LES STATIONS DE POMPAGE DES RÉSEAUX D'IRRIGATION PAR ASPERSION

PAR C. GLEIZES *

L'alimentation en eau d'un réseau d'irrigation par aspersion

1. Comparaison avec d'autres besoins.

Des recherches dans le domaine de la conception des stations de pompage ont été rendues nécessaires par le développement de l'irrigation par aspersion. L'alimentation des réseaux de canaux ou l'évacuation des eaux des systèmes de drainage se fait :

- sous une charge faible et sensiblement constante (sauf cas particulier d'un marnage important à l'aspiration);
- avec des débits qui ne subissent que des variations lentes.

Il en résulte que les groupes de pompage ont un point de fonctionnement maintenu dans des limites étroites. Le nombre de groupes est à déterminer en fonction des variations possibles des débits au cours de l'année ou d'une année à l'autre, variations qu'il est relativement facile de prévoir à partir de données climatiques. Un volume tampon est destiné à absorber les écarts entre le débit appelé et le débit fourni, sa valeur étant calculée de façon à limiter la fréquence d'enclenchement des groupes à une valeur compatible avec la longévité des moteurs. Le volume tampon est généralement fourni par le canal principal. La commande des groupes s'obtient à partir du niveau de l'eau dans le volume tampon. Enfin, la hauteur d'élévation réduite et les frais

importants d'établissement des périmètres irrigués par canaux ou aqueducs (terrassements, nivellement des terres) font que les charges de fonctionnement du pompage sont relativement faibles devant l'amortissement et l'entretien de l'ensemble.

L'alimentation des réseaux d'adduction d'eau potable ou industrielle implique, contrairement à la précédente, une mise en pression et surtout des réserves de sécurité. Elle comporte, dans la plupart des cas, pour ces deux raisons, un réservoir surélevé qui joue en même temps de rôle de tampon pour la régulation et la commande des groupes de pompage. Lorsque le volume d'eau disponible à l'aspiration est suffisant pour constituer une réserve de sécurité, on a pu envisager de supprimer le réservoir surélevé pour le remplacer par un réservoir sous pression d'air. Mais la station doit alors comprendre des groupes de secours pour éviter tout incident de fonctionnement d'une durée dangereuse. Les dépenses entraînées par le réservoir surélevé ou par le suréquipement de la station doivent être examinées en fonction de l'importance du risque assuré.

Ces quelques considérations mettent en évidence certaines caractéristiques du pompage de l'eau autre que celle destinée à l'irrigation par aspersion lorsque des comparaisons sont possibles. Elles ne prétendent évidemment pas les énumérer toutes. Ajoutons que M. Lièvre aborde dans sa communication, outre le problème des stations avec réservoir surélevé, celui des stations refoulant dans un canal et en montre la complexité.

Les réseaux d'irrigation par aspersion imposent aux stations qui les alimentent des caractéristiques différentes tant sur le plan technique que sur le plan économique. Il faut en effet leur fournir un débit qui peut varier très rapidement à tout instant

* Ingénieur du Génie rural, des Eaux et des Forêts, à la Section technique centrale des travaux d'Hydraulique.

et prendre n'importe quelle valeur entre zéro et son maximum. Ces variations de débit sont aussi importantes au cours de la saison et d'une année à l'autre, surtout avec le développement des irrigations de complément.

La pression sous laquelle doit être délivrée l'eau en tout point du périmètre doit être supérieure à 2,5 bars dans le cas le plus favorable. Un des avantages de ce procédé d'irrigation étant de ne pas demander un aménagement du terrain, il arrive que l'eau soit à distribuer en des points présentant plus de 80 m de dénivellée. Compte tenu des pertes de charge, on atteint donc ainsi des hauteurs manométriques de refoulement qui peuvent être de l'ordre de 120 m. Les frais de pompage ont donc relativement plus d'importance que pour les réseaux de canaux.

La sécurité est certes à rechercher, mais elle consiste à conserver non pas un volume de réserve ou un débit maximal, mais seulement, en cas d'incidents, un débit suffisant pour que les récoltes ne soient pas en danger.

Enfin, il faut que les sujétions techniques ci-dessus soient satisfaites tout en assurant un rendement optimal des investissements sur le plan économique.

2. Les choix possibles.

Bien que cela puisse paraître paradoxal, on peut se demander tout d'abord si des installations individuelles ne suffiraient pas. Les irrigants utilisant un matériel de distribution le plus souvent mobile, un seul groupe motopompe ou électropompe pourrait convenir. Nous verrons qu'effectivement les équipements de ce genre occupent une place importante en France. Cependant, ils ne sont rentables que dans la mesure où l'eau se trouve disponible à proximité immédiate des exploitations.

L'eau étant rarement aussi facile à se procurer, il faut nécessairement envisager des stations de pompage collectives fournissant l'eau à un grand nombre d'agriculteurs répartis sur un territoire étendu et varié. Divers choix pour leur « équipement » sont à faire en ce qui concerne :

— Le fractionnement du débit installé;

Pour satisfaire une demande très variable, un grand nombre de groupes donne une bonne souplesse de fonctionnement et assure un meilleur rendement. Cette considération a d'autant plus d'importance que le débit maximal est élevé. Par contre, le prix d'équipement croît avec le nombre de groupes. Un optimum est donc à rechercher. Les groupes peuvent également être choisis identiques ou non. Dans le premier cas, les problèmes d'entretien et de permutation sont simplifiés. Dans le deuxième, la souplesse est meilleure. Certains procédés de régulation peuvent imposer la deuxième solution.

— Le mode de régulation et de commande;

Le plus simple *a priori* est celui qui utilise un volume tampon situé à une cote suffisante pour maintenir la pression minimale. Ce volume peut être placé en tête du réseau, en dérivation ou non sur la distribution, la commande étant obtenue par les variations de niveau. Ce système présente de

graves inconvénients en plaine, car, d'une part on ne peut économiquement construire des réservoirs sur tour au-delà de 50-55 m, d'autre part, le coût de ces ouvrages est sensiblement le même, qu'ils alimentent un réseau de 500 ou 5 000 ha par exemple.

Ces inconvénients sont supprimés si le relief du terrain permet l'implantation d'un réservoir au sol ou faiblement surélevé à une cote suffisante. On peut également, dans ce cas, si les accidents du relief sont éloignés de la station, placer ce réservoir en extrémité de réseau. Les difficultés proviennent alors de la prolongation de la conduite principale en fort diamètre, de l'imprécision des hypothèses à faire sur le fonctionnement en retour, de la nécessité de satisfaire aux conditions de pression dans chacune de ces hypothèses, des problèmes enfin de transmission des ordres.

On est donc amené à chercher d'autres dispositifs lorsque les précédents semblent inadéquats. La grandeur subissant le plus de variation étant le débit, le refoulement direct avec régulation par débitmètre s'impose à l'esprit. La difficulté est ici d'obtenir un débitmètre robuste (eau chargée) peu coûteux et précis sur toute la gamme des débits, de façon que les points d'enclenchement et de déclenchement des groupes successifs soient bien repérés. La précision de ces appareils est généralement mauvaise en dessous du cinquième ou du dixième du débit maximal et il faut de toute façon obtenir le démarrage du premier groupe indépendamment du débitmètre. Ce dernier point est résolu par le barbotage ou par une commande sur manostats, ce qui conduit, pour les installations importantes, à combiner l'emploi d'un débitmètre et d'un réservoir sous pression.

Le réservoir sous pression peut enfin s'employer seul. Un optimum économique est à rechercher dans ce cas, le volume du réservoir étant d'autant plus faible que les groupes sont de faible débit et à caractéristique plongeante.

Vue d'ensemble sur les équipements utilisés en France

En 1962, M. Lechapt, ingénieur hydraulicien I.E.G. à la Section technique centrale des travaux hydrauliques avait étudié le problème de la régulation des stations de pompage en irrigation. Il avait pour cela consulté les constructeurs de pompes et de matériel de commande et avait ainsi dégagé les possibilités qui étaient offertes ainsi que les contraintes qui s'imposaient (*Bull. Tech. du Génie Rural*, n° S. I. - 54, juillet 1963). En même temps, une enquête avait été faite sur les stations déjà construites, mais leur nombre était très limité.

Depuis, des études approfondies ont été faites à la lumière des premières réalisations, tant dans les compagnies d'aménagement que dans divers départements. Les communications présentées par ailleurs en exposent les enseignements. Il nous a semblé nécessaire de situer ces études par rapport à l'ensemble des équipements d'irrigation en France

Tableau 1

*Construction de stations de pompage en France de 1953 à 1965
et prévisions partielles pour 1966*

ANNÉES	1953-1958	1959-1961	1962-1964	1965	TOTAL	1966
<i>Région Méditerranéenne :</i>						
Nombre de stations.....	6	15	21	6	48	6
Superficie desservie (ha).....	1 200	16 000	16 100	1 800	35 100	15 000
Débit installé (l/s).....	600	11 400	12 600	1 500	26 100	11 000
Puissance installée (kW).....	800	8 600	10 200	2 300	21 900	13 000
Coût de l'équipement (1 000 F).....	650	4 600	9 950	1 750	16 950	8 000
<i>Sud-Ouest :</i>						
Nombre de stations.....	9	13	17	6	45	6
Superficie desservie (ha).....	200	3 600	8 900	4 800	17 500	4 200
Débit installé (l/s).....	100	1 300	4 200	3 500	9 100	2 900
Puissance installée (kW).....	160	2 500	7 600	5 240	15 500	4 500
Coût de l'équipement (1 000 F).....	380	3 120	7 200	4 600	15 300	3 200
<i>Reste de la France :</i>						
Nombre de stations.....	1	6	12	12	31	
Superficie desservie (ha).....	40	2 360	1 700	800	4 900	
Débit installé (l/s).....	100	1 800	1 450	650	4 000	
Puissance installée (kW).....	150	2 200	1 450	1 000	4 800	
Coût de l'équipement (1 000 F).....	600	2 900	2 000	1 000	6 500	
<i>Ensemble :</i>						
Nombre de stations.....	16	34	50	24	124	12
Superficie desservie (ha).....	1 440	21 960	26 700	7 400	57 500	19 200
Débit installé (l/s).....	800	14 500	18 250	5 650	39 200	13 900
Puissance installée (kW).....	1 110	13 300	19 250	8 540	42 200	17 500
Coût de l'équipement (1 000 F).....	1 630	10 620	19 150	7 350	38 750	11 200

et d'essayer d'en dégager quelques éléments par rapport aux choix énumérés ci-dessus. Nous avons consulté pour cela les compagnies d'aménagement et les départements qui ont étudié et construit des réseaux d'irrigation par aspersion.

1. Le tableau 1 résume les résultats d'ensemble qui portent sur 124 stations construites et 12 en projet. Ils correspondent à 77 000 ha desservis, un débit et une puissance installés de respectivement 53 m³/s et 60 000 kW. L'équipement électromécanique représente un investissement, en valeur actuelle, de 50 millions de francs.

Les résultats ont été groupés en trois grandes régions caractéristiques. La région méditerranéenne, où l'irrigation est indispensable à l'intensification des cultures et qui comprend ici, outre les zones d'action des compagnies du Bas-Rhône-Languedoc et du canal de Provence, les départements du Vaucluse, de la Drôme et de l'Ardèche. Le Sud-Ouest, caractérisé par un besoin annuel moindre, mais néanmoins toujours perceptible. On y a compris, outre la zone d'action de la Compagnie d'Aménagements des Coteaux de Gascogne, les départements de la Gironde, de la Dordogne, du Lot, Lot-et-Garonne, Tarn-et-Garonne et Tarn. La dernière, zone de l'irrigation de complément proprement dite, avec des

besoins annuels très variables, parfois nuls, est très dispersée. Elle comporte des départements de la vallée de la Saône, du Rhône, de la Loire, du Rhin et d'autres comme le Finistère, l'Oise ou le Calvados.

Le tableau 1 met également en évidence la progression des irrigations dans le temps. Cette évolution suit une croissance rapide actuellement. Certaines réalisations antérieures à 1953, mais rares, n'ont pas été individualisées.

Notons ici qu'une enquête postale réalisée avec le concours de la Fédération Nationale des Organismes de Gestion en Agriculture a permis de recenser en 1962 9 000 ha irrigués par installations individuelles dans la troisième zone et 4 000 ha dans le Sud-Ouest. Le taux de réponse ayant été de l'ordre de 50 % et la liste des destinataires ne pouvant être qu'incomplète, on peut constater que ce type d'installation a une grande importance relative.

2. Débit installé.

Le tableau 2 analyse les résultats selon le débit installé. On peut constater que près de 50 % des stations ont un débit inférieur à 100 l/s et que moins de 10 % ont un débit supérieur à 1 m³/s. Le débit moyen installé par station a fortement augmenté de 1953 à 1966. Si l'on excepte les installa-

Tableau 2

Répartition des stations de pompage et quelques caractéristiques
selon le débit installé

DÉBIT (en l/s)	0 à 20	20 à 50	50 à 100	100 à 200	200 à 500	500 à 1 100	1 100 à 2 500	2 500 et plus
Nombre de stations.....	20	21	24	20	23	16	8	4
Débit moyen (l/s).....	12,5	31,5	75	126	298	740	1 800	3 600
Puissance moyenne (kW).....	17,6	51	102	171	405	1 030	1 645	3 480
Coût moyen (en milliers de francs).....	38	59	130	190	430	870	1 360	1 450
Nombre moyen de groupes électro-pompe.	1,2	1,6	2,2	3,3	4,1	4,5	4,3	6,7
Nombre de stations utilisant :								
— un réservoir à air libre.....	5	5	11	7	7	14	8	4
— un réservoir sous pression.....	13	11	13	12	15	2		
— le refoulement direct.....	2	5		1	1			

Tableau 4

Répartition des stations de pompage
et quelques caractéristiques selon le débit et le nombre
de groupes électropompe

NOMBRE DE GROUPES DÉBIT (l/s)	1		2				3			4 ou 5		6 et plus	
	0 à 20	20 à 100	0 à 20	20 à 100	100 à 500	500 à 1 100	20 à 100	100 à 500	500 à 2 500	100 à 1 100	1 100 et plus	200 à 1 100	1 100 et plus
Nombre de stations.....	15	16	5	18	7	2	11	14	5	25	6	8	4
Débit moyen (l/s).....	11,4	33,3	16,1	65,5	185	750	65	193	1 240	370	1 865	530	3 500
Puissance moyenne (kW).....	16,6	54,5	21,7	84,5	212	935	85	275	1 150	506	1 835	825	3 340
Coût moyen en milliers de francs.	37	71	42	94	214	920	111	314	1 200	500	1 170	600	1 850
Grandeur utilisée pour la régulation et l'automatisme.													
— pression.	8	4	2	5	2		6	5	—	8	—	—	—
— débit.		1					—	—	—	—	—	1	—
— débit et pression.....	1	4	1	6			4	2	—	7	—	4	—
— niveau.	4	6	1	7	5	2	1	7	5	10	6	3	4
— manuel.	2	1	1										

tions du Bas-Rhône et du Languedoc (débit moyen de 1 500 à 2 500 l/s), ce débit a augmenté de 100 à 1 200 l/s dans la région méditerranéenne et de 10 à 700 l/s dans le Sud-Ouest. Ailleurs, il est très variable et cela tient à ce que de nombreux périmètres peuvent y être considérés comme expérimentaux.

3. Coût de l'équipement électromécanique (valeur actuelle).

Le coût moyen obtenu par le tableau 1 est de 835 F/kW soit 615 F/ch, chiffre à rapprocher de celui avancé par MM. Adam et Benghouzi (600 F/ch). Le tableau 2 montre que cette moyenne, comme on pouvait s'y attendre, recouvre une dispersion importante, de 2 000 F/kW, pour les petites stations, à 500 F pour les très grosses.

Une étude faite par la Société du Canal de Provence donne une courbe du prix en fonction de la puissance qui peut s'assimiler à deux droites (C

étant le coût en francs et P la puissance en kW) :

$$C = 20\,000 + 900 P \quad \text{et} \quad C = 64\,000 + 460 P$$

pour respectivement :

$$P < 100 \text{ kW} \quad \text{et} \quad 100 < P < 250 \text{ kW}$$

L'enquête nous a permis d'établir des relations analogues pour des puissances inférieures à 300 kW.

Stations à :

$$1 \text{ ou } 2 \text{ groupes} \quad C = 18\,000 + 580 P \quad P < 150 \text{ kW}$$

$$3 \text{ groupes. . .} \quad C = 25\,000 + 600 P \quad P < 300 \text{ kW}$$

$$4 \text{ groupes. . .} \quad C = 20\,000 + 850 P \quad P < 300 \text{ kW}$$

Pour des puissances supérieures, la dispersion est très grande et nous avons essayé la représentation :

$$C = (A + Bq) q \cdot H^{1/2}$$

Tableau 3

*Utilisation d'un réservoir à l'air libre,
d'un réservoir à pression d'air
ou du refoulement direct
selon la région*

NOMBRE DE STATIONS	RÉSÉROIR A L'AIR LIBRE	RÉSÉROIR SOUS PRESSION	REFOULE- MENT DIRECT
Région méditer- ranéenne	39 *	12	3
Sud-Ouest	15	36	—
Reste de la France	7	18	6
* dont les 14 stations du Bas-Rhône - Languedoc.			

où q est le débit en litres par seconde et H la hauteur de refoulement en mètre.

On a obtenu :

- pour $q < 60$ l/s
stations à 1 groupe : $C = (290 - 4,5 q) q \cdot H^{1/2}$
stations à 2 ou 3 groupes :
 $C = (500 - 2,9 q) q \cdot H^{1/2}$
- pour $60 < q < 100$ l/s
stations à 2 ou 3 groupes :
 $C = (260 - 1,8 q) q \cdot H^{1/2}$
- pour $100 < q < 150$ l/s
stations à 2 ou 3 groupes :
 $C = (200 - 1,2 q) q \cdot H^{1/2}$
stations à 4 ou 5 groupes :
 $C = (310 - q) q \cdot H^{1/2}$
- pour $q > 150$ l/s
 $C = (200 - 0,3 q) q \cdot H^{1/2}$

Ces formules expriment très grossièrement des moyennes, mais il faut insister sur le fait que ces moyennes sont très peu significatives. Elles peuvent donner un ordre de grandeur de la variation du coût en fonction des variations des caractéristiques. La valeur absolue obtenue est pratiquement inutilisable. Seule, une évaluation du coût des stations de pompage obtenue en analysant les différents postes pourrait fournir une valeur correcte.

4. Fractionnement du débit.

Le tableau 4 analyse les résultats en classant les stations selon leur débit et le nombre de groupes. La répartition est assez homogène. Jusqu'à 100 l/s, près de 50 % des stations n'ont qu'un seul groupe; de 100 à 1 100 l/s plus de 50 % des stations ont 4 ou 5 groupes. Une évolution se fait sentir vers un fractionnement de plus en plus grand.

Il faut noter également une tendance à supprimer les groupes de secours. Cette tendance traduit le fait que le débit total installé correspond à un besoin de fréquence faible. Le fractionnement du

débit d'équipement permet alors de considérer que le dernier groupe joue à la fois un rôle de secours et un rôle d'appoint.

5. Régulation.

Le tableau 2, montre que, de 0 à 500 l/s, les stations utilisent un réservoir à l'air libre dans 25 à 30 % des cas, tandis qu'au-delà de 500 l/s, ce dispositif devient la règle. Le tableau 3 montre qu'il est employé dans une proportion beaucoup plus importante dans la région méditerranéenne qu'ailleurs.

Dans 55 % des cas, le réservoir est situé en extrémité de réseau, cette disposition correspondant le plus souvent à un réseau de vallée alimenté à partir de la rivière, les flancs de la vallée offrant un site favorable à l'implantation d'un réservoir d'extrémité.

Le tableau 4 montre que l'utilisation de la pression seule est plus fréquente que celle des débitmètres tant que le nombre de groupes est inférieur à 6. Parmi les stations construites depuis 1960 et utilisant uniquement un réservoir pneumatique, la moitié est équipée de systèmes brevetés « Evomat » et « relais manométriques de consommations Vogel-Jeumont » décrits par ailleurs (Compagnie d'aménagement des coteaux de Gascogne).

La régulation par débitmètre comporte dans presque tous les cas un réservoir à pression d'air qui commande le premier ou les deux premiers groupes. Toutefois, une diversification de plus en plus grande apparaît dans le procédé de régulation.

Une station de la Drôme comportant 7 groupes identiques fonctionne avec barbotage du premier groupe, donc sans réservoir sous pression. La hauteur de refoulement ne varie que de 58,5 à 56 m, la gamme de débit atteignant 230 l/s.

Deux stations [Corse (SOMIVAC) et Loiret] utilisent le système HEMA (employé en adduction d'eau et décrit dans *Techniques et Sciences Municipales*, septembre 1965, par M. Burq, pour l'alimentation en eau de Laval). Il s'agit d'une commande par réservoir à pression d'air pour tous les groupes, mais avec une fourchette constante.

Selon que le temps de vidange d'un volume connu est supérieur ou inférieur à une base de temps donnée, le passage au niveau bas du réservoir provoque l'enclenchement d'une combinaison de groupes donnant le débit nécessaire. Ce dispositif est à rapprocher de ceux décrits par la Compagnie d'aménagement des coteaux de Gascogne (régulation à fourchette constante) et mis en œuvre sur deux stations de cette Compagnie.

Notons enfin un procédé très simple utilisé sur une station de 25 l/s dans le Vaucluse : le groupe unique est arrêté à débit nul par un relais Gourdin; la mise en route est commandée par la détection de la chute de pression correspondant à la vidange d'une colonne d'eau de 4 m de hauteur, vidange provoquée par l'ouverture d'une borne. Ce procédé est intéressant par sa rusticité pour de très petites installations.

6. Rendement des installations.

La consommation d'énergie permet d'évaluer un rendement global des installations. Nous avons relevé les valeurs données dans le tableau de la page suivante.

STATIONS UTILISANT UN	RENDEMENT (en %)		
	maximal	minimal	moyen
Réservoir à l'air libre...	79	47	67
Réservoir sous pression.	74	28	54
Réservoir sous pression + système Vogel-Jeu- mont.	78	33	59
Débitmètre.	78	35	59

7. Utilisation de l'équipement.

Les renseignements recueillis ne permettent pas d'évaluer avec précision les consommations d'eau année par année et les durées de fonctionnement des pompes. On peut en première approximation estimer que les quantités d'eau pompée varient d'une année à l'autre dans les rapports de :

1 à 2,2 pour la région méditerranéenne,

1 à 4 pour le Sud-Ouest,

1 à 7,5 pour le reste de la France.

Une statistique portant sur 15 stations du Sud-Ouest montre la progression du volume annuel pompé avec l'âge de la station. On a rapporté pour cela le volume pompé au débit d'équipement.

ANNÉE DE CONSTRUCTION	1964	1963	1962	1961
Volume moyen pompé en milliers de mètres cubes par litre/sec. d'équipe- ment.	380	725	1 700	2 000

Des enregistrements du volume pompé chaque mois dans trois stations de la zone méditerranéenne et dans trois stations du Sud-Ouest, et ceci pendant quatre ou cinq années consécutives, précisent la variabilité des quantités d'eau élevées au cours d'une année. Le tableau ci-dessous indique la quantité d'eau pompée chaque mois en pourcentage du volume annuel.

MOIS	RÉGION MÉDITERRANÉENNE	SUD-OUEST
Janvier.	0,7	0
Février.	1,1	0
Mars.	2,1	0,2
Avril.	7,1	1,3
Mai.	19,3	1,3
Juin.	22,9	17,7
Juillet.	19,4	24,5
Août.	16,5	33,2
Septembre.	6,4	16,8
Octobre.	2,4	5
Novembre.	1,4	0
Décembre.	0,7	0
Total.	100	100

Conclusions

Cette enquête montre la diversité des équipements existants et leur adaptation aux données. Les communications faites par ailleurs exposent les différentes techniques utilisées et maintenant bien élaborées. Il existe donc un choix important de dispositifs bien étudiés et propres à résoudre un problème qu'on peut résumer grossièrement à fournir un débit variable et limité, sous une pression minimale et dans les meilleures conditions économiques.

Si les deux premiers points du problème, techniques, peuvent être cernés avec une relative précision, le troisième et surtout les incidences des différents choix sur l'économie de l'exploitation sont plus difficiles à connaître en raison des interdépendances nombreuses. Cet aspect a été abordé dans les communications de la Compagnie d'aménagement du Bas-Rhône et du Languedoc (limitation de la puissance souscrite, pompage en heures creuses du tarif vert E.D.F.) et par celle des Coteaux de Gascogne (recherche de l'optimum de la somme d'investissement + fonctionnement de la station de pompage).

Pour préciser cet aspect économique il convient d'analyser le coût d'ensemble d'un réseau d'irrigation pour connaître l'importance relative des divers postes de dépenses. Nous prendrons pour exemple un périmètre irrigué de 490 ha dans le Sud-Ouest :

- débit d'équipement : 380 l/s,
- hauteur d'élévation : 117 m,
- volume moyen annuel pompé : 735 000 m³.

POSTE DE DÉPENSES	INVESTISSEMENT (F)	ENTRETIEN ET FONCTIONNEMENT ANNUEL (F)
1. Génie civil et réseau fixe.	1 700 000	8 500 (taux 0,5 %)
2. Equipement électromécanique de la station de pompage.	410 000 (dont moteurs et pompes 100 000)	16 200 (taux 2 et 10 %)
3. Matériel mobile d'irrigation.	475 000	11 850 (taux 2,5 %)
4. Gestion.	25 835 000 / 580 F/ha	30 000
5. Energie : Prime fixe (670 kW). Consommation.		15 000 17 000

Un premier calcul a été fait en actualisant les dépenses annuelles et les renouvellements de matériel (tous les 20 ans pour 2 et 10 ans pour 3) pendant 50 ans.

Un deuxième calcul n'a tenu compte que des charges financières annuelles pendant les dix premières années, en supposant que la collectivité qui possède l'ouvrage emprunte la totalité des sommes non couvertes par les subventions de l'Etat.

On obtient les résultats en pour cent :

	ACTUALI- SATION	CHARGES ANNUELLES
1. Génie civil et réseau....	35,5	24,8
2. Station de pompage (équipement).	17,5	17,7
3. Matériel mobile.	25,5	25,8
4. Gestion.	10,3	15,75
5. Energie :		
Prix fixe.	5,15	7,85
Consommation.	6,05	8,10
<i>Total.</i>	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>

Notons tout d'abord que ces proportions reflètent non seulement des choix, mais aussi des conditions particulières, telles que la taille de l'ouvrage ou les difficultés de prise d'eau. L'enquête a montré que le coût de la station de pompage variait de 10 à 30 % de l'ensemble des postes 1 et 2 ci-dessus (en investissement seulement) selon la taille.

Le poste énergie, s'il correspond à plus de 15 % des charges annuelles, montre que la prime fixe a autant d'importance que la consommation. Ceci donne tout son intérêt à la limitation de la puissance souscrite étudiée par M. Lièvre. Dans le calcul précédent, on a supposé que la puissance souscrite en hiver était nulle. Lorsqu'un pompage d'hiver est indispensable, ce poste grève lourdement les charges. Quant à la consommation seule, si elle représente près de 10 % des charges annuelles, elle permet de constater qu'il peut n'être pas indispensable d'accorder la priorité aux considérations sur le rendement; l'incidence d'une variation du rendement a des conséquences faibles sur l'économie de l'ensemble.

Le poste gestion représente lui aussi plus de 15 % des charges annuelles, ce qui peut paraître élevé. Ce poste est sans doute un des plus variables. Nous avons pris ici un coût comparable à ceux observés pour des associations syndicales de même importance. Un optimum devrait être trouvé à partir du coût des interventions humaines et de celui des automatismes qui pourraient diminuer ces interventions. Il serait intéressant de pouvoir établir des corrélations entre le coût de la gestion, la taille de l'ouvrage et le degré d'automatisme. Des études ont été faites aux Etats-Unis dans ce domaine, mais ne sont pas transposables, les conditions économiques étant trop différentes. (J.M. EYER *Journ. Irrig. and Drainage Division - A.S.C.E.*, décembre 1965). On peut seulement constater que les différents modes de régulation entraînent des interventions plus ou moins fréquentes. Les manœuvres ou les relais chronométriques exigent des réglages plus fréquents que les commandes par ligne pilote et niveau d'eau par exemple.

Le poste matériel mobile est le plus important après le réseau. On pourrait penser qu'il ne devrait pas entrer dans le calcul économique, car il correspond à l'équipement des exploitations indépendamment du réseau. Cependant son introduction, outre qu'elle permet une comparaison avec les installations individuelles (*), met en évidence l'importance de coût de ce matériel.

Encore n'a-t-on pas tenu compte des dépenses afférentes à ses déplacements. Il faut remarquer à son propos que le choix de la pression de service influe sur les dépenses d'investissement et de fonctionnement de ce matériel. L'adoption de la régulation par réservoir sur tour ou par réservoir à l'air libre au sol, lorsqu'elle impose une limite supérieure à la pression de service, rend donc le choix moins large et peut interdire dans certains cas d'atteindre l'optimum.

La même remarque peut être faite en ce qui concerne le premier poste de dépenses. Le coût du réseau de canalisations est imposé si l'implantation d'un réservoir à l'air libre interdit de faire varier la cote de refoulement ou du moins impose une limite supérieure à cette cote. Nous avons eu l'exemple d'un réseau pour lequel la topographie semblait favorable à une régulation par réservoir d'extrémité, semi-enterré. Mais ce réservoir ne pouvait être établi au-dessus d'une cote imposée par le site. Pour cette cote de refoulement, le coût du réseau était de 3 450 000 F et le coût actualisé de pompage de 1 800 000 F. En adoptant une régulation par débitmètre et réservoir à pression d'air, l'optimum pour la cote de refoulement était supérieur de 24 m et les coûts du réseau et du pompage devenaient respectivement de 3 100 000 F et 1 950 000 F.

La comparaison des deux solutions précédentes doit comprendre, bien sûr, les coûts différents d'un réservoir au sol, de la ligne pilote ou du procédé de télécommande, de l'antenne en fort diamètre qui sert au refoulement, d'une part, et ceux du réservoir à pression d'air, du débitmètre et des dispositifs de commande, d'autre part.

Enfin, le contenu du poste 2 — Equipement de la station de pompage — est à examiner pour lui-même. Le nombre de groupes, la qualité de l'équipement agissant directement sur la valeur de l'investissement et il n'est pas facile de savoir si les variations sur l'investissement ont une incidence notable sur les coûts d'entretien, de gestion ou de fonctionnement. Le choix d'un débitmètre de qualité, par exemple, peut multiplier l'investissement par cinq. On n'a pas encore assez de recul pour savoir si cette dépense supplémentaire est rentable. Il en est de même pour le choix d'un matériel de filtration plus ou moins efficace.

Les dispositifs de sécurité, la fréquence d'enclen-

(*) En rapportant les charges financières de l'exemple choisi à l'hectare irrigué, on trouvera un prix de l'irrigation en francs par hectare de :

$$C = 353 + 0,023 V$$

V étant le volume d'eau utilisé dans l'année.

Pour les installations individuelles en zone d'irrigation de complément, on a trouvé deux valeurs extrêmes :

$$C = 125 \text{ à } 215 + 0,12 V$$

chement des groupes ont une incidence sur la gestion, l'entretien et la longévité des moteurs. Là encore, il n'est pas facile de connaître les effets en valeur absolue.

Il reste donc encore un certain nombre de points obscurs pour le moment et on peut en conclure que la préférence doit être donnée aux systèmes les plus sûrs; réservoirs à l'air libre en tête en particulier, chaque fois que le coût correspondant ne dépasse que de peu les autres dispositifs.

Mais la complexité du problème interdit de traiter de la station de pompage indépendamment de l'ensemble de l'équipement. Les facilités apportées

par les méthodes de calcul exposées par M. Labye et leur faible coût permettent de procéder à l'optimisation en faisant intervenir toutes les solutions techniques qui peuvent paraître en concurrence. Les deux principes d'évaluation utilisés plus haut doivent être employés simultanément tout en donnant la priorité à l'actualisation. On pourra ainsi choisir dans la zone de l'optimum économique la solution qui se rapproche le plus du minimum des charges financières. Notons à ce sujet que le taux de subvention pourrait être modulé de façon à effacer les disparités qui pourraient apparaître alors.

Discussion

Président : M. BERGERON

M. le Président félicite très vivement M. GLEIZES de son travail de synthèse et de statistique, et espère bien que ce travail qui ne porte que sur quelques années, va continuer et fera l'objet de prochaines communications.

M. TREMOLIÈRES sollicite une définition plus précise des coûts figurant dans les colonnes « actualisation » et « charges annuelles » du tableau présenté par M. GLEIZES.

M. GLEIZES précise que ces chiffres représentent respectivement, en pourcentage, les différents postes de dépense de l'actualisation sur 50 ans de charges successives (investissements, entretien, fonctionnement) et des charges annuelles de gestion (amortissement des emprunts, entretien, fonctionnement).

M. PORCHERON pense qu'il y a lieu de distinguer les dépenses relatives, d'une part, au génie civil et à la partie

électromécanique des stations de pompage, d'autre part, aux grosses stations et aux stations moyennes et petites.

M. CARLIER demande si, pour des régions où le rythme d'accroissement des surfaces irriguées est assez lent, on a pensé à réaliser des stations de pompage flottantes qui pourraient être généralement conçues de manière assez économique, en attendant la période de complet développement du réseau.

M. VERDIER indique qu'il y a eu une communication récente à ce sujet dans la revue « Le Génie Rural ».

M. ADAM ajoute que cette idée serait intéressante dans le cas de la Loire; mais au moment des hautes eaux qui sont quelquefois assez brutales (crues de la Vienne) il pourrait y avoir des dégâts importants causés à une station de pompage flottante. En outre la réglementation imposée par le Service de la Loire en ce qui concerne les ouvrages situés dans le lit du fleuve est assez stricte et peut constituer un obstacle à une telle réalisation.