

# LE DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU D'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE

par L. SINE

Professeur à la Faculté des Sciences Agronomique de l'Etat, Gembloux, Belgique.

## 1. INTRODUCTION.

Le but de l'irrigation goutte à goutte est de fournir à chaque plante, un approvisionnement en eau facilement utilisable, suffisant pour satisfaire les besoins en eau de transpiration.

A cet égard, l'irrigation goutte à goutte est unique pour ce qui concerne les avantages agronomiques, agrotechniques et économiques pour ce qui concerne l'utilisation optimale de l'eau.

Nous tentons ci-après de dégager les paramètres utilisés pour le calcul des installations en utilisant l'information qui est à notre disposition.

Les normes auxquelles nous nous référons ci-après sont celles préconisées par KELLER et KARMELI (ASAE, 1974, pp. 676-684).

## 2. DOSE THEORIQUE D'IRRIGATION.

La dose théorique en matière d'irrigation est celle qui rétablit le volume de sol à sa capacité de rétention c'est à dire annulant le déficit hydrique.

Cette dose doit être fournie lorsque ce déficit atteint une valeur critique qui doit être établie pour chaque cas.

On voit que l'évaluation de ce déficit critique, égal à la dose théorique, conditionne la périodicité en matière d'irrigation.

## 3. EVALUATION DU DEFICIT CRITIQUE.

On utilise la formule générale:

$$I_c = Y_c (FC - WP) Z \frac{P}{100} \quad (1)$$

- $I_c$  : dose en mm, rapportée à la surface brute totale  
 $Y_c$  : coefficient compris entre 0 et 1, lié au déficit hydrique toléré  
 $FC$  : capacité de rétention en champ (field capacity)  
 $WP$  : point de flétrissement (wilting point)  
 $Z$  : profondeur de sol envisagée  
 $P$  : pourcentage mouillé de la surface totale.

Nous voyons que cette formule implique la détermination de différents paramètres. Envisageons cette détermination, d'un point de vue pratique, par ordre de difficulté croissante.

#### 4. CALCUL DE FC.

A notre avis, le paramètre FC doit se déterminer in situ, via un processus d'irrigation à refus et une détermination suffisamment précise de la teneur en humidité.

Si on utilise la gravimétrie, nous recommandons de prélever 8 échantillons par horizon pour obtenir une écart moyenne quadratique (en humidité pondérale) inférieur ou égale à 1%.

En ne prenant que 2 échantillons on aboutit respectivement à des erreurs moyennes quadratique de l'ordre de 3 à 4%.

#### 5. CALCUL DE WP.

Pour le point de flétrissement, on peut recourir à une mesure indirecte, celle de la courbe de pF et prendre pour coefficient de flétrissement la teneur en humidité correspondant à un potentiel matriciel de 15 atmosphères ( $pF=4,2$ ).

#### 6. CALCUL DE Z.

La hauteur des racines est plus difficile à déterminer.

Faute de données plus précises citons les valeurs suivantes, utilisées pour l'approche technique indiquée par la formule (1):

- 1,0 à 1,2 m pour les cultures fruitières
- 0,8 à 1,0 m pour les vignes ou des cultures buissonnantes
- 0,4 à 0,6 m en cultures maraîchères largement espacées
- 0,2 à 0,4 m pour des cultures maraîchères denses.

7. CALCUL DE  $Y_c$ .

Si  $W$  représente la teneur en humidité moyenne sur la profondeur  $Z$ , la teneur en humidité critique  $W_c$  à laquelle il faut irriguer est calculable par la formule:

$$W_c = Z \cdot WP + (I - Y_c) \cdot (FC - WP) \quad (2)$$

Cette grandeur est donc déterminée en fonction des grandeurs connues  $Z$ ,  $WP$  et  $FC$  et du paramètre  $Y_c$ .

Le choix de la grandeur  $Y_c$  reste le problème fondamental le moins bien connu.

On peut partir des indications générales suivantes:

$Y_c = 0,3$  pour les cultures sensibles à la sécheresse

$Y_c = 0,6$  pour les cultures peu sensibles.

8. CALCUL DE  $P$ .

Le pourcentage  $P$  de surface mouillée dépend du débit de l'arroseur, de l'écartement entre arroseurs et du type de sol.

En absence de relations générales, citons les ordres de grandeur du tableau 1 présenté par KARMELI et PETRI (1972) pour estimer la valeur du pourcentage mouillé de la surface totale.

Les sols sont répartis dans la classification suivante:

G : texture grossière

M : texture moyenne

F : texture fine

Une théorie quant à la valeur optimum du  $P$  n'a pas encore été établie. Cependant, on admet que les systèmes à grande valeur de  $P$  sont moins sensibles à des défaillances d'arroseurs individuels, sont plus faciles à programmer, exploitent une zone maximum des nutriments du sol. On admet, dans l'état actuel de nos connaissances, qu'il est raisonnable de ne pas concevoir des systèmes avec de valeurs de  $P$  inférieures à 33%. Dans les régions avec pluies d'appoint importantes, on peut se contenter de valeurs plus faibles de  $P$ . D'autre part, on tendra vers des valeurs de  $P$  inférieures à 50% dans des cultures à grand écartement pour conserver l'avantage essentiel de l'irrigation goutte à goutte touchant à l'économie en eau et liée à la présence de bandes de sol sec, relativement importantes.

On peut se référer à la figure 1 qui exprime le type de relation qui peut exister entre la production potentielle et le pourcentage  $P$ . Malgré le matériel

TABLEAU 1 - TABLEAU INDICATIF POUR P

Ecartement entre lignes d'arroseurs en m	débit à l'arroseur en l h <sup>-1</sup>														
	inférieur à 1,5			2			4			8			supérieur à 12		
	Texture du sol et écartement recommandé sur la ligne (m)														
	G 0,2	M 0,5	F 0,9	G 0,3	M 0,7	F 1,0	G 0,6	M 1,0	F 1,3	G 1,0	M 1,3	F 1,7	G 1,3	M 1,6	F 2,0
pourcentage de sol humidifié															
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

Remarques relatives au tableau:

- 1) Lorsqu'on utilise des lignes doubles (vergers), P sera la valeur moyenne correspondant aux deux écartements.
- 2) Lors d'irrigation par pulsions, à intervalles de temps courts, réduire le débit effectif de 50%.
- 3) L'écartement entre arroseurs est d'environ 80% du diamètre maximum mouillé (des écartements inférieurs à cette norme sont sans incidence sur le pourcentage P).
- 4) Le pourcentage indiqué correspond, approximativement, à un plan horizontal à 0,30 m de profondeur.

expérimental insuffisant, on peut présumer logiquement, qu'une production significative peut déjà être réalisée avec un volume relatif de sol mouillé assez faible et que la production maximum peut être réalisée pour des valeurs de  $P$  nettement inférieures à 100%. Enfin on peut assurer que les valeurs numériques critiques sont dépendantes du complexe « culture-sol-climat ».

Si on admet en outre, ce qui semble prouvé expérimentalement, que des rendements supérieures peuvent être obtenus via le système goutte à goutte, comparativement à des systèmes classiques, les systèmes qui apparaissent adéquats peuvent être, en réalité, sous-dimensionnés. Si on admet ces hypothèses, on admet le schéma de la figure 1, qu'il faut plutôt considérer comme « modèle » d'approche.

On voit qu'un système avec une valeur de  $P=20$  peut être considéré comme suffisant alors que la valeur de  $P=40$  peut apporter un surcroît de production de 25%.

## 9. CONSIDERATION SUR LES VALEURS $I_c$ et $Y_c$ .

Nous avons raisonné à partir de la valeur critiques de  $Y_c$ . On peut recourir à des doses plus faibles, distribuées à intervalles plus fréquents et on admet, actuellement, que cette méthode d'irrigation augmente la productivité, spécialement lors de l'utilisation d'eau saumâtre.

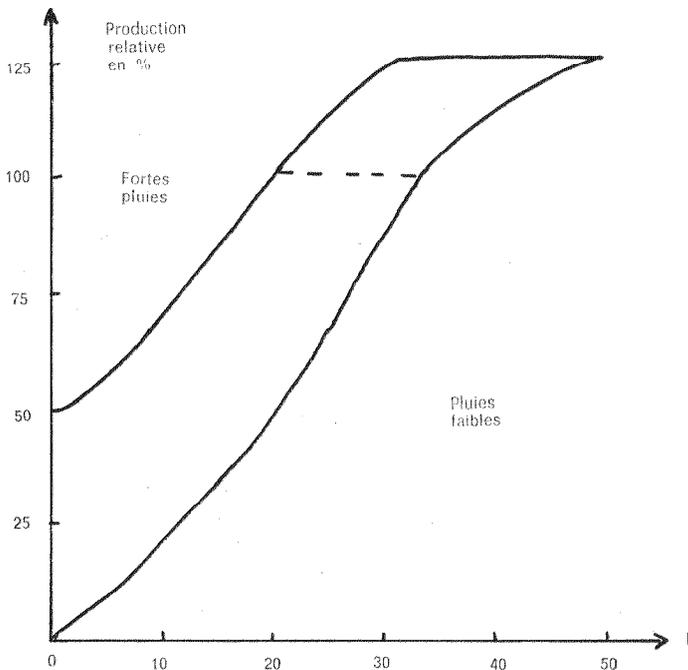


Figure 1

## 10. EVALUATION DE L'EVAPOTRANSPIRATION.

Cette évaluation détermine l'intervalle entre deux irrigations.

Le problème principal consiste:

- à évaluer l'évapotranspiration potentielle ETP
- à évaluer la réduction liée à la valeur de P.

Des valeurs expérimentales semblent cruellement canquer.

Faute d'autres informations, on admettra que, en plein développement, la culture utilise l'évapotranspiration potentielle. Dans la programmation d'irrigation classique on admet qu'une couverture végétale supérieure ou égale à 2/3, (SAXTON, 1974), qu'un index foliaire supérieure ou égal à 3, correspondent à des conditions d'évapotranspiration potentielle.

Pour des valeurs inférieures de la couverture végétale, on pourrait se référer, en les adaptant aux valeurs proposées par RITCHIE, pour une irrigation par aspersion, en attendant des valeurs expérimentales plus précises.

## 11. CALCUL DES DOSES PRATIQUES.

On tient compte d'un coefficient d'uniformité et d'un lessivage minimum. Voici la formule proposée par KELLER:

$$I = \frac{I_{th}}{0,9 \cdot EU} \quad (3)$$

dans laquelle:

$I_{th}$  : dose théorique correspondant au déficit hydrique moyen

EU : coefficient d'uniformité

0,9 : coefficient tenant compte d'un lessivage moyen de 10%.

## 12. LE COEFFICIENT D'UNIFORMITE EU.

Le coefficient d'uniformité de la répartition de l'eau d'irrigation le long d'une ligne d'arrosage est fonction:

- de la variation de la pression le long de la conduite
- de la variation de débit entre arroseurs, pour une même pression.

On utilise souvent comme définition de EU, le rapport entre le débit minimum d'un groupe d'arroseur et le débit moyen de la ligne.

Ce rapport sera fonction, en pratique, du nombre d'arroseurs par ligne, et du nombre d'arroseurs qu'il faut considérer pour constituer un groupe de référence.

Le groupe de référence est constitué des arroseurs dont le débit est dépassé par 75% en nombre des arroseurs installés. Encore faut-il, avant de calculer le débit d'un arroseur, prendre la valeur de deux arroseurs successifs, soit lorsque P est supérieur à 50%, soit lorsque chaque plante (arbre, buisson, etc.) est arrosée par au moins deux arroseurs.

L'échantillonnage des débits se fera par sondage de 3 à 5 arroseurs (ou groupes de 2 arroseurs) le long de 4 conduites également espacées, par zone caractéristique que l'on veut étudier. Cet échantillonnage doit prendre en charge les situations extrêmes.

Dans l'hypothèse d'une étude de projet, on réceptionnera les arroseurs à une pression de référence. On calculera le débit moyen  $Q_i$  des arroseurs dont le débit individuel est dépassé par 75% des arroseurs testés. On en déduira le rapport  $Q_i/\bar{Q}$ ,  $\bar{Q}$  étant le débit moyen des arroseurs testés. On évaluera le coefficient d'uniformité prévisionnel via la formule:

$$EU = \left(1 - u + u \cdot \frac{Q_i}{\bar{Q}}\right) \cdot \frac{Q_i}{\bar{Q}} \quad (4)$$

— le paramètre u étant une fonction empirique du nombre d'arroseurs par plante et donné par le tableau:

e	1	2	3	4	6	8
u	1,00	0,71	0,58	0,50	0,41	0,35

Pour ce qui concerne l'évaluation des pertes de charges le long des lignes d'arrosage, on s'arrangera pour aboutir à une variation maximum du débit de l'arroseur standard de 10%. Cette règle est déduite des normes utilisées en matière de rampes d'aspersion. A cette variation de 10% des débits correspond une variation de pression qui sera envisagée ultérieurement (par. 17).

En pratique, avec des produits manufacturés avec soin, une filtration excellente et une topographie uniforme, on peut aboutir à des valeurs de EU atteignant 0,9.

### 13. REMARQUES.

Il est évident que le rendement optimum que nous avons défini ainsi, égal à 0,9 EU ne peut être atteint que si les doses fournies correspondent à

des déficits hydriques connus avec précision. Toute dose supérieure se traduit, immanquablement, par une perte en percolation profonde et une chute de rendement.

#### 14. CHOIX DU DEBIT D'UN ARROSEUR.

Il faut éviter tout débit provoquant le ruissellement. Ce peut-être le cas avec des arroseurs à fort débit (supérieurs ou égaux à  $6 \text{ l h}^{-1}$ ) sur des sols à texture moyenne ou fine, spécialement sur fortes pentes. On veillera, via des essais locaux à limiter la durée des irrigations en conséquence.

Le recours à des débits élevés permet d'augmenter les écartements entre arroseurs (tableau 1). Les valeurs de P signalées au tableau 1 sont basées sur une dose approximativement 40 mm de la bande humectée. Lorsque les irrigations sont plus fréquentes, il faut évaluer P à partir d'un débit d'arrosage choisi dans la catégorie immédiatement inférieure.

#### 15. DUREE D'ARROSAGE D.

On la calcule par la formule

$$D = \frac{I \cdot E \cdot L}{q_a} \quad (5)$$

D : durée d'arrosage en heures

I : dose d'irrigation en mm

E : écartement entre arroseurs sur la ligne en m

L : distance entre lignes en m

$q_a$  : débit moyen par arroseur en litre par heure.

#### 16. CAPACITE DU SYSTEME.

L'installation doit pouvoir s'adapter à l'évapotranspiration des périodes de pointe et tenir compte du rendement.

En conditions de rendement optimal on aboutit à l'évaluation du débit de pointe nécessaire Q via la relation

$$Q = S \frac{q_a}{E \cdot L} \quad (6)$$

relative à un segment unitaire de surface S.

## 17. CARACTERISTIQUES D'ECOULEMENT D'UN ARROSEUR.

Pour produire une forte chute de pression (qui doit amortir les petites différences de pression liées à la topographie et aux pertes de charge) tout en maintenant un faible débit, le diamètre de la section d'écoulement de l'arroseur varie entre 0,3 et 1,5 mm. Ces faibles sections sont facilement obstruées. Le recours à des sections plus grandes aboutit à une diminution de la chute de pression et une augmentation du débit, les exigences en matières de faibles débits, de fortes chutes de pression et de diamètres maxima étant ainsi contradictoires. Les compromis possibles ont aboutit à la diversité des arroseurs actuellement sur le marché.

Les deux systèmes utilisés sont:

- le recours à des ajutages de faible section
- le parcours des tubes capillaires de longueur suffisante.

Quel que soit le système on peut recourir à la relation

$$q = a.H^b \quad (7)$$

dans laquelle:

- q : débit de l'arroseur  
 H : pression d'utilisation  
 a et b : paramètres numériques.

Le paramètre b caractérise le type d'écoulement : laminaire (b=1), turbulent (b=0,5), partiellement turbulent (0,5 b 0,7) instable (0,7 b 1), ces valeurs correspondant aux système recourant au parcours de tubes capillaires. En général, pour ces systèmes, on a des valeurs de b comprises entre 0,6 et 1.

Pour des ajustages ou orifices: b=0,5.

Un abaque du C.T.G.R.E.F. fournit des débits en litres par heure pour des capillaires de 7/10 mm, de longueur variable (15 à 100 cm). Cet abaque correspond à une relation du type:

$$Q = A . h^{0,75} \quad (7 a)$$

Q étant le débit en litre par heure, h étant la perte de charge en mètres et A un coefficient numérique. La valeur de ce coefficient numérique, déduite du graphique publié par le C.T.G.R.E.F. sont indiquées au tableau ci-après, en fonction de la longueur du capillaire (pour h 10 mètres). Voir tableau 2.

Ces valeurs sont à rapprocher des indications de HOWELL et HILER (ASAE 1974, pp. 902-908).

$R = 3,9 H^{0,45}$  (orifices insérés, type SUBMATIC,  $\phi$  0,56 mm)

$R = 0,616 H^{0,75}$  (écoulement labyrinthe, type DRIP-EZE,  $\phi$  0,9 mm)

$R = 0,168 H^{0,75}$  (microtube, type TRICKLON,  $\phi$  0,89 mm).

R étant exprimé en litres par heure et H en mètres.

TABLEAU 2

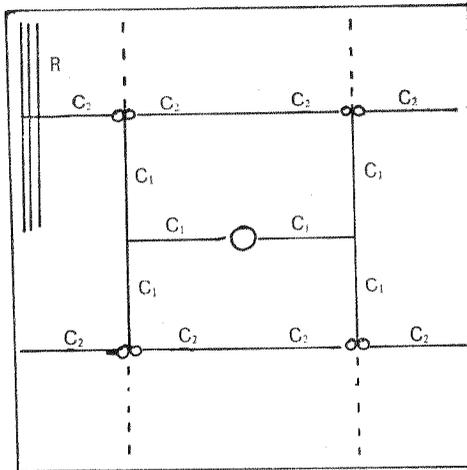
longueur en cm	A	débit en litres par heure pour h=10 m
15	1,227	6,9
20	1,120	6,3
25	0,996	5,6
30	0,871	4,9
40	0,765	4,3
50	0,658	3,7
60	0,587	3,3
70	0,533	3,0
80	0,489	2,75
90	0,462	2,64
100	0,427	2,4

Certains arroseurs sont équipés de dispositif de régulation de débits. Dans ce cas la valeur de b est, en général, inférieure à 0,5, pouvant même approcher la valeur  $b = 0,0$ .

Il faut remarquer qu'une valeur trop faible de b n'est pas à souhaiter, en raison de la nécessité locale de compensation d'arroseurs sous dimensionnés, d'obstructions ou de détériorations progressives, qui peuvent être compensés, dans le cas habituel, par une augmentation de la pression.

Pour des arroseurs dont le coefficient b varie entre 0,3 et 0,4, on peut aboutir à une régularité très élevée, puisque une variation de pression de 50% ne provoquerait qu'une variation de 13 à 18% du débit.

En régime laminaire ou partiellement turbulent, il y a lieu de tenir compte de l'incidence de la température sur le coefficient a. Pour une valeur d'étalonnage du coefficient a, établie à 20 °C, il y a lieu de corriger les valeurs



R: rampes d'alimentation.

C<sub>2</sub>: conduites secondaires.

C<sub>1</sub>: conduites principales.

Figure 2

relatives à d'autres températures par un multiplicateur qui, en régime laminaire est fourni par le tableau ci-dessous.

T en °C	5	10	15	20	25	30	35	40
Facteur de correction	0,65	0,75	0,87	1,00	1,13	1,28	1,43	1,56

## 18. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE CANALISATIONS.

En général, un schéma de distribution comprend un réseau ramifié dans lequel on retrouve (cf fig. 2) des conduites principales, C<sub>1</sub>, et des conduites secondaires C<sub>2</sub> sur lesquelles se branchent les rampes d'alimentation R.

R : rampes d'alimentation

C<sub>2</sub>: conduites secondaires

C<sub>1</sub>: conduites principales.

## 19. LES RAMPES D'ALIMENTATION.

Elles ont, en général, un diamètre inférieur à 25 mm. Elles sont en polyéthylène souple ou en chlorure de polyvynyle (PVC); elles se trouvent en surface du sol. Leur diamètre varie de 12, 16, 25 à 32 mm.

On peut évaluer les pertes de charge via la formule de MANNING qui écrit, en unités métriques (m et secondes),

$$\Delta H = \frac{1}{3} n^2 \frac{L Q^2}{D^{16/3}} \frac{4^{10/3}}{n^2} \quad (8)$$

Q étant le débit d'entrée pour autant, ce qui est le cas normal, que le nombre d'arroseurs dépasse 20 et que les limitations évoquées plus haut, relativement à la grandeur  $\Delta H/H$ , rapport entre la perte de charge  $\Delta H$  et la pression d'extrémité amont H soit respectée.

Les valeurs les plus utilisées sont  $n=0,008$  à  $0,011$ , les valeurs les plus élevées correspondant aux conduites de faible diamètre.

On peut aussi recourir à l'équation de HAGEN WILLEMS qui s'écrit, en unités métriques, et pour une canalisation à débit constant:

$$\frac{H}{L} = 10,62 \left( \frac{R}{C} \right)^{1,852} \cdot D^{-4,87}$$

La correspondance approximé entre le coefficient C et le coefficient de MANNING s'écrit:

$$C \approx \frac{1}{n}$$

Les services français recourent à l'équation (pour une conduite à débit constant et des unités métrique m et secondes):

$$\frac{\Delta H}{L} = 0,0008 \cdot R^{1,75} \cdot D^{-3,8}$$

(ROLLAND 1974, Colloque de Bordeaux), ce qui correspond à un coefficient de MANNING:

$$n \approx 0,009$$

On notera le remarque importante faite par HOWELL et HILER, relativement aux pertes de charge locale provoquées par les arroseurs. Les faibles valeurs de n (0,008 à 0,009) doivent être majorés en conséquence, de préférence après essais locaux.

Faute d'autres informations, il sera prudent de prévoir des valeurs de dimensionnement suffisamment élevés.

Ayant choisi n, on peut évaluer les débits extrêmes.

Dans ces conditions, on peut évaluer les débits extrêmes des arroseurs  $q_{\min}$  et  $q_{\max}$  via les relations approchées:

$$\frac{q_{\min}}{q_a} = 1 - 0,22 \cdot \frac{\Delta H}{\Delta H_a} \quad (9)$$

$$\frac{q_{\max}}{q_a} = 1 + 0,58 \cdot \frac{\Delta H}{H_a} \quad (10)$$

$q_a$  représentant le débit moyen et  $H_a$  représentant la charge qui produit le débit moyen.

Il est important d'évaluer  $q_{\max}$  pour avoir une idée des risques de ruissellement liés à des débits trop élevés; ce point peut être décisif dans le cas où on admet des valeurs élevées de  $H$ .

Le long de la rampe d'arrosage, l'arroseur dont le débit  $q_a$  correspond au débit moyen se trouve, approximativement, à une distance de  $0,4 L$  de la tête,  $L$  étant la longueur de la rampe.

Pour des topographies uniformes, la pression à l'entrée  $H_1$  peut s'évaluer par l'expression approchée:

$$H_1 = H_a + 0,77 \cdot H + \frac{\Delta Al}{2} \quad (11)$$

dans laquelle  $\Delta Al$  est la différence d'altitude entre les extrémités aval et amont.

Le débit minimum correspond à la pression minimum qui peut se déduire de la valeur minimum des deux grandeurs  $H_1$  et  $H_0$ , celle-ci étant évaluée par la relation:

$$H_1 = H_0 + \Delta H + \Delta Al. \quad (12)$$

## 20. LE CALCUL DES CONDUITES SECONDAIRES.

Chaque conduite secondaire s'alimente au réseau principal via une installation comportant un dispositif de filtration et d'injection de produits fertilisants. La surface desservie par cette conduite secondaire constitue un « système ».

En principe le choix du diamètre se déduit de calculs hydrauliques analogues à ceux effectués pour les rampes d'arrosage. Il faut tenir compte, évidemment, que les prises d'eau sont plus espacées et que les débits sont plus élevés. Le dispositif de filtration est habituellement équipé d'un régulateur de débit et de pression.

Les longueurs des conduits secondaires sont déterminés par le plan général d'irrigation, c-à-d le nombre de rampes d'aspersion à desservir et les écartements entre rampes.

Le choix du nombre de rampes reliées à une conduite secondaire dépend des considérations suivantes:

- élimination des trop fortes différences de pression
- calcul économique du choix relatif entre le diamètre des rampes et celui de la conduite secondaire
- gestion de l'irrigation
- degré d'automatisme.

La différence de pression maximum est, habituellement la différence existant entre le régulateur de pression à l'entrée et l'arroseur le plus éloigné ou le plus haut en altitude. On a montré que la solution économique consistait à partir 55% de la perte de charge totale sur la conduite d'arrosage et 45% sur la conduite secondaire.

Il faut veiller également à ce que la diversion de l'eau à partir de la conduite secondaire soit la plus opportune possible. En terrain horizontal, placer des rampes d'irrigation de longueurs égales de part et d'autre de la conduite secondaire. En terrain avec la pente, il faut s'arranger pour que les rampes d'arrosage remontent la pente soient plus courtes que celles placées suivant les pentes descendantes (les mêmes remarques sont valables pour la distribution des conduites secondaires autour des conduites principales).

Les équations 8 à 11 restent valables, les rampes d'aspersion étant, cette fois, de grands « arroseurs » branchés sur la conduite secondaire. Il faut cependant tenir compte des résultats d'une analyse théorique, vérifiée expérimentalement, qui démontre que les pertes de charge dans la rampe d'aspersion modifient l'exposant de la formule 7. Les résultats numériques sont reproduits à la figure 3.

Cette modification est importante pour les cas de régime laminaire; elle est négligeable pour la plupart des cas habituels pour lesquels les exposants

b sont inférieurs à 0,8 u pour  $\frac{\Delta H}{H_a}$  modéré.

## 21. REPARTITION DE LA SURFACE A IRRIGUER EN SYSTEMES.

Considérons, à titre d'exemple, le schéma général de la figure 2.

$$\text{Perte de charge relative} \frac{\Delta H}{H_a}$$

La division en systèmes sera essentiellement fonction des facteurs suivants:

- géométrie de la parcelle
- débit à appliquer
- hauteur d'application
- intervalle entre deux irrigations successives
- débit maximum disponible
- schéma d'irrigation souhaité.

Pour réduire les frais d'installation des conduites principales, il est souvent avantageux de recourir à des systèmes plus petits que les valeurs maximaux auxquelles on pourrait se référer. Ceci permet une répartition plus rapide des grands débits réduisant les tronçons de grands diamètres. En outre, le recours à des systèmes de dimensions moyennes permet l'utilisation de rampes plus courtes et les influences de différences d'altitude sont réduites.

Dans certains cas la subdivision en systèmes est obligée en raison de l'occurrence de certains facteurs physiques tels que: dimensions et formes des parcelles, barrières naturelles, topographie, etc... En général cependant la souplesse du système est assez grande.

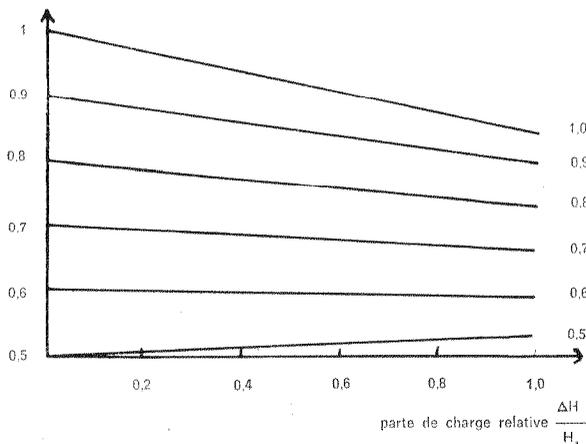


Figure 3

En règle générale la longueur des conduites secondaires sera de 1,5 à 3 fois la longueur des rampes d'arrosage et les pertes de charges seront également distribuées entre les conduites secondaires et les rampes.

## 22. EXEMPLE DE CALCUL.

Considérons le schéma de la figure 2 relative à un terrain horizontal, de forme carrée et de 400 m de côté.

1. On dispose, en son centre d'une alimentation par puits de 9,16 l.  $\text{sec}^{-1}$  d'une eau modérément salée.

2. Le sol est de texture moyenne sur une profondeur de 2,0 m, la capacité de rétention étant de 160 mm par m. On décide de choisir:

$$Y=0,3$$

3. L'évapotranspiration moyenne est de 4,0 mm par jour.

4. Le terrain est planté en agrumes à écartements 4 x 6 m, la profondeur des racines étant de 1,0 m.

5. Le débit moyen des arroseurs dont on dispose est de 4 l. par heure à 20°C et sous une charge de 10 mètres. L'exposant  $b=0,8$ . Le débit maximum moyen correspondant à 25% des arroseurs est de 3,7 l. par heure dans les mêmes conditions.

6. On dispose de rampes de 15 mm de diamètre et de conduites secondaire de 64 mm en PVC.

7. Habituellement on applique une dose d'irrigation de 50 mm, avec une périodicité de 10 jours.

A partir du tableau 1, on choisit un écartement entre arroseurs de 1,0 m. Si on recourait à une seule rampe par ligne d'arbre, on aboutirait à une valeur  $P=20\%$  pour l'écartement de 6 m; c'est trop faible. On placera deux lignes d'arrosage par rangée d'arbres, ce qui aboutit à la valeur  $P=40\%$ . On placera les rampes à 0,6 m d'écartement, de part et d'autre, des lignes de plantation. On aboutit ainsi à un écartement de 1,2, correspondant à une humidification complète entre les lignes d'arrosage ( $P=100$ ). Ce point est indispensable pour éviter les risques de salinisation des arbres. L'écartement entre 2 lignes entourant le sol nu est de 4,8 m.

Avec  $P=40\%$ , on peut admettre qu'une dose de 4 mm par jour équivaut à la dose traditionnelle de 5 mm par jour de l'aspersion.

En outre, les 8 systèmes schématisés à la figure 2 peuvent fonctionner en 4 jours avec une durée d'irrigation de 12 heures.

Il faut que l'arbre le moins irrigué, soit irrigué suffisamment. En recourant à l'équation 3 et avec une valeur hypothétique  $EU=0,95$ , on aboutit à une dose moyenne de 18,7 mm.

L'équation (5) nous fournit le débit moyen  $q_a=4,7 \text{ l h}^{-1}$ . La charge fournissant  $q_a$  est de 12,2 m. Pour les rampes de 100 m, équipées de 100 arroseurs le débit d'entrée est  $Q=0,13 \text{ l sec}^{-1}$ .

L'équation (8) pertes de charges donne ensuite pour  $n=0,00833$ :

$$\Delta H=2,9 \text{ m.}$$

Le long d'une rampe d'arrosage.

Dans le schéma de la figure, chaque système est une unité complète. A raison de 2 rampes par ligne d'arbre et de la disposition des conduites secondaires, il y a 66 rampes qui fonctionnent simultanément correspondant à un débit total de  $8,58 \text{ l. sec}^{-1}$ .

La perte de charge dans les conduites secondaires est de  $\Delta H=2,3 \text{ m}$ , (Equation 8,  $n=0,0067$ ).

La perte de charge relative dans le système est donc:

$$\frac{\Delta H}{H_a} = \frac{\Delta H_1 + \Delta H_2}{H_a} = 0,43.$$

Comme les diamètres des rampes et des conduites secondaires sont constants, la variabilité entre le débit minimum d'un arroseur et le débit moyen est fourni par l'équation (9):

$$\frac{q_{\min}}{q_a} = 1,0 - 0,22 \times 0,8 \times 0,43 = 0,92.$$

Le coefficient EU peut, à nouveau, être calculé par la relation (4) qui s'écrit:

$$EU = (1 - 0,35 + 0,35 \frac{3,7}{4,0}) 0,92 = 0,9$$

Comme cette valeur est très inférieure à la valeur hypothétique utilisée (0,95), il faut commencer les calculs.

A partir de la valeur  $EU=0,9$  on obtient:

$$q_a = 4,9 \text{ l par h.}$$

$$H_a = 13,0 \text{ m}$$

$$\Delta H_1 = 3,2 \text{ m}$$

$$\Delta H_2 = 2,7 \text{ m}$$

$$\frac{\Delta H}{H_a} = 0,45$$

$$\frac{q_{\min}}{q_a} = 0,92$$

$$EU = 0,9$$

(Valeur de départ des calculs)

La capacité globale du système est égale à celle des débits dans les conduites secondaires  $Q_m=9,05 \text{ l par sec.}$

La pression à l'entrée des systèmes est de 17,5 m. (relation 12).

Il resterait à calculer les pertes de charge dans les conduites principales  $C_i$ , vannes et filtres.

#### BIBLIOGRAPHIE

- KELLER et KARMELI, 1974 - *Trickle irrigation design parameters*. ASAE pp. 678-684.  
 HOWELL et HILER, 1974 - *Trickle irrigation lateral design*. ASAE pp. 902-908.  
 ROLLAND, 1974 - « *Un profil d'irrigation localisé par capillaires goutteurs SOTRADIES* ». Colloque national de Bordeaux.