

## COMMANDE AUTOMATIQUE DES STATIONS DE POMPAGE POUR RÉSEAUX DE PLAINE

PAR H. ADAM \* ET L. BENGHOUI \*

### Introduction

Un autre exposé étant réservé à la commande automatique des stations de pompage sans réservoir surélevé de mise en pression, cette étude se borne à analyser quelques réalisations qui ont en commun un certain nombre de caractéristiques :

- faible surface desservie : entre 100 et 300 ha équipés<sup>(1)</sup>;
- dénivellation très peu importante sur l'ensemble du périmètre (en général 2 à 3 m du point le plus élevé au point le plus bas, et cela sur une distance de quelque 2 à 5 km);
- situation en bordure de Loire ou au nord de celle-ci (Alsace), c'est-à-dire dans des régions où, il y a dix ans, l'irrigation n'était pas du tout pratiquée. Les besoins en eau sont donc très différents de ceux que l'on peut trouver en zone méditerranéenne;
- réalisation relativement récente, de 1962 à maintenant; cet aspect récent ne permet pas d'ailleurs d'énoncer des conclusions très sûres quant aux charges et aux difficultés de fonctionnement.

### Présentation des périmètres irrigués

Les réseaux étudiés sont les suivants :

#### 1. Algolsheim.

A 20 km à l'est de Colmar, au nord de la plaine

\* Ingénieurs du Génie Rural, des Eaux et des Forêts.

(<sup>1</sup>) On appelle surface équipée la surface desservie par le réseau enterré mais non forcément irriguée, du moins en totalité la même année.

de la Hardt, elle-même située entre l'Ill et le Rhin.

Le climat continental, la faible pluviométrie (520 mm pour le module pluviométrique annuel), le pouvoir de rétention peu élevé des sols expliquent l'intérêt de l'irrigation dans cette région.

A titre expérimental, un réseau a été réalisé en 1962 sur 270 ha préalablement remembrés; il s'agit de polyculture, le réseau se devait donc de rester économique : 3 800 F/ha équipé<sup>(2)</sup>.

#### 2. Allonnes-Villebernier.

Egalement à titre expérimental, deux réseaux situés tout près l'un de l'autre ont été construits par le département de Maine-et-Loire à l'est de la vallée de l'Authion, elle-même située en rive droite de Loire, entre Angers et Bourgueil. Le climat est doux, le sol fertile, mais la pluviométrie (620 mm par an) est insuffisante au printemps et en été pour faire face aux besoins des plantes cultivées. Il s'agit ici de cultures légumières, d'arboriculture et également de cultures moins intensives, comme le maïs.

La surface équipée est de 280 ha dont 120 ha pour Allonnes et 160 ha pour Villebernier. Le premier réseau a été mis en service en 1961 et le deuxième en 1962.

Coût à l'hectare équipé :

5 300 F pour Allonnes,

4 800 F pour Villebernier.

#### 3. Réseau du Loiret.

Ces réseaux se trouvent situés dans la plaine alluvionnaire qui borde la Loire en rive gauche au

(<sup>2</sup>) Le coût indiqué pour ces réseaux tient compte de l'ensemble des investissements réalisés, exclusion faite du matériel mobile de surface.

Tableau 1

CARACTÉRISTIQUES	ALGOLSHEIM	ALLONNES	VILLEBERNIER	MELLERAY	SANDILLON	CORNAY
Débit total de pointe de la station de pompage (l/s)	210	100	100	348	100	152
H.M.T. correspondante (m)	55	52	47	74	70	85
Point d'eau utilisé. . . . .	canal	Authion	Authion	Loire	forage	puits
Nombre de groupes installés	4	3	4 dont 1 en secours	4	2	4
Caractéristiques des groupes	axe horizontal			vertical	immergé	
	1 de 28 l/s à 51 m	3 de 33 l/s sous 52 m	4 de 33 l/s sous 49 m	1 de 10 l/s à 80 m	1 de 100 l/s à 70 m	4 de 38 l/s à 85 m
	3 de 55 l/s à 62 m			3 de 116 l/s à 75 m	1 de 25 l/s à 70 m	
	Sulzer	K.S.B.	Jeumont	S.W.	K.S.B.	K.S.B.
Entreprises . . . . .	Sulzer et Jedèle	Feljas et Masson, Laval		S.E.I.T. Orléans		
Système de commande. . . . .	manostat et débitmètre	réservoir sur tour 200 m <sup>3</sup> -50 m	pneumatique intégral Jeumont-Vogel	manostat et débitmètre	Système HEMA	

sud-est d'Orléans. Les caractéristiques de sol et de climat sont assez voisines de celles du Maine-et-Loire, elles sont très favorables à l'implantation de cultures intensives telles que l'horticulture, l'arboriculture, les cultures maraîchères...

Les réseaux d'irrigation sont implantés sur d'anciens domaines achetés par la S.A.F.E.R. (3) du Centre et lotis en petites exploitations intensives.

#### Melleray.

226 ha équipés pour 39 exploitants : horticulteurs, arboriculteurs, maraîchers.

Le coût total est élevé, à cause des difficultés exceptionnelles de prise en Loire et des débits importants justifiés par la lutte antigél et l'existence de 8 ha de serres; en moyenne 10 000 F par hectare équipé, mise en route en 1964.

#### Les grands marais de Sandillon et Cornay.

Il s'agit de deux anciens domaines équipés à l'irrigation pour le même type d'exploitation que précédemment, mais alimentés en eaux par des puits profonds qui utilisent la circulation karstique de la Loire en rive gauche.

Le premier réseau couvre 85 ha, le second 120 ha; leur coût est analogue : 4 500 F par hectare équipé environ.

Le réseau de Sandillon vient d'être terminé, celui de Cornay est en cours de construction. Ils sont cités ici à cause du caractère original de la commande de la station de pompage.

Comme on le voit, ces réalisations répondent bien aux caractéristiques énoncées en tête de l'exposé. Il a paru intéressant de situer le contexte avant de détailler plus les parties électro-mécaniques des réseaux.

### Caractéristiques des stations de pompage

Pour plus de clarté, on a rassemblé dans un tableau unique les données essentielles des différentes stations de pompage; le commentaire qui suit a pour but d'éclairer et de détailler certains aspects particuliers de ces réalisations, sans insister sur ce qui est classique.

Les caractéristiques de débit sont variables d'un réseau à l'autre; en fait elles correspondent à un débit unitaire variant de 0,7 à 1,5 l/s.ha équipé pour des réseaux fonctionnant à la demande et permettant de faire dans certains cas de la lutte antigél (Loiret). Globalement, les caractéristiques restent cependant du même ordre de grandeur. Si l'on ne peut comparer directement une station à une autre, du moins peut-on tirer quelques conclusions sur l'appareillage de commande choisi :

#### Algolsheim.

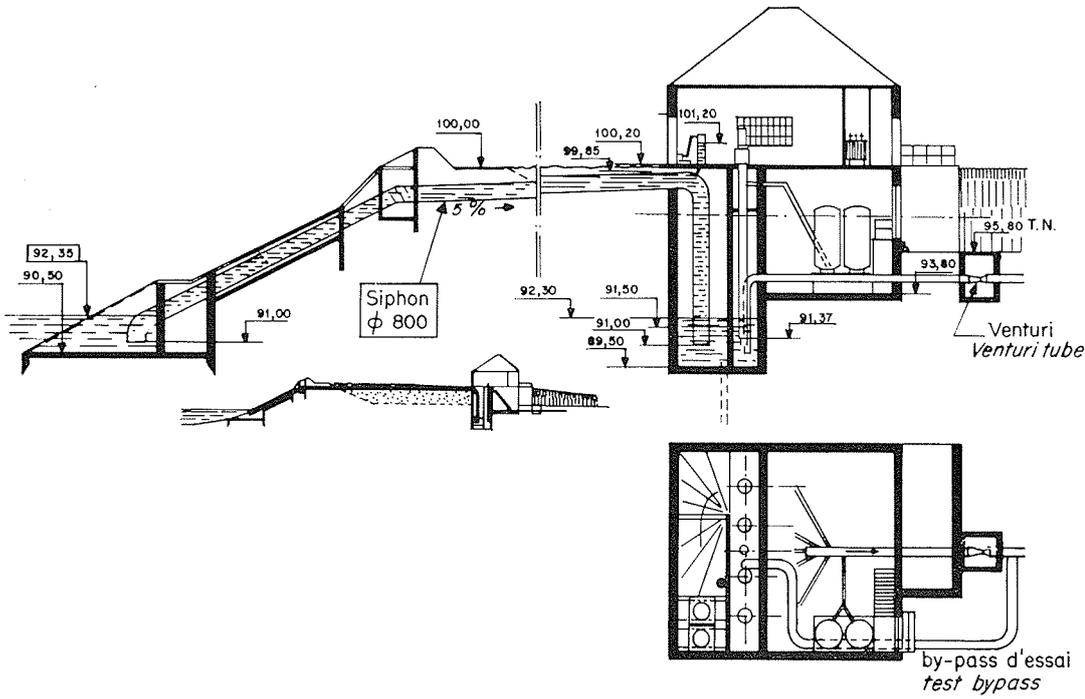
Il s'agit ici d'une station de pompage avec réservoirs hydro-pneumatiques ( $2 \times 10 \text{ m}^3$ ), commande du premier groupe par un manostat Sauter (4,6 à 5,9 kg/cm<sup>2</sup>) et des trois groupes suivants par débitmètre Rittmeyer. Les groupes II, III, IV sont identiques et fonctionnent en parallèle; le groupe I peut être également enclenché par le débitmètre comme appoint pour les gros débits.

La station est munie d'un certain nombre de protections particulières aux réseaux d'irrigation :

- contre l'encrassement des crépines (si le filtre ne remplit pas son rôle), par vacuomètres de haute précision qui arrêtent les pompes; une chasse manuelle permet de décolmater les crépines;
- contre les dépressions dans les conduites, par un système de by-pass avec clapet de retenue et

(3) S.A.F.E.R. : Société d'Aménagement Foncier et d'Établissement Rural.





3/ Irrigation du domaine de Melleray. Schéma de fonctionnement de la station de pompage à la cote minimale admissible en Loire.

*Irrigation of Melleray estate. Pumping plant operation at the lowest permissible river Loire water level.*

Sur cette période, on a pompé 990 000 m<sup>3</sup>, soit 274 000 m<sup>3</sup>/an en moyenne ou 1 000 m<sup>3</sup>/ha. La consommation électrique relevée conduit à une consommation spécifique de 280 Wh/m<sup>3</sup>, soit un rendement moyen des groupes de 60 %.

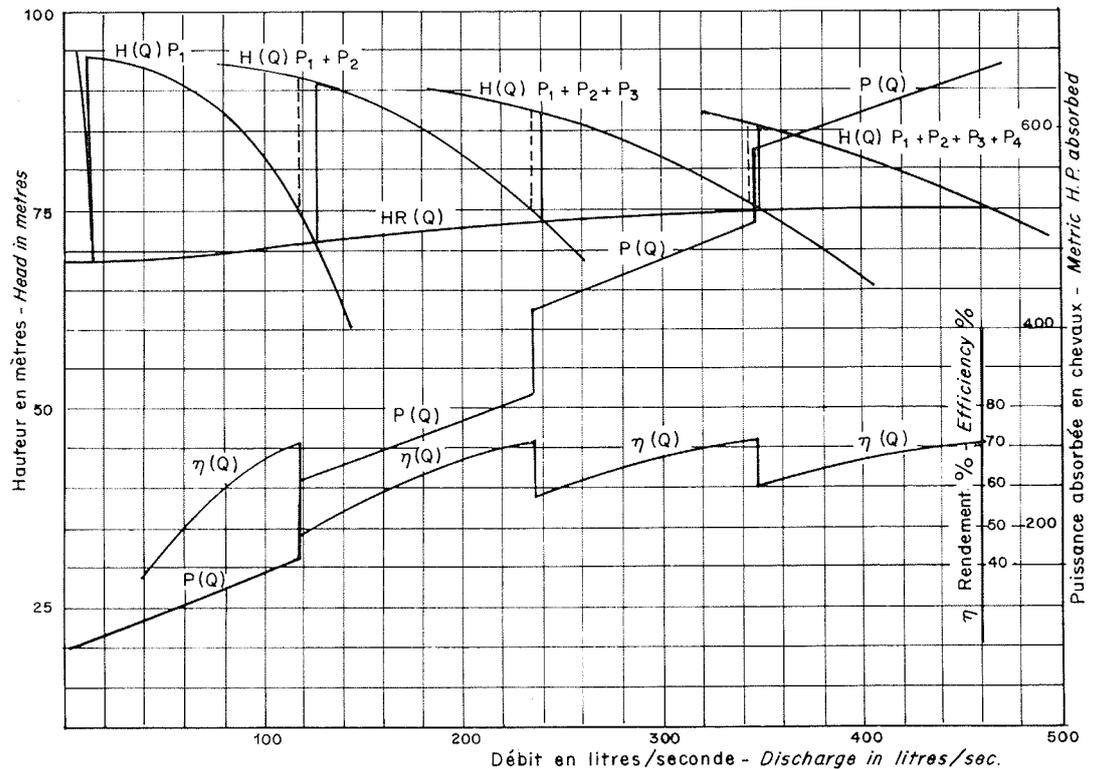
**Ailonnes et Villebernier.**

Les deux réseaux ont été réalisés à un an de différence.

Le premier a été équipé d'une manière tradition-

nelle, avec un réservoir sur tour de 50 m, dont les niveaux commandent les trois pompes qui peuvent fonctionner en parallèle. Le rendement global est de 72 % (200 Wh/m<sup>3</sup> d'eau élevé). Le comptage se fait au moyen d'un compteur Woltmann associé à un enregistreur d'impulsion C.D.C.

Le coût de cette solution et les faibles perspectives d'extension du réseau ont amené à s'affranchir du réservoir sur tour pour le réseau de Villebernier, équipé de la manière suivante : régulation pneuma-



4/ Domaine de Melleray. Régulation des groupes électro-pompes.

*Melleray estate. Electric pump regulation.*

tique des trois pompes de 120 m<sup>3</sup>/h qui peuvent fonctionner en parallèle et sont commandées par un manostat différentiel Jeumont-Vogel. Comme on le voit sur la figure 2, les pressions d'enclenchement sont variables avec le débit appelé suivant une loi proche de celle à assurer en tête des réseaux.

A l'expérience, ce système a confirmé ce qu'on attendait de lui : possibilité d'une commande manométrique des pompes, donc simple et peu coûteuse avec des caractéristiques de pompes assez plates et une consommation d'énergie électrique peu élevée : le rendement des groupes reste compris entre 60 et 65 %, la consommation électrique est de l'ordre de 200 Wh par m<sup>3</sup>.

Le volume des réservoirs est de 15 m<sup>3</sup> (3 × 5). L'emploi de relais Evomat permet de limiter dans tous les cas la fréquence des déclenchements à dix par heure.

#### Réseaux du Loiret.

La commande de la station de pompage de Melleray est faite d'une manière analogue à celle d'Algolsheim : petit groupe pour les débits de fuite et les faibles appels. Trois groupes en parallèle de 166 l/s commandés par débitmètre Rittmeyer.

L'originalité de la station vient de sa situation par rapport à la Loire et à la digue qui protège le val des inondations (cf. fig. 3). L'eau est amenée à la station de pompage par deux siphons de 800 mm dont l'amorçage et le dégazage sont obtenus au moyen de pompes à vide fonctionnant sur un ballon de dégazage situé au point haut (commande des pompes à vide par bougies).

A signaler un by-pass sur le collecteur de refoulement pour permettre les essais en circuit fermé de l'installation.

Le rendement garanti est de 60 à 70 % pour les gros débits, mais il est nettement inférieur pour les petits débits (cf. fig. 4).

Les deux autres réseaux du Loiret cités ici comportent des pompes immergées dont la commande est obtenue au moyen du système breveté Hema dont le principe est le suivant :

le débit appelé  $Q$  dans un réseau à un instant  $t$  est tel que :

$$Q = np + S(dh/dt)$$

où  $n$  : nombre de pompes en fonctionnement à  $t$ ;

$S$  : section du réservoir hydropneumatique;

$dh/dt$  : variation du niveau de l'eau dans le réservoir.

$dh/dt$  est mesuré d'une part par une série de bougies situées dans le réservoir, d'autre part, par un moteur synchrone qui donne la base de temps.

La transformation de  $dh/dt$  en impulsions électriques permet d'enclencher ou de déclencher la ou les pompes nécessaires.

Le système est simple et peu coûteux. L'utilisation ultérieure en montrera les avantages et inconvénients.

#### Aspect économique de ces réalisations

Certaines conclusions peuvent être tirées de l'analyse du coût de ces différentes stations de pompage.

Sur le tableau 2, on a regroupé le coût par station des parties électromécaniques et de la commande proprement dite (on a éliminé les dépenses entraînées par la filtration, la prise en rivière, l'amenée de courant, le groupe éventuel de secours, qui sont très variables selon la situation).

Dans les deux cas d'Algolsheim et d'Allonnes-Villebernier on a cherché à comparer le coût avec et sans réservoir sur tour.

On constate que :

- la part relative de la station de pompage (partie hydraulique et commande) dans le coût total d'un réseau d'irrigation, tout en étant très variable suivant la conception particulière du réseau, reste comprise entre 10 et 30 % du coût total; c'est dire que le choix d'une certaine sécurité ou d'une certaine qualité de matériel n'a que des incidences limitées dans le coût total de l'équipement;
- pour de petites stations de 100 à 300 ch, le coût moyen reste voisin de 600 F/ch. Il serait intéressant de comparer ce chiffre à ceux d'autres réalisations.

L'équipement avec un débitmètre Rittmeyer renchérit notablement l'installation. Le débitmètre avec l'appareillage d'enregistrement a coûté 52 000 F à Algolsheim (210 l/s) et 60 000 F à Melleray (348 l/s), alors que la commande par manostat différentiel Jeumont ou système Hema ne représente que 10 000 F environ. Si l'on ajoute à ce chiffre environ 10 000 F pour l'enregistrement des débits instantanés et du fonctionnement des pompes, on constate qu'à débit égal, l'écart reste encore de 1 à 2 suivant la commande adoptée.

Dans ces conditions, on peut se demander si la

Tableau 2

	VILLEBERNIER	SANDILLON	CORNAY	ALGOLSHEIM	MELLERAY
Puissance installée. . . . . (ch)	120	180	285	240	590
Coût génie civil. . . . . (F)	51 000	—	—	91 000	—
Coût partie électromécanique (y compris commande). . . . . (F)	76 000	115 000	138 000	172 000	427 000
Coût station pompage par rapport au coût total du réseau . . . . . (%)	10	30	25	17	19
Coût S.P./ch . . . . . (F/ch)	620	640	500	720	720

commande avec débitmètre Rittmeyer ne devrait pas être plutôt réservée à des réseaux plus importants (300 à 500 l/s) ou à des périmètres dont l'intensification est telle qu'une augmentation de quelques % du coût total n'intervient guère et où, par contre, une sécurité absolue est recherchée (serres notamment), toute panne ayant une incidence économique très grave.

A Algolsheim, la comparaison a été faite de la solution adoptée à une solution avec réservoir sur tour; l'écart a été chiffré à 100 000 F environ, toutes choses égales par ailleurs, soit 8 % du coût total de l'investissement réalisé.

La comparaison des deux réseaux d'Allonnes et Villebernier aboutit à une conclusion analogue (pour 100 l/s de débit total) :

Allonnes avec réservoir sur tour : 210 000 F  
Villebernier sans réservoir sur tour : 130 000 F  
(pour le génie civil et la partie électro-mécanique), soit une économie de 80 000 F ou 10 % de l'investissement total.

Il est évident que l'économie relative diminue avec la surface ou le débit. Des études plus précises permettront de préciser ce point, mais nous pensons qu'au strict point de vue de l'économie, jusqu'à 500 l/s au moins, le réservoir sur tour n'a guère d'intérêt.

Le calcul précédent a été repris dans le cas de Villebernier-Allonnes pour tenir compte des frais d'entretien et d'énergie électrique (inférieure dans le cas d'un réservoir sur tour).

On a admis que les charges d'entretien étaient de 5 % de la valeur neuve pour les parties électro-mécaniques, de 5 % pour le génie civil, que la dépense annuelle d'énergie électrique était de 3 000 F/an à Villebernier et que l'économie possible sur ce poste était de 10 % avec le réservoir sur tour.

En valeur capitalisée, l'économie d'entretien et

d'énergie est de l'ordre de 20 000 F; l'économie globale réalisée en supprimant le réservoir sur tour passe ainsi de 10 à 7,5 % de la dépense initiale; cette formule garde donc encore tout son intérêt.

## Conclusions

Cette étude essentiellement descriptive n'a de sens que comme complément et point de repère par rapport à d'autres études plus théoriques et plus exhaustives sur les stations de pompage d'irrigation.

Elle montre que, même dans des conditions analogues (petits réseaux de plaine), les caractéristiques du prélèvement d'eau et l'importance des besoins à satisfaire aboutissent à des écarts assez sensibles dans le coût des ouvrages et des installations. Cependant, on peut retenir que, pour ce genre de réseaux de plaine (inférieurs à 300 ha), le coût de la station de pompage ne représentera pas, dans la plupart des cas, plus de 15 à 20 % du coût total, que le réservoir sur tour ne se justifie pas économiquement pour ces faibles surfaces, et que le choix du système de commande devra se faire autant, sinon plus, en fonction des garanties de sécurité et du bon fonctionnement présentées que du seul aspect de la dépense immédiate.

D'après nous, c'est en reliant ces exigences à l'importance du capital économique protégé contre la sécheresse, donc au degré d'intensification, que le choix pourra se faire dans les meilleures conditions; ne pas oublier dans cet esprit l'importance d'un bon système d'enregistrement et de contrôle du débit pompé et du fonctionnement des pompes, et la nécessité d'une installation hydraulique particulière pour les essais de la station de pompage, étant donné l'importance et la dispersion des débits appelés.

## Discussion

Président : M. BERGERON

M. le Président remercie M. ADAM et ouvre la discussion.

M. CARBONNIÈRES rappelle que M. ADAM a signalé que l'investissement (et son amortissement) représentait la partie de beaucoup la plus importante des dépenses annuelles entraînées par l'irrigation; on serait tenté de penser que la réduction de l'investissement correspondant à l'équipement est, en conséquence, toujours bénéfique. Ceci est exact tant que la diminution de l'équipement découle d'une amélioration de la structure foncière et notamment du remembrement rural.

Mais il convient de remarquer que la réduction de l'équipement fixe entraîne une augmentation de l'équipement en tuyaux mobiles, puisque l'eau est distribuée en différents points de la surface à irriguer.

Il y a donc lieu, lorsqu'on veut calculer le prix de revient annuel de l'irrigation, de tenir compte de l'ensemble des éléments de dépenses pour rechercher le coût minimal.

M. CLÉMENT signale que, dans le calcul des réseaux actuels, l'ignorance des paramètres, qui ne sont connus qu'à 30, 40 ou 50 % près, conduirait à prendre des coefficients de sécurité pour se garantir d'un défaut de conception.

Étant donné, d'autre part, que le développement de la consommation s'étale sur une période qui varie de quinze

à trente ans, M. CLÉMENT pense qu'on pourrait envisager de serrer considérablement ces coefficients de sécurité en prévoyant un fractionnement des investissements dans le temps et des renforcements successifs des capacités de transport des réseaux, soit par maillage, soit par doublage des conduites.

L'évolution progressive de la consommation nécessiterait en toute rigueur une adaptation constante. Mais, comme le fait remarquer M. ADAM, on peut, dans cette évolution, découper une série de marches d'escalier, non pas en équipement de surface, mais en capacité de transport du réseau.

M. LABYE indique que des études ont été faites à la Section Technique Centrale des Travaux Hydrauliques du Génie Rural il y a deux ou trois ans : on avait constaté que, lorsqu'il n'y avait pas un délai de plus de dix ans, il était inutile d'envisager un fractionnement et qu'au-delà de dix ans, on devait envisager plusieurs tranches actualisées en adoptant un prix particulier pour les canalisations.

Avant de lever la séance, M. le Président remercie vivement tous les conférenciers et les personnes qui ont pris part à la discussion. Il renouvelle ses excuses pour la précipitation qu'il a dû imposer aux exposés et aux discussions, par suite d'un ordre du jour trop chargé en sujets présentant un grand intérêt.