

PREMIER MINISTRE

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

14.0

LES CONDITIONS DE CONCURRENCE
ENTRE LA PRODUCTION D'EAU
PAR DESSALEMENT
ET LES RESSOURCES NATURELLES

par

Jacques GAUSSENS

DIRECTION DES RELATIONS EXTERIEURES

ET DES PROGRAMMES

ÉTUDES
ÉCONOMIQUES

Centre d'Etudes Nucléaires de Fontenay-aux-Roses

Rapport CEA - R - 3836

Translated into english

JUIN 1969

Ca

SERVICE CENTRAL DE DOCUMENTATION DU C.E.A

C.E.N. - SACLAY B.P. n° 2, 91 - GIF-sur-YVETTE - France

CEA-R-3836 - GAUSSENS Jacques

LES CONDITIONS DE CONCURRENCE ENTRE LA PRODUCTION D'EAU PAR DESSALEMENT ET LES RESSOURCES NATURELLES

Sommaire. - Envisager une installation d'eau de mer dans une région donnée, entraîne un examen attentif de l'offre et de la demande locale en eau douce. Cet examen permet de conduire dans la plupart des cas à une étude approfondie des ressources naturelles qui aboutit à écarter le recours au dessalement.

Après avoir constaté ce fait, par des exemples précis, les auteurs estiment que l'on doit pousser plus loin l'étude préliminaire en tenant compte de la complémentarité entre les ressources naturelles et les systèmes de dessalement : contribution à la demande de pointe, contribution à

./.

CEA-R-3836 - GAUSSENS Jacques

CONDITIONS OF COMPETITION BETWEEN THE PRODUCTION OF WATER BY DESALINATION AND NATURAL RESOURCES

Summary. - A close examination of the local supply and demand for fresh water is involved when considering a sea water desalination plant in a given region. This examination makes it possible in most cases to undertake a thorough study of the natural resources, resulting in the use of desalination being rejected.

After confirming this fact by precise examples, the authors consider that the preliminary study should be extended, taking into account the complementary character of natural resources and desalination systems : contribution to

./.

la demande de base.

Cette analyse conduit à classer les régions utilisatrices essentielles selon certains critères économiques définissant leur aptitude à l'utilisation des procédés de dessalement.

1969

31 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

peak demand, contribution to base demand.

This analysis results in a classification of the main user regions according to certain economic criteria defining their suitability for the use of desalination processes.

1969

31 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

Centre d'Etudes Nucléaires de Fontenay-aux-Roses
Direction des Relations Extérieures et des Programmes
Département des Programmes

LES CONDITIONS DE CONCURRENCE
ENTRE LA PRODUCTION D'EAU PAR DESSALEMENT
ET LES RESSOURCES NATURELLES

par

Jacques GAUSSENS

Commissariat à l'Energie Atomique

CONDITIONS OF COMPETITION
BETWEEN THE PRODUCTION OF WATER BY DESALINATION
AND NATURAL RESOURCES

by

Jacques GAUSSENS

Commissariat à l'Energie Atomique

Ce rapport a été présenté au Colloque sur le Dessalement Nucléaire,
à Madrid 18-22 novembre 1968, communication n° 113/19

CONDITIONS OF COMPETITION BETWEEN THE PRODUCTION OF WATER BY DESALINATION AND NATURAL RESOURCES

1. INTRODUCTION

For some years there has been a wave of enthusiasm for the use of desalination techniques, both on the part of the manufacturers of equipment and the part of possible users.

Both believed and still do believe although the actual costs of production of water by desalination are high, the technical effort proposed in several countries is such as to reduce them greatly. Or at least to reduce them to a level low enough for it to replace potential natural resources in many regions, and for agricultural or industrial wealth to be created ex nihilo in others. This dominating idea ignores two facts : the first is that the cost/price ratio of natural water resources is not clearly known, and the second is that before achieving the economic performance anticipated, desalination technology, like other major innovations, must pass through a long, hard and expensive period of development.

In order to take these two considerations into account, it is necessary to study accurately the conditions of competition with conventional resources and hence to obtain an idea of the requirements and thus the amount of research and development effort involved, it is essential to undertake "market studies", to analyse the conditions of supply and demand, i.e. in practice to study a large number of local cases where there may be competition to the benefit of desalination techniques.

It is obvious that one of the main objectives of such studies is to determine the conditions of matching of this supply and demand, since it is pointless to talk of the specific reduction in the cost of production per cubic metre of water with the size of the plant, if there is not a sufficient number of users at the price charged. There are abundant examples of this type of error.

LES CONDITIONS DE CONCURRENCE ENTRE LA PRODUCTION D'EAU PAR DESSALEMENT ET LES RESSOURCES NATURELLES

1. INTRODUCTION

Depuis quelques années un vent d'enthousiasme pour l'emploi des techniques du dessalement s'est manifesté tant du côté des constructeurs d'appareillages que de celui des utilisateurs éventuels.

Les uns et les autres croyaient et croient encore que, si bien sur les coûts effectifs de la production d'eau par dessalement sont élevés, l'effort technique envisagé dans plusieurs pays est de nature à les réduire à un niveau bas. Du moins à un niveau largement suffisant pour qu'il y ait, dans de nombreuses zones, substitution aux ressources naturelles envisageables, et dans d'autres, création ex nihilo de richesses agricoles ou industrielles. Ce sentiment dominant veut ignorer deux faits : le premier est que l'on connaît très mal le rapport des coûts et des prix des ressources en eau naturelle, le deuxième est qu'avant d'atteindre les performances économiques envisagées, la technique du dessalement, comme les autres innovations majeures, doit passer par une période longue, dure et onéreuse de mise au point.

Pour tenir compte de ces deux considérations, il convient d'étudier avec précision, les conditions de concurrence avec les ressources classiques et par là même, avoir une idée des besoins donc de l'enjeu de l'effort de recherche et de développement, il est indispensable de faire ce qu'il est convenu d'appeler des "études de marché", d'analyser ainsi les conditions de l'offre et de la demande, c'est-à-dire, pratiquement, d'étudier un grand nombre de cas locaux où il puisse apparaître un effet de concurrence au bénéfice des techniques du dessalement.

Il est bien évident que l'un des objectifs essentiels de telles études est de déterminer les conditions d'adéquation de cette offre et de cette demande car il est sans signification de parler de décroissance spectaculaire du coût de production du mètre cube d'eau avec la taille de l'installation si un nombre suffisant d'utilisateurs ne se manifestaient pas au prix indiqué. Les exemples abondent de ce genre d'erreurs.

Such desalination market studies are under way in many countries. They are generally difficult, since it is only recently that water has come to be considered an "economic commodity", i.e. rare, to which the user attributes a value, as with any, say, agricultural commodity. In view of its apparent abundance in many areas, the tendency was to consider water like air or fire or time, i.e. widely available natural commodities. The result was a certain lack of interest in the price/cost ratio of the public supply systems, the price representing a tax rather than the use value of a commodity.

This is why it is not easy to determine the conditions of competition at present, since it is first necessary to reconstitute the costs of the natural resources, the updating of which has been ignored.

Similarly, with respect to desalination techniques, their relatively rapid development makes it difficult and awkward to define costs, because the more technical advances the plants incorporate, the lower their assumed reliability.

The object of the present paper is to draw attention to the general characteristics of these market studies, the technique of which is still far from being well-tried. It is important to show, however that the examination of precise situations colours the brief economic comparisons between desalination techniques and the conventional resources which one is accustomed to find in the literature or at the majority of meetings and symposia, in which figures "in abstracto" are resifted time and again, although generally having little in common with reality.

Thus one hears problems expounded like a litany, such as the division of costs of production between heat and electricity in a mixed plant, which are really elementary economic problems as soon as they are placed in their normal framework, which is the market study. Before embarking on a brief description of the analysis of supply and demand, we should like to quote two facts in order to illustrate the difficulty of these market studies, not in order to try and discredit these studies, but to show that although they are essential they require still greater efforts in order to be widely useful.

De telles études du marché du dessalement sont en cours dans plusieurs pays. Elles sont en général difficiles car ce n'est que récemment que l'on a envisagé de considérer l'eau comme un "bien économique", c'est-à-dire, rare et auquel l'utilisateur attribue une valeur comme à n'importe quel bien, par exemple, agricole. La tendance était, devant son abondance apparente dans de nombreuses régions, de considérer l'eau comme l'air ou le feu ou le temps, c'est-à-dire, des biens naturels largement disponibles. Il en résultait un certain manque d'intérêt pour la liaison : Prix/Coût, des distributions publiques, le prix ayant alors le sens d'une taxe ou d'un impôt, beaucoup plus que celui qui résulte de la valeur d'usage d'un bien.

C'est pourquoi il n'est pas aisé de déterminer actuellement les conditions de concurrence puisqu'il faut d'abord reconstituer les coûts de revient des ressources naturelles dont la mise à jour a été négligée.

De même, du côté des techniques de dessalement, leur évolution relativement rapide rend la définition des coûts malaisée et est délicate car la fiabilité présumée des installations est d'autant plus faible qu'elles intègrent plus de progrès technique.

L'objet du présent exposé est d'attirer l'attention sur les caractères généraux de ces études de marché dont la technique est loin d'être encore éprouvée. Il est important de montrer, cependant, que l'examen de situations précises nuance singulièrement les comparaisons économiques sommaires entre les techniques de dessalement et les ressources classiques que l'on est habitué à trouver dans la littérature ou dans la plupart des congrès et symposium au cours desquels on ressasse, à plaisir, des chiffres "in abstracto" qui n'ont en général que peu de choses à voir avec la réalité.

C'est ainsi que l'on entend comme une litanie exposer des problèmes tels que le partage des coûts de production entre chaleur et électricité dans une installation mixte qui sont en réalité des problèmes économiques élémentaires dès qu'on les replace dans leur cadre classique qui est l'étude de marché. Avant d'aborder une description sommaire de l'analyse de l'offre et de la demande, nous voudrions citer deux faits afin de situer la difficulté de ces études de marché, ceci non pour chercher à jeter un certain discrédit sur ces études, mais pour montrer que, bien qu'indispensables, elles exigent encore beaucoup d'efforts pour être largement utilisables.

In a recent survey of potential demand for desalinated water in France, we sent a questionnaire to a number of towns. The firm responsible for analysing the results summarised a certain type of replies thus :

"It was feared at one time that there would be a shortage of water but, on analysing the various aspects of the problem it was concluded that there would be no shortage, provided that :

- " - leaks were eliminated from the supply mains ; these amounted to 50 %
- " at present and could be reduced to about 10 %
- " - industry was asked to recycle its water
- "
- " - the collection of water from the nearby river was improved
- " - etc.....

It is thus seen that the mere fact carrying out a survey into the possibilities for the introduction of desalination.

1°/ brought about a realisation of the situation of the water supply system of the town in question.

2°/ brought forward ideas aimed at optimising its administration

3°/ abruptly transformed a cubic metre of water from a commodity acquired as a "blessing from Heaven" to an economic commodity.

It would be fair to place this result to the credit of desalination

The second example of difficulty encountered in market studies relates to an extremely careful study of the demand carried out several years ago in the south of France for the purpose of justifying the construction of an irrigation dam.

In agreement with the farmers of the region it had been decided what the area of irrigation would be, the possibilities for new crops, the corresponding productivity and, as a result, the optimum tariffs which could be applied. It was concluded that there would be an extension of 10 000 to 20 000 hectares in the area in use and a considerable increase in yields.

On this basis the construction of the dam was amply justified, with a profitability rate around 20 %.

Lors d'une enquête récente sur la demande potentielle d'eau dessalée en France, nous avons été amenés à adresser un questionnaire à un certain nombre de villes. La société chargée d'analyser les résultats a résumé ainsi un certain type de réponses :

"En effet, on a craint un moment de manquer d'eau, mais en analysant les divers aspects du problème on a conclu qu'il n'y aurait pas pénurie à condition :

- " - de supprimer les fuites à la distribution qui atteignent actuellement 50 % et de les ramener à environ 10 %
- " - de proposer aux industries de procéder au recyclage de leur eau à usage industriel
- " - d'améliorer le captage des eaux de la rivière voisine
- " - etc....

On constate ainsi que le seul fait de procéder à une enquête sur les possibilités de pénétration du dessalement :

1°/ a provoqué une prise de conscience de la situation de la distribution d'eau de la ville considérée

2°/ a suscité des solutions visant à l'optimalité de sa gestion

3°/ a fait brusquement passer le mètre cube d'eau de la situation de bien acquis "bienfait du ciel" à celle de bien économique.

Il serait juste de porter ce résultat à l'actif du dessalement.

Le deuxième exemple de difficulté rencontrée dans les études de marché se rapporte à une étude de la demande extrêmement soignée faite il y a plusieurs années dans le sud de la France aux fins de justification de la construction d'un barrage d'irrigation.

Il avait été déterminé en accord avec les agriculteurs de la région quelles seraient l'étendue irrigable, les possibilités de cultures nouvelles, la productivité correspondante, et, partant, les tarifs optimaux qui pourraient être appliqués. On concluait à l'extension de 10 000 à 20 000 hectares des surfaces utilisées et à une croissance considérable des rendements.

Sur ces bases, la construction du barrage était amplement justifiée à son taux de rentabilité avoisinant 20 %.

When the dam was built, the results were surprising. The farmers did put their production programme into effect, but they soon came across difficulties in disposing of their products, which had been diversified and had increased in total volume. They therefore reverted to their previous output prior to the construction of the dam, but, as the productivity of the land had increased, they only needed to use about 5 000 hectares to arrive at this result. Therefore the construction of the dam had reduced the agricultural area from 10 000 to 5 000 ha. However, at the same time, the extra profusion of water in a very dry region resulted in an extension to the suburbs of a nearby town, which developed because of it. The dividing up of the land for building thus brought the region greater revenue than could have been expected from agricultural produce and the profitability of the dam was finally greater than expected.

This shows, if there was need for it, the arbitrary nature of the results of market studies, but also the need to go very deeply into econometric analysis.

This is the point which we should like to emphasise. Too often there is the impression that many people put the competition between desalination and the conventional resources in the highly simplified framework of an expanding area, generally an arid region, which has absolutely no other water resources than the sea. Thus the economic problem consists in calculating the possible use of this water as a function of its productivity and not of its competitiveness. It will be assumed that the development of a given cereal due to desalinated water can be envisaged for a limited cost for the latter, and the characteristics of the installation will be defined in relation to this objective.

Ultimately one comes to consider the ideally simple case of the shipwrecked sailor lost on the open sea on a solitary raft, who is willing to pay dearly to have a desalination plant.

Such straightforward cases are rare. Almost always, faced with a developing demand, one has to examine the means of meeting it by the combined use of conventional processes (pumping etc...) and desalination processes. We shall therefore try to survey some problems which may arise :

Le barrage construit, les résultats en ont été surprenants. Les agriculteurs ont effectivement appliqué leur programme de production, mais ils se sont rapidement heurtés à des difficultés d'écoulement de leurs produits qui s'étaient diversifiés et dont le volume global avait augmenté. Ils sont donc revenus à leur production antérieure à la construction du barrage, mais la productivité des terres s'étant accrue, il leur suffisait d'utiliser 5 000 ha environ pour aboutir à ce résultat. De sorte que la construction du barrage avait fait régresser de 10 000 à 5 000 ha les surfaces agricoles. Mais parallèlement, l'abondance supplémentaire d'eau dans une région très sèche a provoqué l'extension des faubourgs d'une ville voisine qui ont pu se développer grâce à elle. La mise en lotissement des terrains a ainsi procuré à la région des revenus supérieurs à ceux que l'on pouvait attendre des produits agricoles et la rentabilité du barrage s'est trouvée finalement renforcée.

Ceci révèle, s'il en était besoin, le caractère aléatoire des résultats des études de marchés mais aussi la nécessité d'aller très loin dans l'analyse économétrique.

C'est le point sur lequel nous voudrions insister. On a trop souvent l'impression que beaucoup de gens placent la rivalité : dessalement / ressource classique, dans le cadre très simplifiée d'une zone en extension, en général dans une région aride, qui ne dispose absolument d'aucune ressource en eau si ce n'est de la mer. Alors le problème économique consiste à chiffrer l'utilisation possible de cette eau en fonction de sa productivité et non de son aptitude concurrentielle. On admettra que le développement de telle céréale grâce à l'eau dessalée est envisageable pour un coût limité de celle-ci et on définira les caractéristiques de l'installation en fonction de cet objectif.

A la limite, on en arrive à considérer le cas idéalement simple du naufragé perdu en pleine mer sur un radeau solitaire et qui est disposé à payer cher pour disposer d'une installation de dessalement.

Des cas aussi purs sont rares. On a presque toujours à étudier face à un développement des besoins, les moyens d'y répondre en utilisant concurremment les procédés classiques (pompage, etc...) et les procédés de dessalement. C'est pourquoi nous allons essayer d'effectuer un survol de quelques problèmes qui peuvent se présenter :

- in the study of the supply
- in that of the demand
- in the matching of one to the other by charges

2. SOME PROBLEMS OF THE SUPPLY

2.1. Complementary character and scale effect

Let us take the following very simple case : let us assume that the water supply of the installation is provided by a system giving diminishing returns, which would be a very common case because, if one wishes to provide extra water for a human, industrial or agricultural community, it is generally necessary to look for it further afield or at a greater and greater depth, whilst its availability becomes less and less certain. This increase in costs is partly compensated by elements of decreasing cost, for example the diameter of piping, or the increase in the height of a dam, but in very many cases the total cost function has increasing derivatives.

Let us assume provisionally that in the mixed plant and the dual plant (mixed plant : simultaneous production (by the same production unit) of water and electricity - dual plant : production in two separate production units) the quantities of electricity produced are equal, and let us concern ourselves solely with the production of water. We then have (Fig.1) two possibilities for satisfying a production objective Q_0 . (whether it is the "peak" or total annual demand) : either desalination dependent on cost M , or the natural resource D ; M has decreasing marginal cost, while D has an increasing marginal cost.

Is it possible to find a production q_m of M and a production q_d of D such that :

$$q_m + q_d = Q_0$$

and where

$$\text{cost of } q_m + \text{cost of } q_d \leq m_0$$

m_0 being the cost of achieving the objective Q_0 by the cheapest technique ?

- dans l'étude de l'offre
- dans celle de la demande
- dans l'adaptation de l'une à l'autre par les tarifs

2. QUELQUES PROBLEMES DE L'OFFRE

2.1. Complémentarité et effet d'échelle

Plaçons-nous dans le cas très simple suivant : supposons que l'alimentation en eau de l'installation soit assurée par un système à rendement décroissant qui correspond à un cas très fréquent. En effet si l'on veut assurer un surcroît d'eau à un ensemble humain, industriel ou agricole, il faut en général la chercher de plus en plus loin ou à de plus en plus grande profondeur tandis que sa disponibilité devient de plus en plus aléatoire. Cet accroissement des coûts est partiellement compensé par des éléments à coûts décroissants par exemple le diamètre de canalisation, ou l'augmentation de hauteur d'un barrage mais dans de très nombreux cas la fonction de coût total a des dérivées croissantes.

Admettons provisoirement que dans l'installation mixte et l'installation double (Installation mixte = production simultanée (par le même ensemble producteur d'eau et d'électricité - Installation double = production dans deux ensembles distincts) les quantités d'électricité produites sont égales et occupons-nous exclusivement de la production d'eau. On obtient alors (figure 1) pour satisfaire un objectif de production Q_0 (qu'il soit "de pointe" ou de demande annuelle totale) deux possibilités : soit le desalement fonction de coût M , soit la ressource naturelle D ; l'une M est à coût marginal décroissant, l'autre D à coût marginal croissant.

Est-il possible de trouver une production q_m de M et une production q_d de D tel que :

$$q_m + q_d = Q_0$$

et que :

$$\text{coût de } q_m + \text{coût de } q_d \leq m_0$$

m_0 étant le coût de réalisation de l'objectif Q_0 par la technique la moins chère ?

In fact, it is necessary to find :

$$\text{minimum } M(q_m) + D(q_d) \quad M(Q_0) ;$$

under the constraint : $q_m = q_d = Q_0$

For example, if Q_0 (Fig.2) is fixed so that at this point $M_0 = D_0$ with cost functions of the power function type, for example $M(q_m) = A_1 q_m^1$
 $D(q_d) = A_2 q_d^{\alpha 2}$ with $0 < \alpha A < 1$ and $\alpha 2 \geq 1$

One finds an optimum cost solution C^* corresponding to q_d and $q_m = Q - q_d$ lower than m_0 (where $d_0 = m_0$), but one also finds a maximum at : $q'_d - c$, which simply proves that the combination of the two techniques may lead to the best or the worst.

2.2. Complementary character and effect of load factors

It is known that in desalination plants using distillation techniques it may be advantageous to expand the steam produced by the feed boiler in a back-pressure turbine, before passing it to the distillation system. We then have the simultaneous production of heat and electricity which are intended for different consumers. This type of mixed plant, meeting a possible increase in the demand for water and electricity, may be competitive with or complementary to a dual plant comprising a source of fresh water and an electricity generator. How does this complementary character arise ?

The problem is resolved by conventional mathematical considerations.

It will be assumed for this particular example that the range of possible solutions to the system is of the type described in Fig. 3

As can be seen, the technique of dual installation N° 1 is assumed to operate "on base load" both for water and electricity. There is some modulation of the electricity peak. K_1 and E_1 will represent the peak productions corresponding to the dual plant, and K_2 , E_2 those corresponding to the mixed plant, h'_2 and h_2 are the operating times at two levels of the mixed plant, and h'_1 and h_1 the operating times corresponding respectively to the production of electricity and water in the dual plant.

En fait, on doit chercher :

minimum de $M(q_m) + D(q_d) \leq M(Q_0)$;
 sous la contrainte : $q_m + q_d = Q_0$.

Si on se fixe, par exemple Q_0 (figure 2) tel qu'en ce point $M_0 = D_0$ avec des fonctions de coûts de type : fonction puissance, par exemple

$$M(q_m) = A_1 e^{\alpha_1 q_m} \quad \text{avec} \quad 0 < \alpha_1 < 1 \quad \text{et} \quad \alpha_2 \geq 1$$

$$D(q_d) = A_2 e^{\alpha_2 q_d}$$

On trouve une solution C^* coût optimal correspondant à q_d et $q_m = Q - q_d$ plus faible que m_0 (où $d_0 = m_0$) mais on trouve également un maximum en : $q'_d - c$, qui prouve simplement que la combinaison des deux techniques peut conduire au meilleur ou au pire.

2.2. Complémentarité et effet de facteurs de charge

On sait que dans les installations de dessalement utilisant des techniques de distillation il peut être avantageux de détendre la vapeur produite par la chaudière d'alimentation, dans une turbine à contrepression avant de l'envoyer dans le système de distillation. Il y a alors productions simultanées de chaleur et d'électricité qui s'adressent à des utilisateurs distincts. Une telle installation mixte répondant à un accroissement éventuel de la demande d'eau et d'électricité peut être concurrente ou complémentaire d'une installation double comprenant une source d'eau douce et un générateur d'électricité. Comment s'établit cette complémentarité ?

Le problème se résout par des considérations mathématiques assez classiques.

On va supposer, pour cet exemple particulier, que le domaine de solutions possibles du système est du type décrit sur la figure 3.

Comme on le voit la technique de l'installation double n° 1 est supposée fonctionner "en base" tant pour l'eau que pour l'électricité. Il existe une certaine modulation de la pointe : électricité.

On appellera K_1, E_1 les productions de pointe correspondant à l'installation double, et K_2, E_2 , celles correspondant à l'installation mixte, h'_2 et h_2 le temps de fonctionnement à deux niveaux de l'installation mixte, h'_1 et h_1 les temps de fonctionnement correspondant respectivement à la production d'électricité et d'eau de l'installation double.

We shall assume that the combination of the two plants must satisfy, on the one hand, a peak production K and E , and, on the other, a total annual production of water and electricity K_h and E_h . It will be assumed that the demand does not have a well defined structure and that there may be compensation reservoirs for the water where an electricity system would allow transfers to be made. To define the form of the diagram, the following, roughly speaking, are preconditions :

$$h'_2 \geq h_2 \geq h'_1$$

and

$$h_1 > h_2 \quad \text{or} \quad h_1 - h_2 > 0$$

Of course, a real problem would be stated in somewhat different terms, but this form seems sufficient for a first rough treatment.

We shall simply give a numerical example in the case of a simpler formulation.

The following conditions are to be satisfied :

$$\begin{aligned} K &= 300 \text{ MW} \\ E &= 300\,000 \text{ m}^3/\text{day} \\ K_h &= 1\,400\,000 \text{ MW/h/year} \\ E_h &= 58\,000\,000 \text{ m}^3/\text{year} \end{aligned}$$

with

$$\begin{aligned} A &= 0.15 \times 10^{-3} & m &= 2 & B &= 15 \\ C_1 &= 3 & C'_1 &= 0 & C_2 &= 6 & c'_2 &= 0 \end{aligned}$$

A and B are expressed in units of account ; C_1 and C_2 in thousandths of units of account.

It is found that the optimum solution corresponds to the following characteristics : technique 1 supplies 100 MW and 100 000 m³/day as contribution to the peak ; technique 2 supplies 200 MW and 200 000 m³/day as contribution to the peak, while operating for 4 000 hours per year, whereas technique 1 operates for 6 000 hours.

On écrira que la combinaison des deux installations doit satisfaire d'une part, une production de pointe K et E, d'autre part, à une production annuelle globale d'eau et d'électricité K_h et E_h . On admettra que la demande n'a pas une structure bien définie et qu'il peut exister des réservoirs de compensation pour l'eau où un réseau électrique permettrait d'effectuer des reports. On s'impose cependant pour définir à priori, grosso modo, la forme du diagramme que :

$$h'_2 \geq h_2 \geq h'_1$$

et :

$$h_1 > h_2 \quad \text{soit} \quad h_1 - h_2 > 0$$

Bien entendu, un problème réel s'énoncerait en termes un peu différents mais cet énoncé semble suffisant pour un premier dégrossissage.

On va seulement donner une application numérique, dans le cas d'une formulation plus simple.

Soit à satisfaire les contraintes suivantes :

$$\begin{aligned} K &= 300 \text{ MW} \\ E &= 300\,000 \text{ m}^3/\text{j} \\ K_h &= 1\,400\,000 \text{ MW/h/an} \\ E_h &= 58\,000\,000 \text{ m}^3/\text{an} \end{aligned}$$

avec :

$$\begin{aligned} A &= 0,15 \times 10^{-3} & m &= 2 & B &= 15 \\ C_1 &= 3 & C'_1 &= 0 & C_2 &= 6 & c'_2 &= 0 \end{aligned}$$

A et B sont exprimés en unités de compte ;

C_1 et C_2 en millièmes d'unités de compte.

On trouve que la solution optimale correspond aux caractéristiques suivantes : la technique 1 fournit 100 MW et 100 000 m³/j comme contribution à la pointe ; la technique 2 fournit 200 MW et 200 000 m³/j comme contribution à la pointe, en fonctionnant 4 000 heures par an, alors que la technique 1 fonctionne 6 000 heures.

The annual expenditure corresponding to this optimum solution is 18 million units of account. If one single technique had been used, the expenditure would have been 22 million for technique 1 alone (dual plant) and about 20 million for technique 2 alone (mixed plant).

Reference is sometimes made to the following rule : when it is necessary to undertake a new investment for the production of fresh water to meet rising demand, in order for desalination techniques to be preferable to wells or catchment - if the proportional cost of the well or catchment (power for extraction and transport) is lower than that of desalination - it is necessary for the desalination investment to be lower than that of the catchment. If, on the other hand, the proportional costs are the other way round, this will also apply to the investment. This simple commonsense rule is greatly modified by complementary character analysis as shown with the two calculated examples above. The majority of actual cases which can be envisaged therefore require such an analysis

2.3. Diversity and uncertainties in techniques

It may seem attractive at first sight to classify the main desalination processes in accordance with preferential zones, membrane processes being particularly suitable for small or medium-sized plants of a few hundred to a few thousand cubic metres per day and intended more especially for brackish hollows, whereas large-scale production from sea water would involve in particular, distillation processes. This brief classification follows above all from historical considerations and from a particular state of technology. At the present time there is a development in the main membrane processes towards large sizes and towards the use of sea water, whereas new processes such as freezing are coming to be used. Can it be deduced from this that it is sufficient to stick to the division of the fixed costs and the proportional costs characteristic of the energy cost, in order to choose the best process for a given production objective, in an economic context also relating, for example, to amortisation conditions, and the rate of interest on capital ?

Les dépenses annuelles correspondant à cette solution optimale sont de 18 millions d'unités de compte. Si on avait utilisé une seule technique, on aurait dépensé 22 millions pour la seule technique 1 (installation double) et 20 millions environ pour la seule technique 2 (installation mixte).

On se réfère parfois à la règle suivante : lorsqu'on a à procéder à un nouvel investissement de production d'eau douce pour répondre à des besoins croissants, pour que les techniques du dessalement soient préférables aux puits ou captages - si le coût proportionnel du puits ou captage (énergie d'extraction et de transport) est inférieur à celui du dessalement - il faut que l'investissement du dessalement soit inférieur à celui du captage. Si au contraire les coûts proportionnels sont dans l'ordre inverse, cela entraîne l'ordre inverse pour les investissements. Cette règle de simple bon sens est fortement nuancée par l'analyse de la complémentarité comme on l'a montré sur les deux exemples de calcul ci-dessus. La plupart des cas concrets envisageables exigent ainsi une telle analyse.

2.3. Diversité et incertitudes des techniques

Il peut paraître séduisant, à première vue, de classer les principaux procédés de dessalement selon des zones préférentielles : les procédés par membranes étant particulièrement désignés pour les installations petites ou moyennes de quelques centaines à quelques milliers de m³/jour et s'adressant plus spécialement aux creux saumâtres tandis que les fortes productions à partir d'eau de mer feraient surtout appel aux procédés de distillation. Ce classement sommaire est surtout issu de considérations historiques et d'un certain état de la technologie. On assiste actuellement à un développement des principaux procédés à membranes vers les grandes tailles et vers l'emploi d'eau de mer, tandis que de nouveaux procédés tels que la congélation se manifestent d'une façon concrète. Peut-on en déduire qu'il suffit de s'en tenir au partage des frais fixes et des frais proportionnels particuliers au coût de l'énergie, pour choisir le meilleur procédé pour un objectif de production donné, dans un contexte économique puis concernant, par exemple, les conditions d'amortissement, le taux d'intérêt des capitaux ?

Unfortunately not, for two reasons : first, the rate of development of techniques generally does not allow manufacturers to apply new data exactly to old systems, and the result is extra costs which will certainly be absorbed in the future, and uncertainties with regard to the costs. Also, new equipment and new plants generally are less reliable the greater their economic value.

The optimum choices defined above are also affected by this random nature of the options, this gamble on the technical and economic value of the plant which is part of the traditional considerations involving decision theory.

When techniques are more or less established, it will be much easier to draw up a system showing the optimum complementary features not only of conventional resources and desalination techniques, but also among desalination techniques themselves. Thus for a given water and electricity demand, it may be advantageous to adopt a system making use of both distillation and electrodialysis techniques. At present, however, one is reduced to making approximations as near to reality as possible.

3. SOME PROBLEMS OF THE DEMAND

As everyone knows, it is difficult to draw up a quantity/price curve for demand. In many areas it has been found that the prices were lower than the cost of production of water and that in general the tariffs were low. These low tariffs may have political reasons, but also economic reasons. As was emphasised in a fairly large number of papers at the last "Water for Peace" meeting in Washington, it is primarily considerations of material and human productivity which dictate the price limits at which certain quantities of water can be obtained ; then it is necessary to define what is the responsibility of the individual and what is the responsibility of the community, i.e. the social cost. This division is not a simple matter, but it can be seen that it forms the basis of any market study.

Malheureusement non pour deux raisons : d'abord la rapidité d'évolution des techniques ne permet généralement pas aux industriels d'adopter exactement les nouvelles données aux fabrications anciennes, il en résulte des surprix qui seront sans doute résorbés dans l'avenir, et des incertitudes quant à ces coûts. Ensuite, les matériels nouveaux et les installations nouvelles ont des degrés de fiabilité en général d'autant plus faibles que l'intérêt économique est plus grand.

Aux choix optimaux déjà définis se superpose ce caractère aléatoire des options, ce pari sur la valeur technique et économique de l'installation qui rejoint des préoccupations classiques faisant intervenir la théorie de la décision.

Lorsque des techniques se seront plus ou moins figées, il sera alors beaucoup plus facile d'établir un système de complémentarité optimale non seulement entre les ressources classiques et les techniques de dessalement, mais aussi entre les techniques de dessalement entre elles. C'est ainsi que pour une demande d'eau et d'électricité donnée, il peut être avantageux d'adopter un schéma faisant appel aux techniques de distillation et d'électrodialyse. Mais actuellement, on est réduit à des approximations aussi proches de la réalité que possible.

3. QUELQUES PROBLEMES DE LA DEMANDE

L'établissement d'une courbe : quantité / prix concernant la demande, est, comme chacun sait, difficile à établir. On a constaté dans un assez grand nombre de régions que les prix étaient inférieurs au coût de production de l'eau et qu'en général les tarifs étaient bas. Ces tarifs bas peuvent avoir des raisons politiques mais aussi des raisons économiques. En effet, comme l'ont souligné d'assez nombreuses communications au dernier Congrès de Washington "L'Eau pour la Paix", ce sont d'abord des soucis de productivité matérielle et humaine qui dictent les prix limites auxquels on peut acquérir certaines quantités d'eau, puis il convient ensuite de définir ce qui incombe aux particuliers et ce qui incombe à la collectivité, c'est-à-dire, le coût social. Ce partage n'est pas simple, on conçoit qu'il soit néanmoins à la base de toute étude de marché.

We shall not go into the examination of the demand, which in any case forms the subject of other papers at this symposium, recalling only its consistently haphazard and frequently "seasonal" character.

4. THE PROBLEMS OF MATCHING SUPPLY AND DEMAND

Whatever the social cost, it is necessary to take as a guide the demand function for given prices which are accepted by consumers, in order to establish a production programme. In this respect, it is appropriate to compare the price/quantity curve, extensions in consumption of water with the costs of the water production plant, which are assumed to be optimised as stated above, i.e. resulting from an optimum combination of the natural resources and various types of desalination techniques. The problem then arises of finding the influence of the economic context on the design of the plant. At the optimisation stage, the essential parameters of this context were taken into account, such as the cost of power in the region in question, etc. It is also advisable, however, to define the legal conditions of operation which, as will be seen, have a considerable influence on the choices.

To do this, one can take three cases in regard to the management of the plant :

- A/ it can be assumed that management is effected by a private firm whose criterion is maximisation of profit ;
- B/ this management may be a public undertaking maximising the "surpluses" of the community, i.e. making the price and the marginal cost equal ;
- C/ finally, this public undertaking may be tied to a limited budget which raises certain problems, these plants having a rising efficiency characteristic.

We shall take as a basis, demand curves chosen as being particularly representative : for water a curve with constant elasticity as shown in Fig.4, and for electricity the curve in Fig.5

With data already given in a previous publication (Washington conferences 1965 - 1967) relating to the costs, the following results are found :

Nous ne nous étendrons pas sur l'étude de la demande qui fait, par ailleurs, l'objet de publication à ce même colloque en rappelant seulement son caractère toujours aléatoire et souvent "saisonnier".

4. LES PROBLEMES D'ADAPTATION DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE

Quel que soit le coût social, il n'en reste pas moins nécessaire d'être guidé par la fonction de demande pour des prix donnés et acceptés par les utilisateurs pour établir un programme de production. A cet égard, il convient de comparer la courbe : Prix / Quantité, des extensions de consommation d'eau avec les coûts de l'installation de production d'eau supposés optimisés comme il a été dit plus haut, c'est-à-dire relevant d'une combinaison optimale des ressources naturelles et de divers types de techniques de dessalement. Il se pose alors le problème de savoir l'influence du contexte économique sur le dimensionnement de l'installation. Dans la phase d'optimisation il a été pris en compte les paramètres essentiels de ce contexte tels que coût de l'énergie dans la région donnée etc... Mais il convient aussi de définir les conditions juridiques de l'exploitation qui ont, comme on va le voir, une influence notable sur les choix.

On peut pour cela se placer dans trois cas en ce qui concerne la gestion de l'installation :

- A/ on peut admettre que la gestion est assurée par une firme privée dont le critère est la maximisation du profit ;
- B/ cette gestion peut être une entreprise publique maximisant les "surplus" de la collectivité, c'est-à-dire, égalisant prix et coût marginal ;
- C/ cette entreprise publique peut enfin est astreinte à une contrainte budgétaire, ce qui pose certains problèmes, ces installations étant à rendement croissant.

On va raisonner sur des courbes de demande choisies comme particulièrement représentatives : pour l'eau, une courbe à élasticité constantes représentées sur la figure 4, pour l'électricité, la courbe de la figure 5.

Avec des données qui ont été déjà évoquées dans une publication antérieure (Conférences de Washington, 1965 - 1967) concernant les coûts, on trouve les résultats suivants :

- case of the private monopoly. The criterion is obviously the maximisation of profits.

The optimum is obtained by using the following outputs :

$$E = 100\ 000\ m^3/day$$

$$K = 250\ MW$$

and assuming that the back-pressure turbine is exactly matched to the production of steam for the desalination plant.

- case of the public monopoly. It is then a question of maximising the "economic surplus" * relative to the production of water (and possibly of electricity), i.e. making the marginal development costs and the prices equal.

The optimum is then obtained by :

$$E = 600\ 000\ m^3/day$$

$$K = 500\ MW$$

In addition, the production scheme involves the preferential use of steam for the production of water at the expense of electricity production.

- case of the public monopoly subject to budget balance. The "surplus" is maximised under the budgetary constraint.

The optimum is then obtained by :

$$E = 375\ 000\ m^3/day$$

$$K = 450\ MW$$

and we arrive at an electricity generating programme exactly matching the production of water.

5 - CONCLUSIONS

After stressing the necessity of undertaking market studies to define the real value of sea water desalination and its possibilities of combination with the conventional resources, we have tried to show from a few examples what the analysis of supply and demand involved and the difficulties encountered.

* "surplus" in the sense used by Alfred Marshall and Hicks

- cas du monopole privé. Le critère est évidemment la maximisation des bénéfices.

L'optimum est obtenu en utilisant les productions suivantes :

$$E = 100\ 000\ \text{m}^3/\text{j}$$

$$K = 250\ \text{MW}$$

et en admettant que la turbine à contrepression est exactement adaptée à la production de vapeur destinée à l'installation de dessalement.

- cas du monopole public. Il s'agit alors de maximiser le "surplus économique"¹ relatif à la production d'eau (et éventuellement d'électricité), c'est-à-dire, évaluer les coûts marginaux de développement et les prix.

L'optimum correspond à :

$$E = 600\ 000\ \text{m}^3/\text{j}$$

$$K = 500\ \text{MW}$$

De plus, le schéma de production fait intervenir une utilisation préférentielle de la vapeur pour la production d'eau aux dépens de la production d'électricité.

- cas du monopole public abstrait à l'équilibre budgétaire. On maximise le "surplus" sous la contrainte budgétaire.

L'optimum s'obtient alors par :

$$E = 375\ 000\ \text{m}^3/\text{j}$$

$$K = 450\ \text{MW}$$

et on revient à un schéma de production électrique exactement adaptée à la production d'eau.

5. CONCLUSIONS

Après avoir souligné qu'il était indispensable d'effectuer des études de marché pour préciser l'intérêt réel du dessalement des eaux de mer et ses possibilités de symbiose avec les ressources classiques, nous avons essayé de montrer à partir de quelques exemples, en quoi consistait l'analyse de l'offre et de la demande et les difficultés rencontrées

¹ Il s'agit du "surplus" au sens de Alfred Marshall et Hicks

.These difficulties are not insurmountable but they vary just as the possible situations vary and it would thus be unrealistic to reduce these to one or two typical cases as is generally done. The safest way of promoting desalination techniques is to start from actual cases studied realistically however complex the reality may seem.

. An increased methodological effort in these market studies should make it possible to arrive at a classification of the regions concerned in accordance with certain economic criteria defining whether desalination techniques would be acceptable in them.

. In this respect contacts between those who have attempted such approaches in various countries would certainly be desirable. It is up to the I.A.E.A. to promote such action.

Ces difficultés ne sont pas insurmontables, mais elles sont diverses comme sont divers les cas envisageables qu'il serait artificiel de vouloir réduire, de ce point de vue, à un ou deux cas types, ce que l'on fait généralement. Il faut prendre conscience que la façon la plus sûre de promouvoir les techniques du dessalement est de partir de cas concrets étudiés de façon réaliste, aussi complexe que puisse apparaître cette réalité.

Un effort méthodologique accru de ces études de marché devrait pouvoir conduire à effectuer un classement des régions intéressées selon certains critères économiques définissant leur possibilité d'accueil des techniques de dessalement.

A cet égard, des contacts entre ceux qui ont tenté de telles approches dans le monde seraient certainement souhaitables. Il appartient sans doute à l'A.I.E.A. de promouvoir une telle action.

Manuscrit reçu le 9 mai 1969

COMBINATION OF TWO PLANTS (M.D)

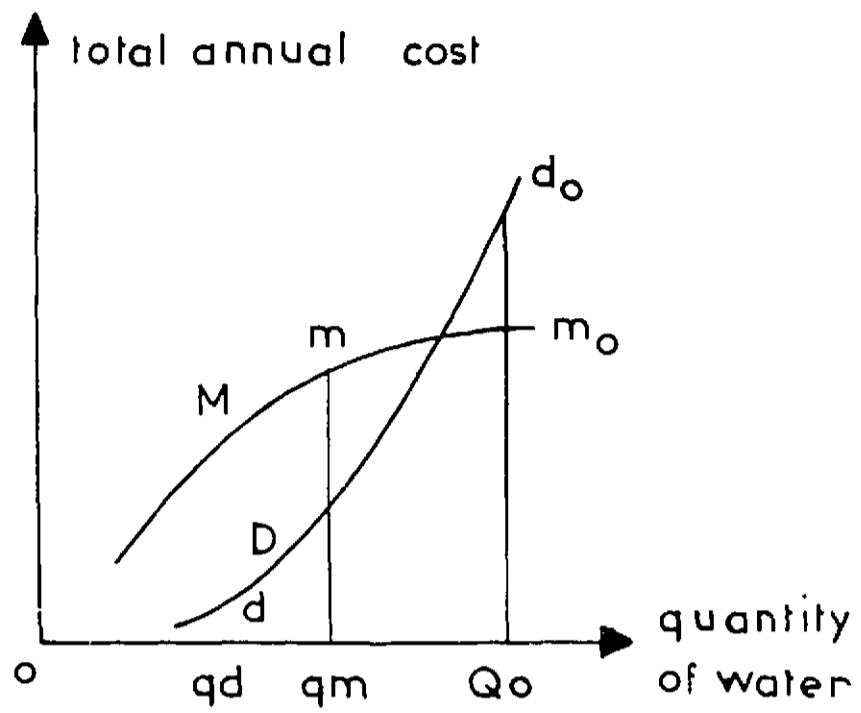


Figure -1-

TOTAL COST RESULTING FROM THE COMBINATION OF TWO PLANTS

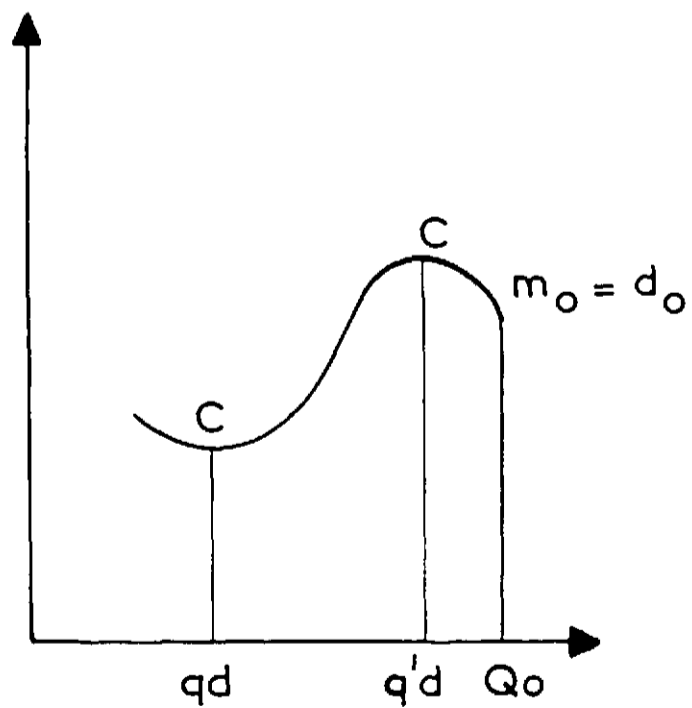


Figure -2-

COMBINAISON DE DEUX INSTALLATIONS (M.D)

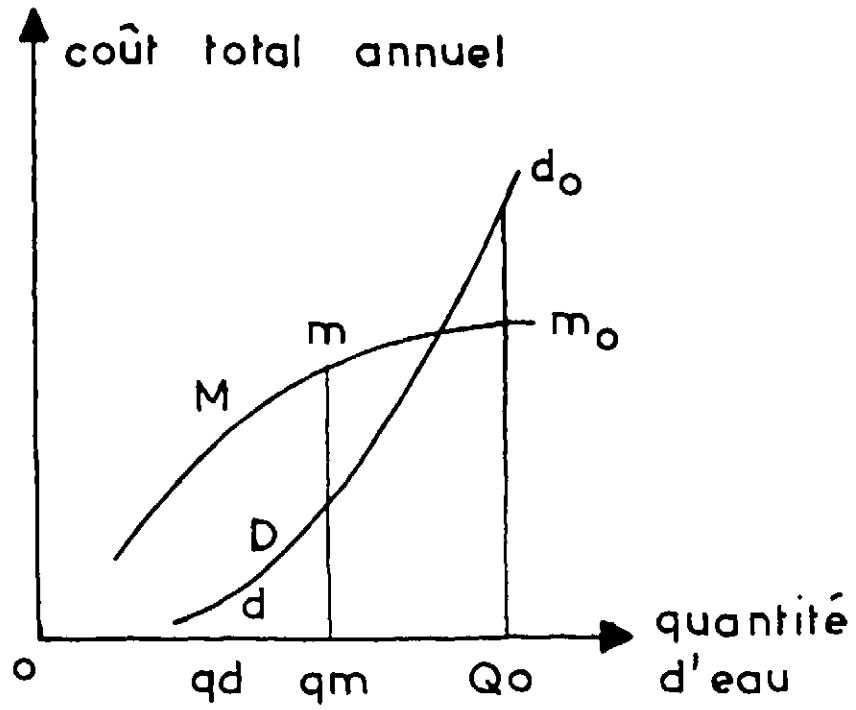


Figure - 1 -

COUT TOTAL RESULTANT de la COMBINAISON

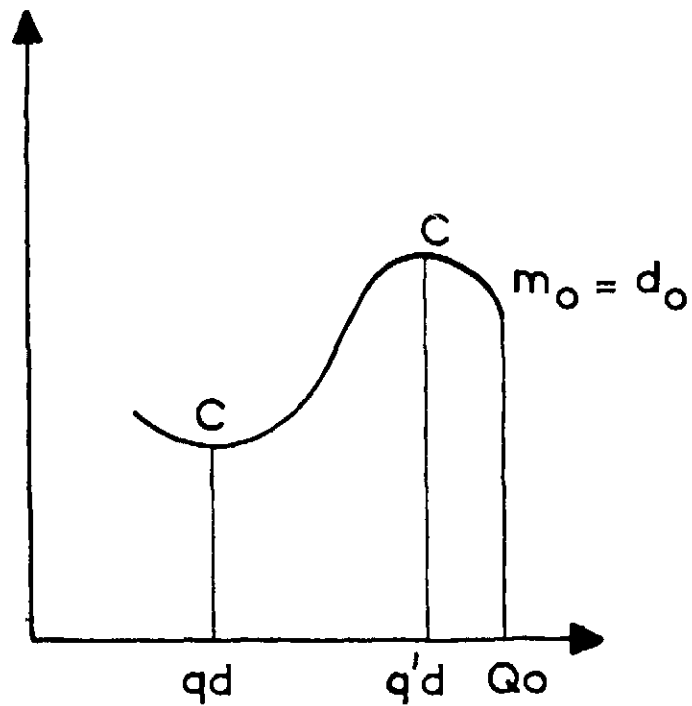


Figure - 2 -

TYPE OF COMBINATION OF TWO PLANTS SATISFYING THE "PEAK" AND "ANNUAL" CONSTRAINTS

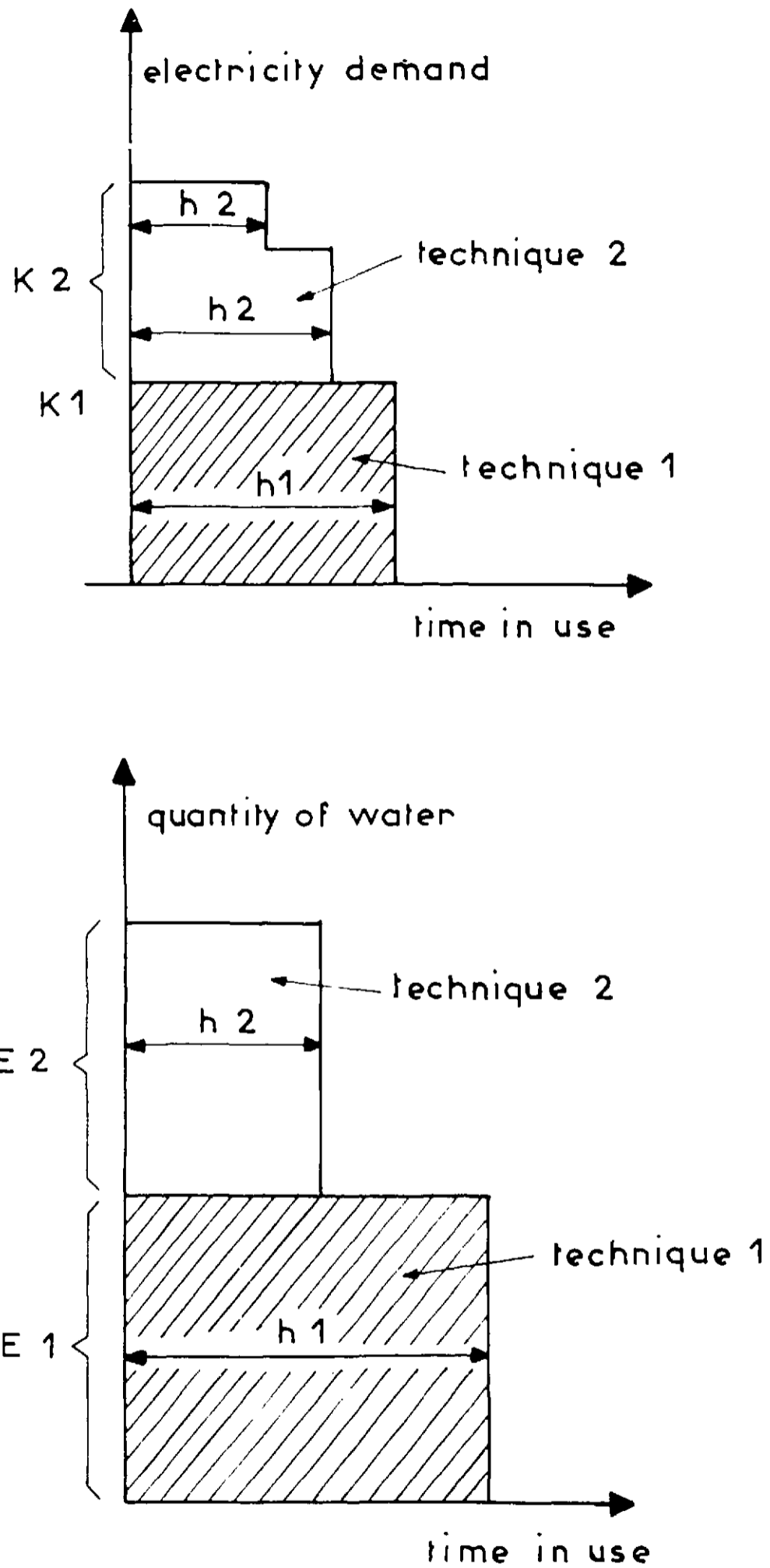


Figure - 3 -

TYPE de COMBINAISON de DEUX INSTALLATIONS
 SATISFAISANT a des CONTRAINTES de "POINTE"
 et "ANNUELLE"

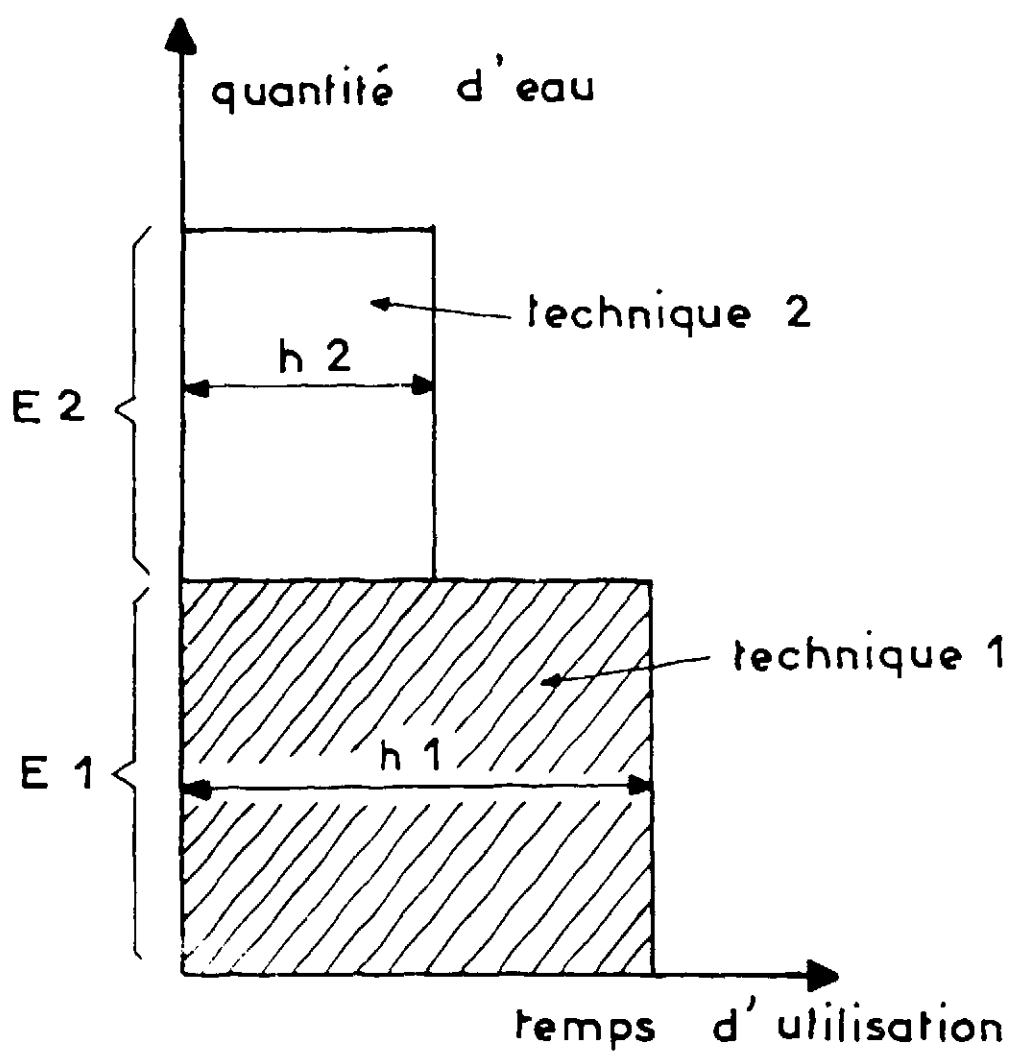
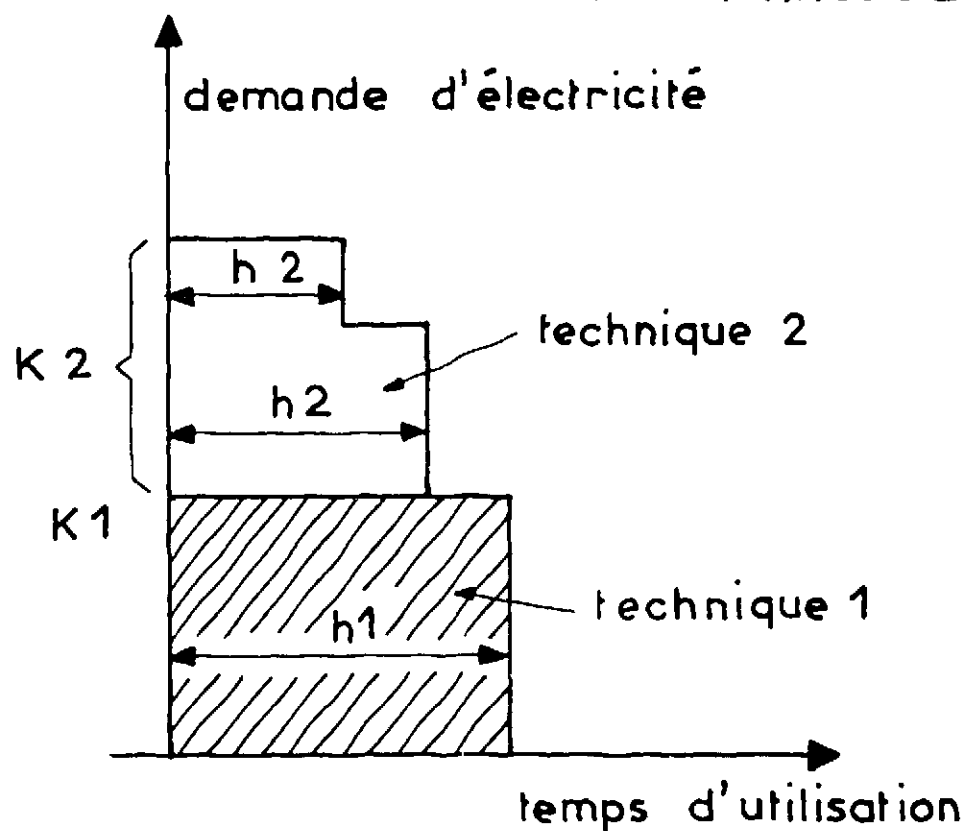


Figure. 3 _

WATER DEMAND CURVE

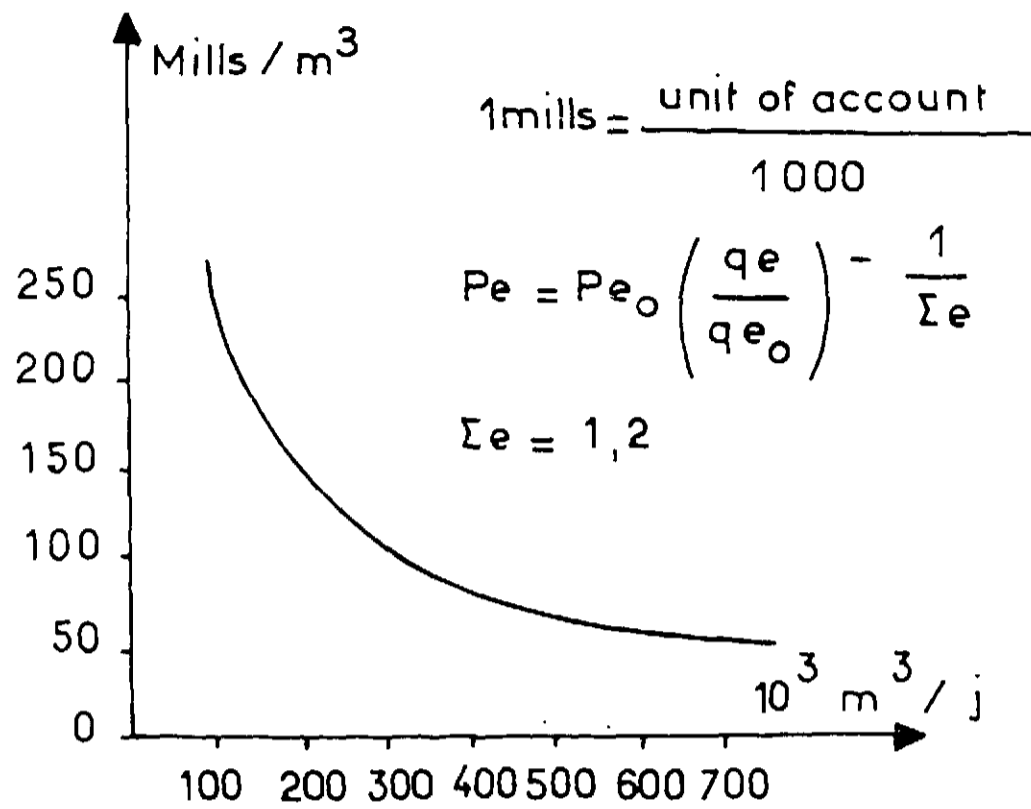


Figure - 4 -

ELECTRICITY DEMAND CURVE

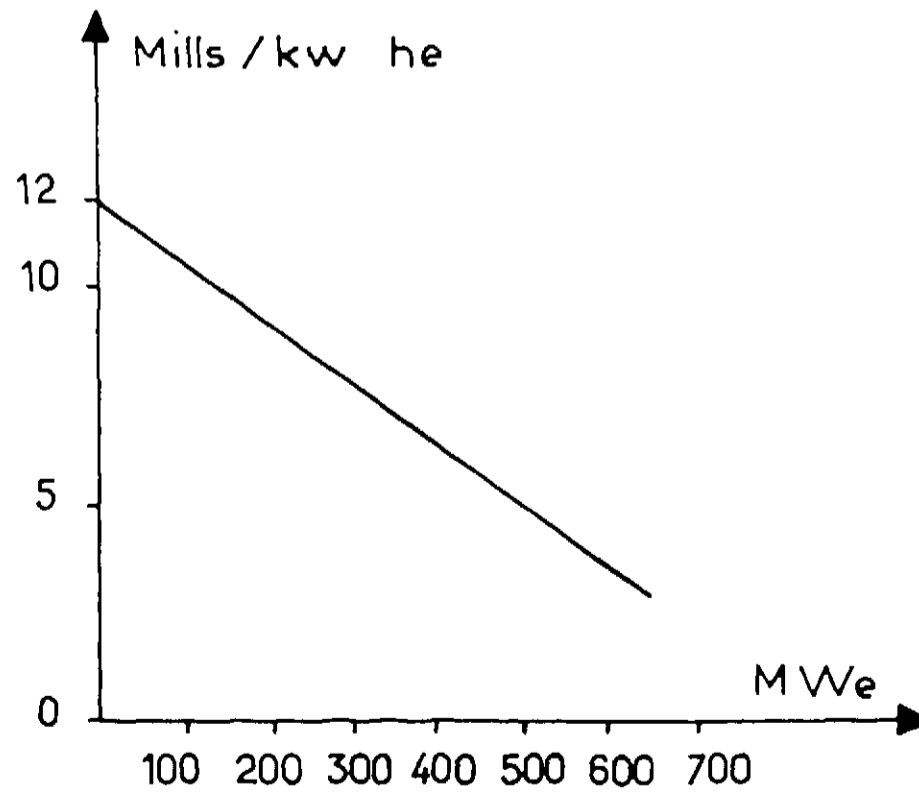


Figure - 5 -

COURBE de DEMANDE d'EAU

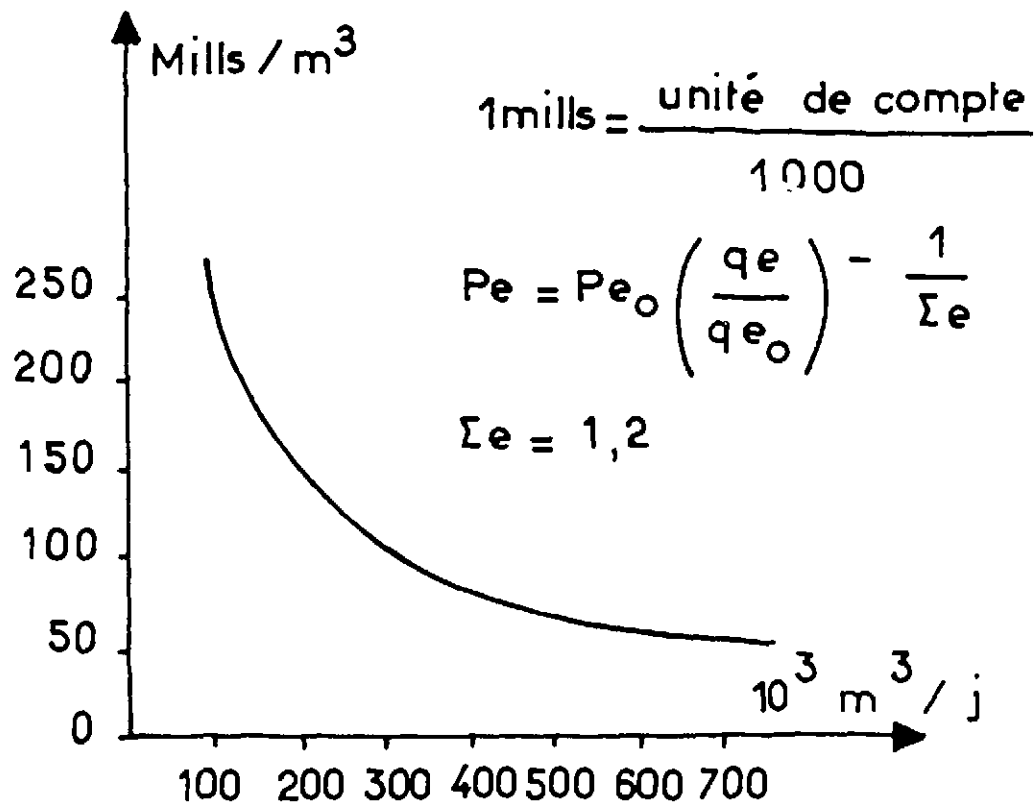


Figure . 4 .

COURBE de DEMANDE d'ELECTRICITE

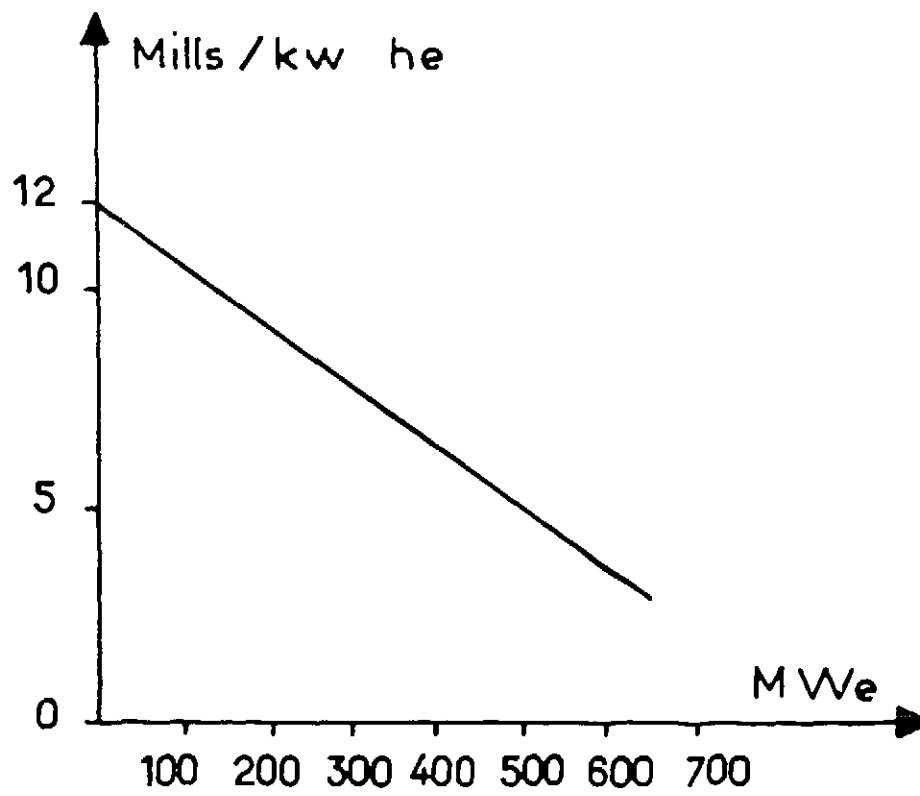


Figure . 5 .

FIN