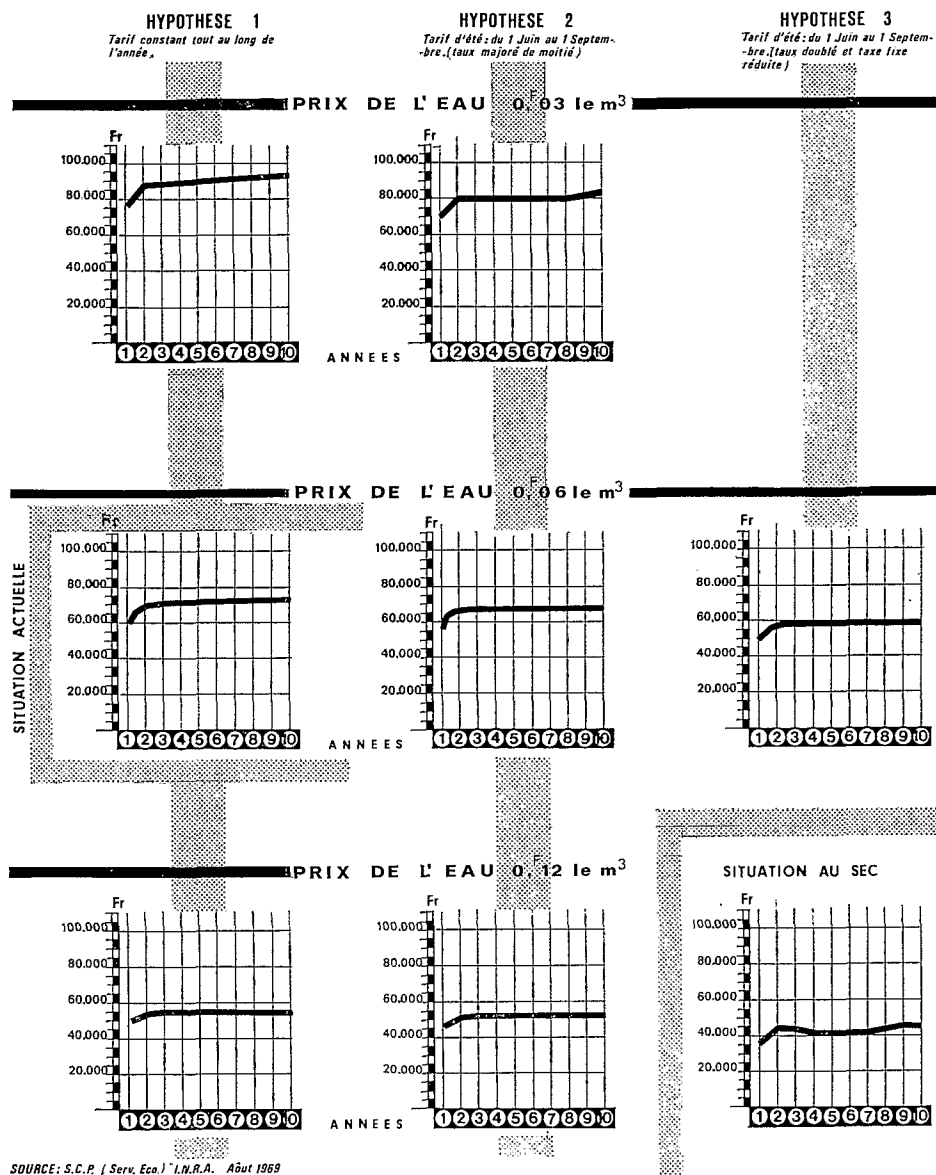
Il faut rappeler ici que la période de pointe retenue est du 1^{er} juin au 1^{er} septembre.

A 0,12 F/m³ avec pointe d'été, la fonction économique s'abaisse sensiblement, et se rapproche de ce qu'elle était au sec, tout au moins après quelques années.

INCIDENCES DE LA TARIFICATION DE L'EAU SUR L'ECONOMIE D'UNE EXPLOITATION AGRICOLE TYPE

FONCTION ECONOMIQUE

Produit de l'exploitation et valeurs d'actif



4° SURFACE CULTIVEE

L'hypothèse de travail retenue conduit à envisager une certaine fluidité du marché foncier soit par achat de terre, soit par location (fermage) ce qui explique que la surface cultivée puisse dépasser les 30 hectares initiaux de l'exploitation-type.

Au sec, il est intéressant de noter la contraction de la SAU qui tend à se limiter aux terres constituant le patrimoine foncier de l'exploitant (surface possédée). Dans tous les autres cas, les locations de terres font plus que doubler la surface de l'exploitation, ce qui soulage l'exploitant du capital immobilisé par les transactions foncières et lui permet d'affecter ses capitaux à d'autres usages. Cette tendance à accroître la part des terres louées quand le prix de l'eau augmente risque d'ailleurs, sur une zone irriguée forcément assez limitée en surface, de créer des tensions sur le marché des terres, de faire monter le prix des locations et engendrer la pratique des « pas de porte » que l'on trouve déjà souvent (Pays d'Aix).

Si l'on considère par contre l'importance des superficies irriguées par rapport à celles cultivées, on s'aperçoit que, dès que le prix de l'eau atteint des niveaux élevés (0,12 F) ou que la pointe est fortement pénalisée (situation 3), seule la moitié environ des terres porte des cultures arrosées : ceci entraîne des conséquences sur la gestion des réseaux d'irrigation et leur utilisation.

Cela ne veut pas dire que le distributeur d'eau peut se contenter de n'équiper que la seule fraction du territoire correspondant à la superficie effectivement irriguée. Des impératifs agronomiques et économiques agricoles peuvent s'y opposer : besoins de rotation des sols et nécessité de souplesse dans la répartition des cultures sèches et irriguées pour s'adapter aux incitations difficilement prévisibles des marchés.

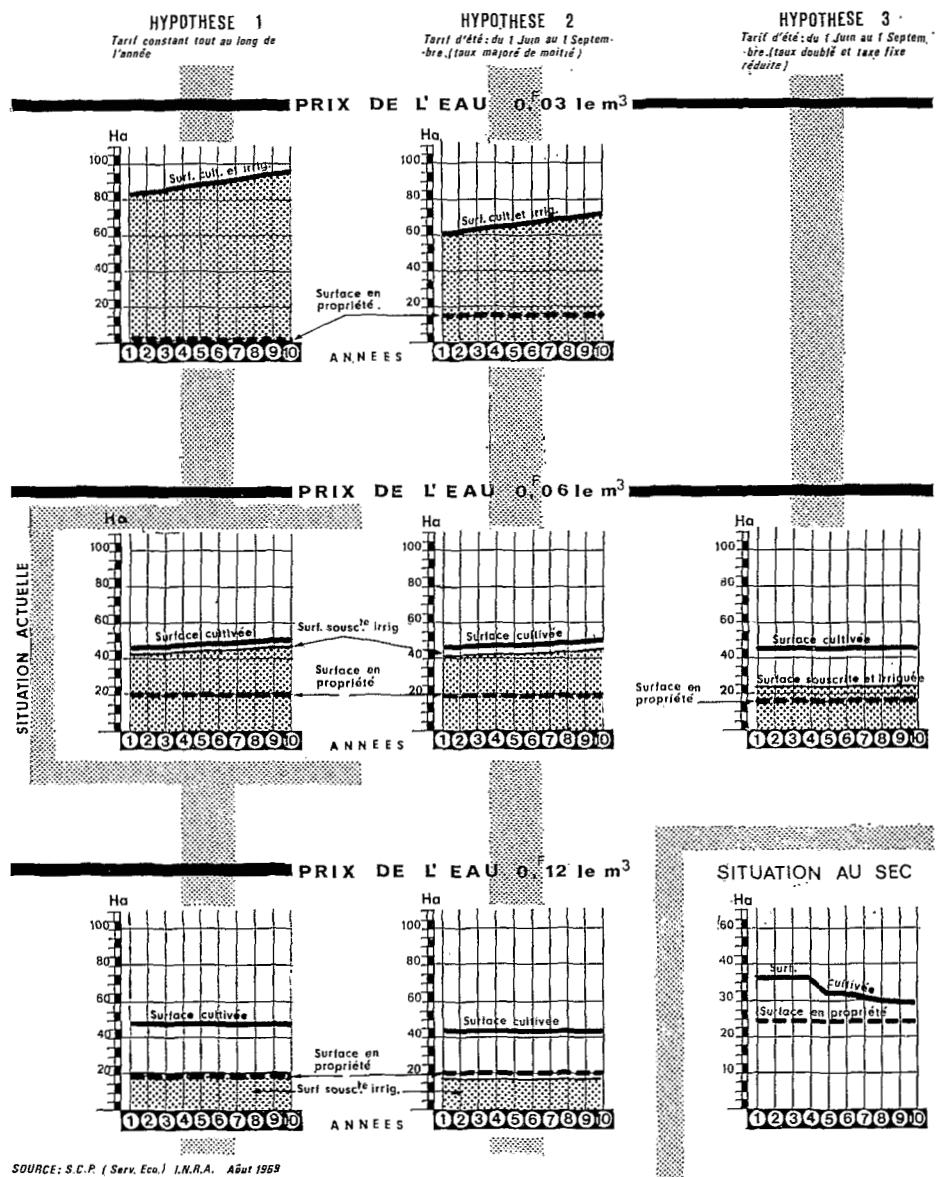
En fait, l'exemple des régions dites « riches » : étag de Berre, Côte varoise ou Fréjus, montre que les dépenses en eau d'irrigation restent un des postes mineurs du budget de l'exploitation, il n'y a pas de problème d'écoulement des marchandises.

Sur un plan plus général, il apparaît néanmoins que, dans les régions en état d'« incertitude économique agricole », le prix de l'eau joue, de manière importante, sur la conservation d'un territoire cultivable et cultivé, en particulier en normalisant les rendements et en permettant la souplesse d'adaptation à la demande. Au nombre de ces régions, on peut compter actuellement le Pays d'Aix et tout le moyen et haut Var.

Il peut, dans ces régions, paraître souhaitable d'admettre un certain gaspillage de l'eau agricole, qui de toute manière ne concerne pas des volumes importants. Par contre, les redevances sur branchements particuliers pourraient être sans inconvénient majorées si cela s'avérait nécessaire pour assurer la rentabilité générale du réseau.

INCIDENCES DE LA TARIFICATION DE L'EAU SUR L'ECONOMIE D'UNE EXPLOITATION AGRICOLE TYPE

EVOLUTION DE LA SURFACE CULTIVEE ET IRRIGUEE



5° BESOINS EN MAIN-D'ŒUVRE

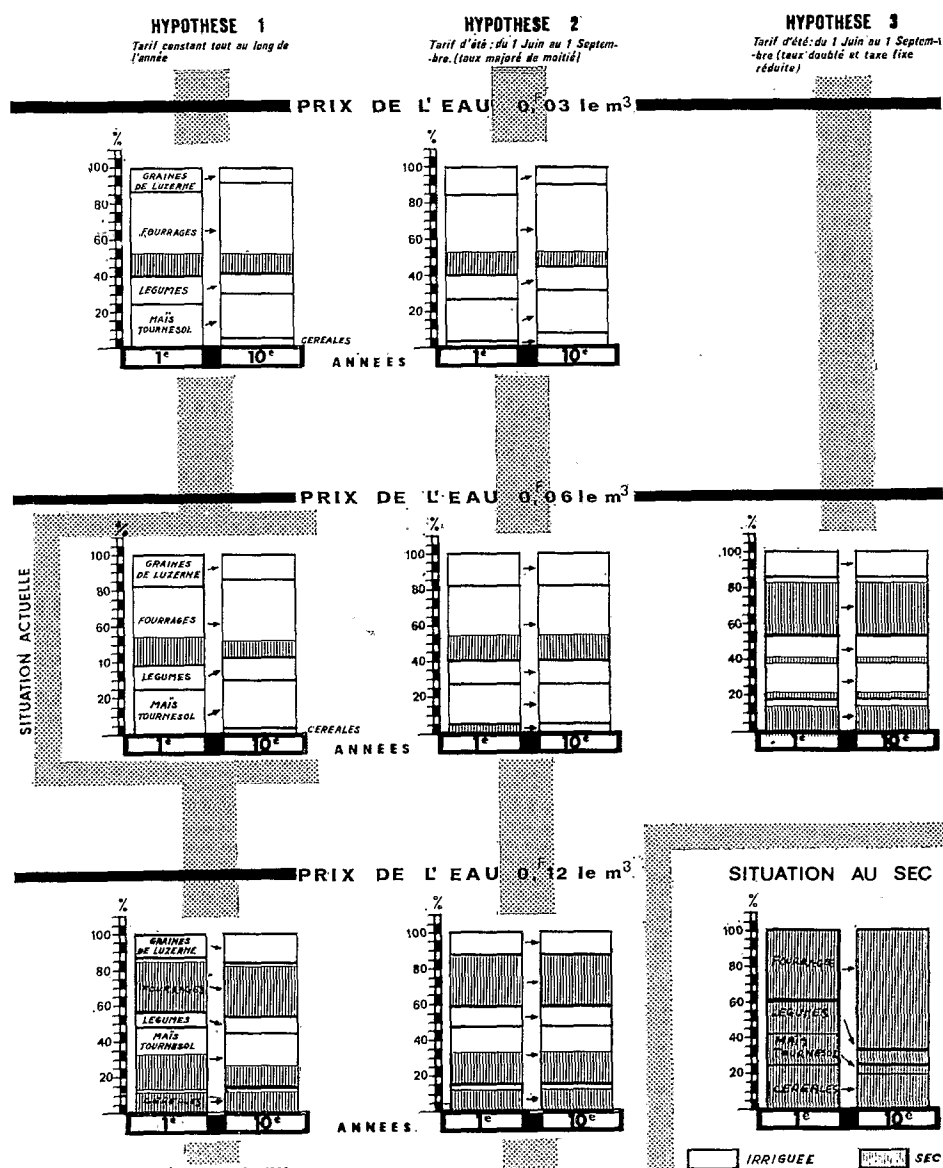
Dans l'hypothèse du travail au sec de l'exploitation type, le travail familial est prédominant. En effet le niveau de recettes ne permet pas de faire face à des charges salariales permanentes. L'exploitant cherche à ne plus verser de salaires élevés.

La main-d'œuvre familiale, dans presque tous les cas, se stabilise à ce que peut fournir un chef d'exploitation accompagné de sa femme travaillant à mi-temps sur l'exploitation.

Mais si l'eau est bon marché, l'appel de main-d'œuvre extérieure est très fort, ce qui risque de créer des tensions dans les zones péri-urbaines. Le prix de la main-d'œuvre salariée retenu ici a cependant été fixé à un niveau assez élevé de 5 F de l'heure, charges comprises.

INCIDENCES DE LA TARIFICATION DE L'EAU SUR L'ÉCONOMIE D'UNE EXPLOITATION AGRICOLE TYPE

REPARTITION DES CULTURES



6° OCCUPATION DU SOL

Quand le prix de l'eau augmente, les cultures au sec s'accroissent. Il s'agit essentiellement des fourrages s'il y a transformation en lait ou en viande sur l'exploitation, qui deviennent cultivés sans irrigation.

Il est, d'autre part, remarquable que la surface en culture légumière reste sensiblement constante quel que soit le prix de l'eau. Le prix n'est donc pas en lui-même un facteur limitant. Il semble au contraire que d'autres éléments et, en particulier, les besoins en main-d'œuvre et en capitaux, jouent un rôle prédominant. Intervient également une prudence liée à l'incertitude des recettes. Ce dernier point est important et la sujétion qu'il entraîne pèse sur la majeure partie des surfaces récemment irriguées en Provence. N'y échappent guère que les régions très favorisées par le climat et aptes à des véritables cultures maraîchères et intensives : Etang de Berre et Littoral.

Une autre constante est assez remarquable sur l'exploitation : celle des superficies en maïs-tournesol dont une fraction importante est toujours irriguée, quel que soit le prix de l'eau. Actuellement produites en quantités insuffisantes, ces productions se vendent bien.

3. — CONCLUSION

La Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale fait régulièrement appel à la simulation sur modèle mathématique pour définir quels pourront être les effets sur le monde agricole de la politique d'aménagement dont elle est l'outil. En particulier, elle a été amenée à vérifier les incidences du prix de l'eau sur l'évolution de l'agriculture, de manière à accorder, au maximum, la rentabilité de l'ouvrage et l'intérêt économique de l'exploitation agricole. Il paraît intéressant de développer ici les principales conclusions auxquelles elle est parvenue, bien qu'elles s'appliquent à une région bien déterminée.

Facteur clé du développement agricole de régions où la sécheresse de l'été a conduit depuis des siècles les agriculteurs à se cantonner dans la culture du blé et de la vigne, ou à subir des variations annuelles importantes de rendement, l'irrigation apparaît comme un élément déterminant de l'élévation des revenus de zones rurales figées dans une économie de subsistance, en assurant la sécurité des quantités produites et la possibilité de s'adapter à la demande.

L'introduction d'une innovation technique dont les aspects agronomiques sont désormais bien connus, pose un problème économique important, celui du prix de l'eau et des modalités de tarification d'un bien qui apparaît à la fois comme une cause de plus-value foncière et d'accroissement de production.

L'objet du présent travail est précisément de cerner par les méthodes de simulation des décisions des agents économiques, les éléments qui influent sur le comportement de l'agriculteur nouvellement venu à l'irrigation, ainsi que les effets de niveaux de prix différents sur les recettes de l'organisme distributeur d'eau.

C'est en effet, par la méthode de programmation linéaire appliquée aux budgets d'exploitations agricoles (1) que l'on a étudié ici l'incidence du facteur économique « irrigation » sur la gestion des propriétés agricoles. Qu'il soit simplement permis de rappeler que dans la hiérarchie des dépenses directes d'exploitation dans les conditions de culture de la Provence intérieure, l'arrosage représente en valeur relative 5 % des frais de

la production fruitière, maraîchère ou florale et jusqu'à 15 ou 20 % de la culture semi-extensive telle que les céréales ou les fourrages. Connaître les variations de ce poste de dépenses, ainsi que ses effets sur la répartition des cultures et les recettes qui s'y rattachent, requiert la connaissance des variations de tout un ensemble complexe des autres postes de dépenses, qui à leur tour fluctuent du fait même que la culture totalement ou partiellement irriguée implique une organisation particulière des travaux de la ferme. Aucune autre méthode que la programmation linéaire ne permet jusqu'à présent, avec une rapidité et une précision suffisantes, d'obtenir des résultats concrets et immédiats sur le comportement prévisible des agriculteurs.

Les résultats qui ont été obtenus sont résumés ci-après.

La première constatation qui ressort de l'ensemble de l'étude peut paraître insolite, et même mettre en cause le bien fondé d'une telle recherche : les prix actuellement pratiqués à Forcalquier (arrondi à 0,06 F/m³) paraissent concilier la recette la plus élevée du distributeur d'eau et le meilleur revenu agricole des agriculteurs, dans les conditions d'exploitations de l'année 1968.

A la vérité une telle coïncidence des optimums économiques confirme d'une part la bonne qualité du modèle mathématique utilisé (ce qui est un réconfort pour l'économiste) mais également le fait que les discussions et les négociations ont abouti à ce que la tarification actuelle est bien adaptée à la mission impartie par les pouvoirs publics à l'organisme distributeur, qui est de favoriser un développement agricole harmonieux tout en respectant les règles de l'équilibre financier.

Viennent ensuite des résultats intéressants sur les effets d'une hausse ou d'une baisse de tarif :

Si le prix de l'eau venait à être abaissé, le consommateur, en l'occurrence l'agriculteur, est conduit, en bonne logique économique, à arroser davantage mais, et ceci est essentiel, sur des cultures

fourragères dont la rentabilité n'est possible que sur des grandes surfaces, même en prenant en compte — ce qui a été fait — les transformations en lait ou en viande de mouton qui constituent le produit final de l'irrigation dans un pareil système de culture. Assez curieusement, une politique d'eau à bas prix conduit l'agriculteur à élargir son exploitation, c'est-à-dire à acheter de la terre ou à en rechercher en fermage (dans l'hypothèse, pas toujours vérifiée, d'une bonne fluidité du marché foncier et de l'existence de demandes de terrains pour des usages autres qu'agricoles).

Pour ce qui est du distributeur d'eau, il doit faire face à des consommations élevées, à l'hectare, jusqu'à 5 800 m³/ha pour le fourrage, donc prévoir des canalisations susceptibles de supporter une demande soutenue, et surtout une extension du périmètre irrigué. Avec un réseau plus étendu et compte tenu du bas prix, ses recettes seraient supérieures à ce qu'elles sont actuellement.

Enfin, des travaux de renforcement hydraulique seraient suivis de peu d'effets sur le plan du développement agricole si par ailleurs une infrastructure commerciale n'était pas mise en place.

Si, en revanche, le prix de l'eau devait être majoré, le cultivateur serait amené non pas à restreindre ses doses d'arrosage par hectare irrigué, mais à réduire la part des cultures arrosées par rapport à l'ensemble de sa surface cultivée. On verrait se développer un paysage à culture « sèche » parsemé de quelques îlots verts et irrigués. Au total la recette agricole s'infléchirait et l'utilisation du réseau serait insuffisante, certains points de fourniture d'eau étant même complètement négligés. Il serait vain dans de telles conditions de penser, dans un délai raisonnable, à la saturation des canalisations. A une culture médiocrement irriguée correspondrait un réseau débitant médiocrement des quantités d'eau réduites. De même aux recettes basses de l'agriculteur correspondraient des frais élevés de maintenance et de gestion de la part du distributeur et en fin de compte des recettes de vente d'eau inférieures à ce qu'elles sont dans l'état actuel. Le

(1) Voir J. M. Boussard et A. Brun *op. cit.*



Photo Baranger

*La décision d'investir doit être précédée d'études économiques à la fois concrètes et précises.
Ici : travaux du Canal de Provence.*

calcul montre même que les deux tiers des dépenses d'investissements seraient improductives pour le distributeur.

Reste enfin le problème de la tarification à deux niveaux faisant intervenir un prix dit de « pointe » pendant les mois de forte consommation. Un tel procédé de tarification découle de considérations qui sortent du cadre du présent travail. La tarification de pointe devrait provoquer chez l'utilisateur un étalement des consommations visant à éviter un « surdimensionnement », toujours onéreux, de l'infrastructure et favorisant la saturation au fil de la période d'utilisation. Parfaitement plausible pour des phénomènes autres qu'agricoles (bas prix des chemins de fer en fin de semaine ou du transport aérien en hiver, communications téléphoniques à prix réduit la nuit, courant électrique à bon marché pendant les heures « creuses », etc.), un tel système se heurte, en agriculture, à l'impossible dissuasion des phénomènes climatiques et biologiques. De surcroît le coût du recouvrement des consommations à deux niveaux de prix requerrait le relevé bisannuel des compteurs, opération en elle-même probablement plus onéreuse que la facturation à un prix unique tout au long de l'année.

En conclusion, il semble bien que l'étude du prix de l'eau ne puisse pas être entreprise valablement sans prendre en compte le comportement de l'utilisateur. Connaître ses réactions, c'est prévoir l'évolution des irrigations et c'est aussi discerner les zones où par suite de « blocages » de la production agricole l'agriculteur va se comporter en spéculateur foncier. Ainsi donc par un cheminement aisément discernable, la tarification de l'eau en Provence apparaît comme un facteur déterminant dans le maintien des zones agricoles et par voie de conséquence dans une politique d'aménagement rural bien conçue.

Mais il ne faut pas dissimuler que la mise au point d'une programmation linéaire est longue et exige un personnel qualifié. Il s'agit donc d'un investissement, d'ailleurs précieux à plusieurs titres puisqu'il implique la collecte d'un nombre imposant de renseignements sur la région que l'on envisage d'étudier. Le recours à de telles techniques se justifie donc parfaitement dans le cadre d'organismes ayant une vocation régionale et qui peuvent envisager d'en multiplier les applications pratiques.



Le calculateur 4^e dynastie.

LE CALCULATEUR 4^e GÉNÉRATION

C'est peu après 1970 que la 4^e génération de calculateurs, actuellement en développement, atteindra la maturité et aura sa pleine utilisation dans la gestion administrative.

De nouveaux développements de la technologie rendront les calculateurs plus versatiles et davantage capables de traiter automatiquement un plus grand nombre de problèmes de procédure.

Les capacités d'emmagasinage augmenteront dans de larges proportions, tandis que les coûts et la durée des cycles diminueront. Certains experts affirment même que l'architecture du calculateur subira des changements radicaux. Intégration à grande échelle, traitement à distance en temps partagé, dissémination souple, polymorphisme, traitement de l'image et « firmware » deviendront des termes courants pour la 4^e génération.

I. — Structure

Il est prévu que les calculateurs de 4^e génération n'auront pas d'ensemble de commande (order set) ou de structure d'information. En échange, les calculateurs seront capables de remplir des fonctions spécialisées au moyen de microprogrammes interchangeables. La microprogrammation est déjà utilisée sur les installations de la 3^e génération. Il s'agit d'un système par lequel le programmeur utilise les instructions de base incorporées d'un calculateur pour établir d'autres instructions. Certains calculateurs sont actuellement équipés d'un microprogramme « incorporé », et un second, celui-là facultatif, est la disposition des utilisateurs, permettant aux calculateurs d'être compatibles avec d'autres plus anciens.

Dans la 4^e génération, cependant, selon les prévisions, de nombreux microprogrammes seront disponibles. Les utilisateurs et les spécialistes du « software » seront également capables d'établir leurs propres microprogrammes. L'interchangeabilité des microprogrammes augmentera encore la versatilité du calculateur. Au lieu d'avoir un nouveau microprogramme, élaboré pour chaque nouvelle fonction, le calculateur sera capable d'utiliser ses microprogrammes existants pour accomplir différentes tâches.

II. — Firmware

Un nouveau développement, appelé « firmware », et dans lequel la microprogrammation joue un rôle vital, est prévu pour la 4^e génération. Un expert a défini le mot « firmware »

par « microprogrammes, résidant dans la mémoire de commande du calculateur, qui spécialisent la conception de la logique dans un but spécifique ». La plupart des spécialistes sont d'accord pour penser que la 4^e génération sera au point entre 1970 et 1975. Les trois générations précédentes ont été marquées, entre autres développements, par des progrès dans le montage et il en sera de même pour la 4^e.

L'intégration à grande échelle serait une des caractéristiques marquantes. Elle permettra à des montages de circuits extrêmement complexes d'être fabriqués en groupes sur des « chips » de silicone. Le procédé de fabrication en groupe permet à différentes pièces d'être indifféremment fabriquées sur un « chip ». La technologie permettra des développements tout aussi intéressants.

La quatrième génération fera son apparition très progressivement, la révolution provoquée par l'irruption brutale de la troisième n'étant pas encore amortie. (Les utilisateurs d'IBM 360 font par exemple presque tous de l'« émulation », tournant avec les programmes conçus pour la 2^e génération). La génération n° 3 tiendra donc le marché assez longtemps surtout pour des raisons économiques.

Toutefois, tous les grands constructeurs, Univac (Remington-Sperry Rand), General Electric, Control Data, IBM, etc., procèdent à de nombreuses recherches. Par exemple, dès 1967, un service du Département de la Défense, l'« Advanced Research Project Agency » (APRA) a chargé le groupe « Defense, Space and Special Systems » de la Société Burroughs du développement d'un calculateur expérimental, basé sur les travaux du Professeur Daniel Slotnick de l'université de l'Illinois.

Ce calculateur dénommé ILLIAC IV, devra permettre le traitement parallèle de l'information. Sa rapidité qui sera de 500 à 700 fois supérieure à celle de n'importe quel calculateur en cours de développement, sera obtenue par l'utilisation de quatre systèmes de commande au lieu d'un seul, comme c'est le cas pour les calculateurs courants. La rapidité sera également accrue par l'utilisation des réseaux de circuits intégrés à grande échelle du Texas Instruments, INC. et en groupant près de 100 circuits sur un seul support (chip) au lieu de 10 normalement, le temps de circulation des électrons est réduit d'autant et la vitesse opérationnelle accrue.

Parmi les multiples applications, on note la simulation de l'atmosphère pour les prévisions météorologiques, des prévisions à partir de modèles économétriques et la simulation de problèmes militaires de logistique extrêmement complexes. En fait, ce genre d'appareil peut être appliqué à l'étude de n'importe quel problème comportant un grand nombre de données à examiner au cours d'une période de temps très faible.