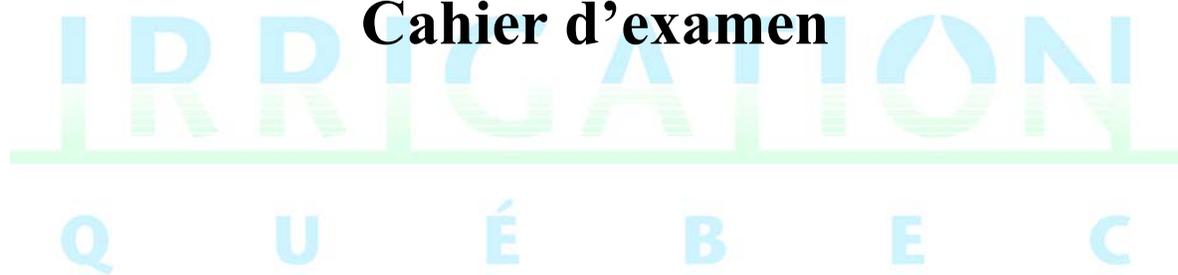


IRRIGATION

Q U É B E C

Cahier d'examen



Édition 2004

Introduction	5
Le mouvement de l'eau dans une plante	5
La plante en interaction avec l'eau du sol	11
La plante en interaction avec l'atmosphère et le climat	15
Conclusion	16
Chapitre 2 - Principales composantes	17
Description des composantes d'un système	17
Les systèmes à vaporisateurs	17
Systèmes à gicleurs rotatifs	19
Système à vannes d'accouplement	22
Les systèmes de contrôle	22
Les contrôleurs d'irrigation	23
Les vannes automatiques	23
Chapitre 3 - Principe de base	25
Conception	25
Étape 1 : Information du site	25
Positionnements des asperseurs	28
Positionnement type des asperseurs	28
Positionnement des asperseurs dans les courbes	30
Positionnement en zones obstruées par des arbres et arbustes	31
Le relevé	32
Positionnement des têtes	33
Zonage et gallonnage	34
Subdivision des circuits	34
Calcul du taux de précipitation	37
Temps d'opération	38
Différents type de gicleur	38
Perte de charge	39
Hydraulique	39
Hydraulique et système d'irrigation	39
L'importance de l'analyse hydraulique	39
Notions de pression, débit et puissance	39
Relation entre pression (psi) et tête (en pieds)	40
Frottement	44
Coup de bélier	44
Contrôle des coups de bélier	45
Vanne de relâche de pression	45
Réservoir de refoulement	45
Poches d'air	45
Problèmes associés aux poches d'air	46
Contrôle de l'air	46
Pression statique et dynamique	46
Perte de charge dans une conduite	47

Dimensionnement des conduites	47
Choix des diamètres	48
Étapes d'une installation.....	50
Chantier simultané d'irrigation et d'aménagement paysager	52
Finition	53
L'ajustement des gicleurs	53
Le raccordement et l'installation d'un gicleur.....	55
Les buses et gicleurs sur tige pour plates-bandes	55
L'entretien des gicleurs	56
L'assemblage de valves et la boîte de valves	59
Tuyaux et mode de raccordement.....	61
Plomberie.....	64
Détecteur de pluie.....	68
Chapitre 5 - Contrôleur et système d'irrigation automatique	72
L'irrigation goutte à goutte.....	72
Définition et principes	72
Irrigation avec émetteur.....	72
Irrigation avec minis-jets	73
Les micro-jets	74
La filtration.....	74
Chapitre 6 - Micro irrigation	76
Principes à appliquer	76
Design.....	76
Installation	77
Conclusion.....	77
Chapitre 7 - Notions fondamentales des pompes	78
Système de pompage	78
L'énergie potentielle.....	78
Énergie de pression.....	79
Réservoirs de surpression	82
Chapitre 8 - L'eau et son environnement	87
Notion fondamentale sur le sol.....	87
Composition du sol.....	87
Texture du sol	87
Humidité du sol	88
Forces agissant sur l'humidité du sol	88
Écoulement non saturé	89
Capacité d'absorption de l'eau	89
Saturation.....	90
Écoulement saturé - drainage	90
Perméabilité.....	90
Eau perchée	90
Relations sol-eau-gazon.....	91
Point de flétrissement	92
Classification de l'humidité de sol	92
Espace de pore non capillaire	93

Espace de pore capillaire	93
Caractéristiques typiques d'absorption d'eau de différents types de sols	93
Déterminer la quantité d'eau quotidienne	94
Méthode 1 - Détermination du taux quotidien d'évapotranspiration pour les sols du Massachusetts	95
Détermination de l'intervalle d'irrigation.....	96
Résoudre pour l'intervalle d'irrigation (jours)	96
Chapitre 9 - Vanne en détail	97
Valves hydrauliques	97

IRRIGATION

Q U É B E C

Introduction

L'eau, quoi de plus important que l'eau ! La planète Terre se distingue de toutes les autres planètes par son abondance en eau. La vie sur Terre est intimement liée à la présence d'eau, que ce soit dans le règne animal ou dans le règne végétal.

Voyons ici, en bref rappel, le cycle de l'eau que nous connaissons tous mais qui mérite d'être revu de temps en temps :

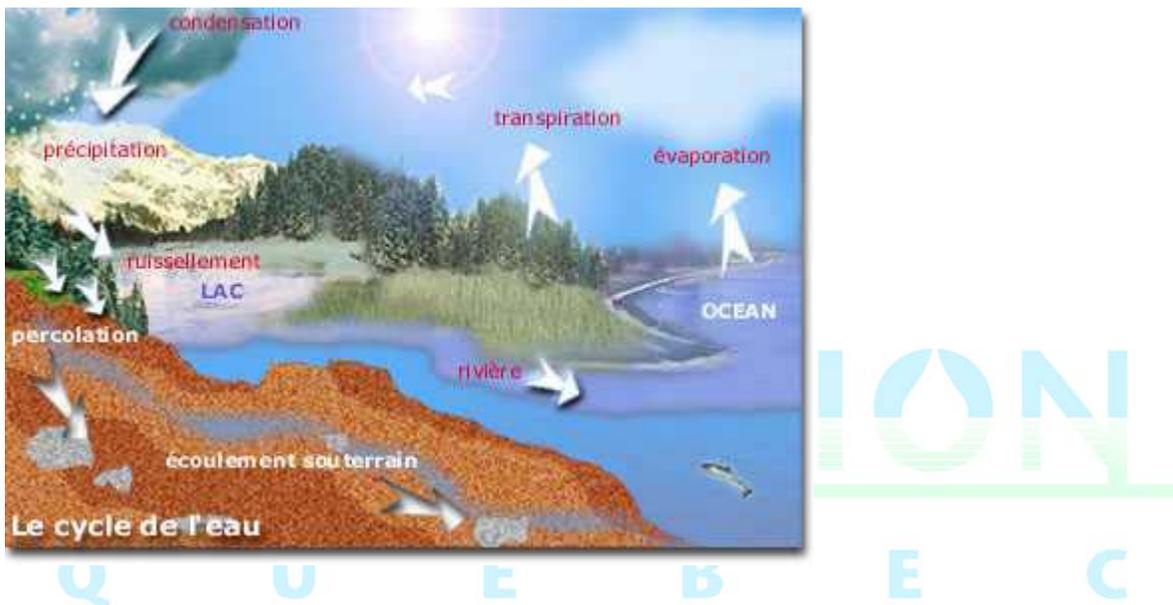


Figure 1.1 : Le cycle de l'eau

Nous nous attarderons en particulier sur la partie végétale de ce cycle.

Dans le domaine de l'irrigation, nous nous préoccupons d'abord des mouvements de l'eau entre les plantes et leur environnement. Plus précisément, l'irrigation vient combler le déficit en eau encouru par les plantes durant leur croissance, que ce soit pour des raisons esthétiques (irrigation horticole) ou pour des raisons économiques (irrigation agricole).

Par opposition, le drainage désigne les techniques utilisées pour éliminer les excès d'eau qui sont tout aussi dommageables qu'un manque d'eau pour la majorité des plantes terrestres.

Le mouvement de l'eau dans une plante

Plusieurs plantes n'ont pas à proprement parler de systèmes de transport d'eau, il s'agit principalement de plantes primitives et vivant en milieu aquatique, comme les algues par

exemple. Dans notre domaine, nous travaillons surtout avec les plantes terrestres qui font leur photosynthèse dans l'atmosphère.

Comme nous le verrons dans les lignes qui suivent, les plantes perdent leur eau par transpiration et cette transpiration est inévitable. Pourquoi ? Parce que la plante, pour effectuer la photosynthèse, a besoin de dioxyde de carbone (CO_2), présent dans l'air et que pour obtenir ce CO_2 , la plante doit permettre l'ouverture d'une multitude de pores, appelés stomates, sur sa surface foliaire. Les stomates étant ouverts pour cet échange gazeux, l'eau s'échappe inévitablement sous forme de vapeur vers l'air libre.

Visualisons d'abord ce processus à l'aide des deux figures suivantes :

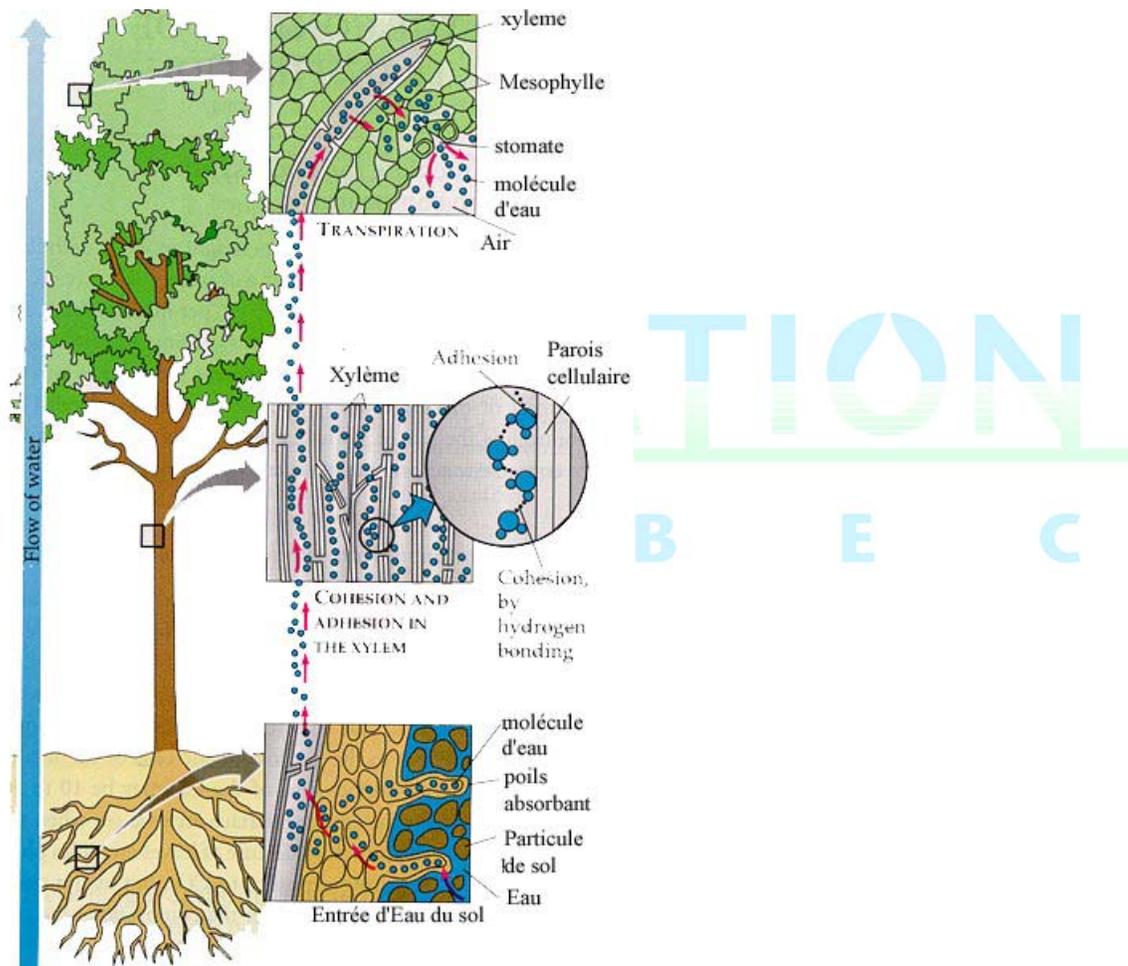


Figure 1.2 : Vue d'ensemble des mouvements de l'eau dans une plante

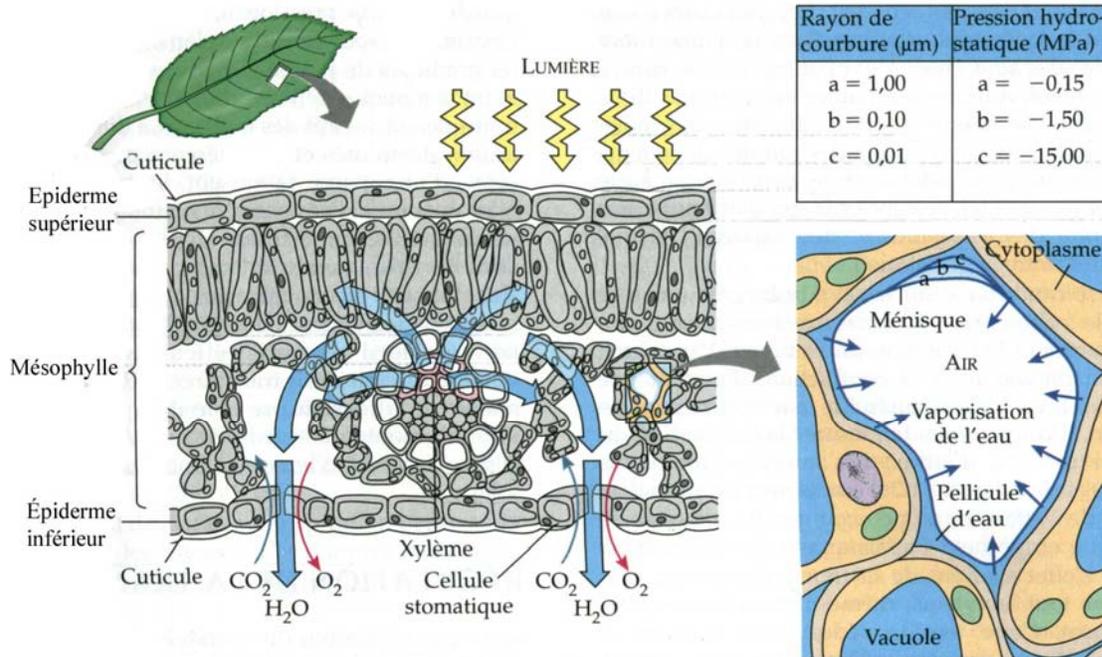


Figure 1.3 : Coupe d'une feuille montrant le trajet de l'eau perdue par transpiration

En se reportant à la figure 1.2, on a le trajet suivant : l'eau est d'abord absorbée, principalement par osmose, au niveau des poils absorbants qui sont de très fines racines, pour ensuite entrer dans le xylème de la racine. L'eau continue son chemin dans le xylème de la tige pour enfin arriver au niveau des feuilles, le lieu principal de la photosynthèse.

En regardant la figure 1.3, on voit un peu mieux ce qui se passe dans la feuille : les stomates sont ouverts pour permettre l'entrée de CO_2 et d'oxygène et en même temps, cette ouverture laisse sortir la vapeur d'eau de la plante vers l'air libre. Quand l'air libre environnant est saturé d'humidité, la transpiration de la plante cesse. La plupart du temps, l'air libre n'est pas saturé et la transpiration a toujours lieu dans ces conditions.

En irrigation, on fournit l'eau qui manque dans le volume de sol exploré par les racines de la plante de façon à lui permettre de transpirer normalement et donc d'effectuer sa photosynthèse normalement.

Les plantes possèdent un certain degré de contrôle sur leur taux de transpiration : chaque stomate est un effet encadré par deux cellules spéciales appelées cellules de garde. Lorsque le sol commence à être pauvre en eau, la plante peut réagir en diminuant ses activités et dans ces conditions, les cellules de garde se resserrent pour vover le mieux possible les stomates et diminuer ainsi le taux de transpiration. Inutile de dire que cette situation est stressante pour la plante car durant cette période. Elle doit vivre sur ses réserves, la photosynthèse étant très réduite.

Même quand les stomates sont fermés, il y a de la transpiration car la vapeur d'eau réussit toujours à s'échapper au travers de la mince pellicule cireuse, appelée cuticule, qui entoure les feuilles. On estime que jusqu'à 10% de l'eau transpirée par une plante l'est au travers de la cuticule. Ceci explique que même avec des mécanismes d'adaptation comme le contrôle de l'ouverture des stomates, les plantes mises en situation de sécheresse prolongée finissent par en subir des dommages considérables et même fatals.

Les plantes des milieux arides ont en général une cuticule beaucoup plus épaisse, ce qui leur permet de restreindre au maximum la transpiration cuticulaire. Leurs feuilles plus charnues leur ont valu le surnom de plantes grasses. Parmi les vivaces employées ici, nommons le sempervivum (joubarbe) qui tolèrent très bien les sécheresses.

Un chiffre intéressant quand on considère le transport de l'eau dans les plantes terrestres : 98% de l'eau absorbée par les plantes au niveau des racines est perdue par transpiration. Seulement 2% de l'eau absorbée est métabolisée par les plantes sous forme de tissus végétaux et sève élaborée. Dans ce domaine, les plantes de milieux arides ont un rendement bien au-dessus de la moyenne.

Nous venons de voir comment l'eau voyage à partir des racines vers les feuilles : cette eau est en fait une sève brute qui contient aussi des minéraux de base servant dans la photosynthèse (azote, phosphore, potasse, magnésium etc.). Par contre, nous n'avons pas vu comment la plante nourrit les cellules des racines : les cellules des racines étant dans l'obscurité ne peuvent pas faire de photosynthèse et dépendent donc pour leur approvisionnement énergétique des cellules capables de faire de la photosynthèse. Les plantes possèdent à cette fin ce qu'on appelle le phloème, qui est un tissu assurant le transport de la sève dite élaborée vers les parties de la plante incapables de photosynthèse. Chez les plantes ligneuses, le phloème est situé directement sous l'écorce et n'est pas très épais. C'est la raison pour laquelle on doit toujours faire attention à l'écorce des arbres : pour tuer un arbre, on n'aurait qu'à éplucher un anneau d'écorce autour du tronc.

Il est toujours étonnant d'apprendre qu'en général, la surface du système racinaire d'une plante équivaut à peu près à la surface foliaire de cette même plante.

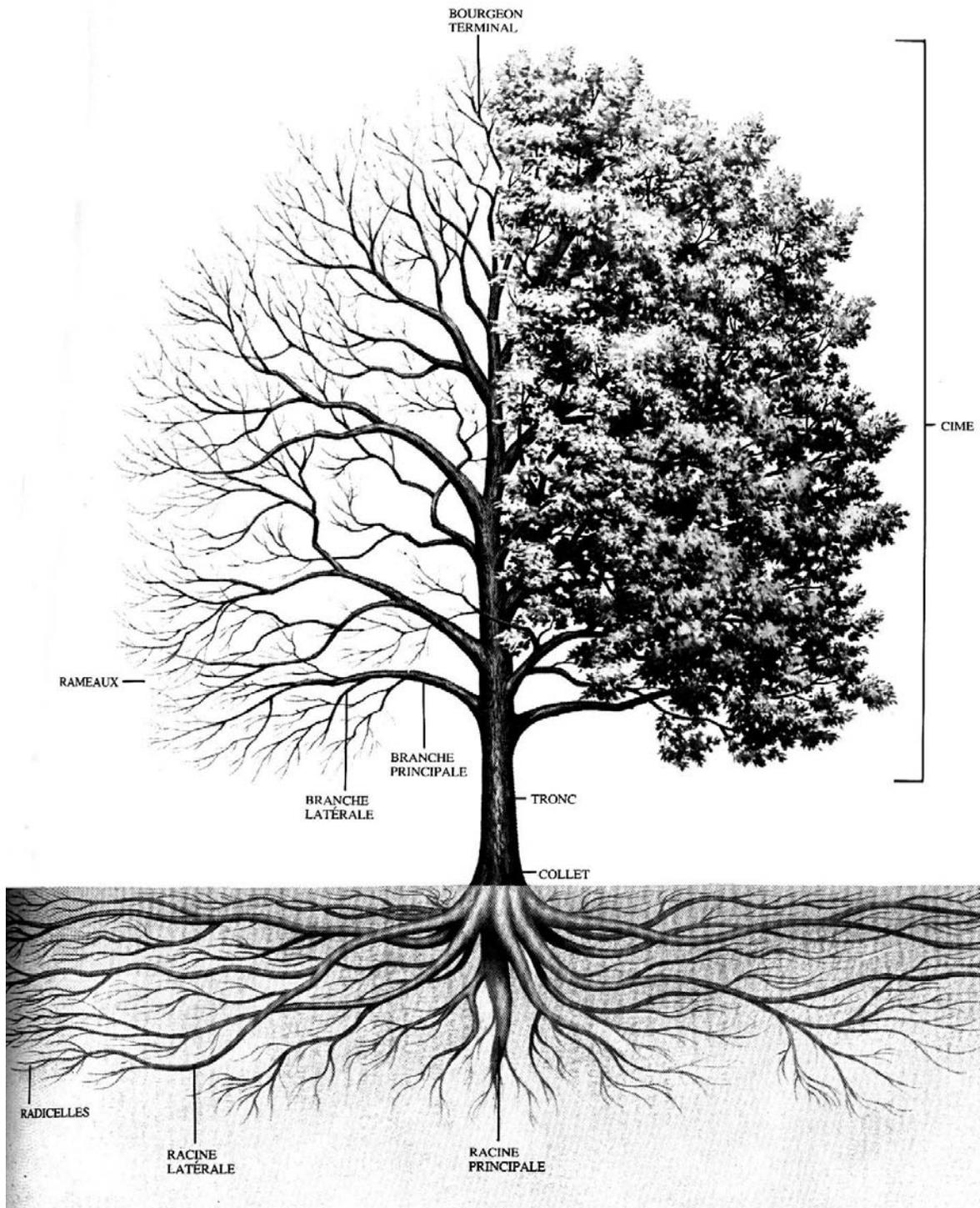


Figure 1.4 : Morphologie d'un arbre

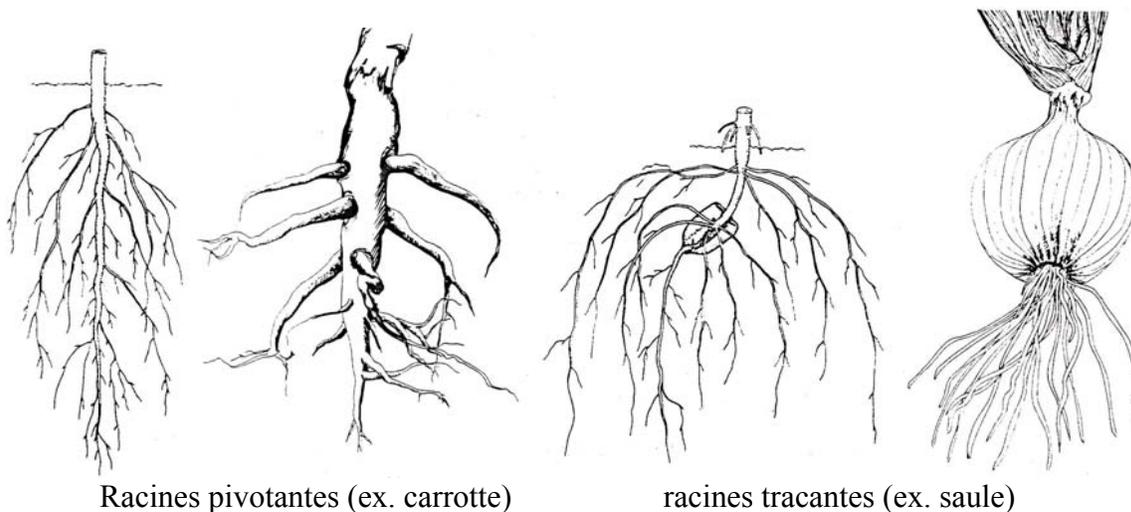


Figure 1.5 : Différents types de systèmes racinaires

La figure 5 nous fait voir différents types de systèmes racinaires : chaque espèce de plante a son style de système racinaire. En général cependant, il existe des similitudes au sein des familles botaniques : par exemple, les éricacées (bleuets, rhododendrons, bruyères etc.) ont un système racinaire plutôt traçant, peu profond, les graminées (les gazons entres autres) ont un système racinaire fasciculé, les chênes ont un système pivotant, etc. La forme du système racinaire des plantes ornementales est un des aspects les moins bien documentés et ce genre d'information est plutôt éparpillé. Du côté des plantes agricoles, les connaissances à ce sujet sont beaucoup plus à point.

À date, nous n'avons pas discuté des mécanismes permettant à l'eau de grimper dans la plante jusqu'à des hauteurs parfois surprenantes. On a qu'à penser aux fameux séquoias de la côte Ouest des États-Unis qui culminent à 140 mètres (460 pieds). Pour ceux qui connaissent un peu le fonctionnement des pompes centrifuges, vous savez qu'il est très difficile de pomper de l'eau dès que la surface d'eau est à 25 pieds et plus en bas de la pompe, alors imaginez un peu le problème d'ingénierie que notre séquoia affronte pour pomper l'eau 460 pieds plus haut ! Et la plante réussie, la preuve en est là, alors que l'homme ne le peut pas ! Voyons un peu ce mécanisme :

1. L'eau entre dans les poils absorbants par osmose.
2. Cette eau (sève brute) passe alors dans le xylème sous l'effet d'une traction.
3. La traction (ou tension) est générée au niveau du feuillage, suite à l'évaporation de l'eau dans les cavités stomatales. Les parois cellulaires à cet endroit ont tendance à se dessécher mais compensent ce dessèchement en attirant de l'eau, par cohésion moléculaire, des cellules voisines du xylème.
4. Il existe entre les molécules d'eau des forces de cohésion très grandes et lorsque l'eau est enfermée dans des tubes très étroits et à paroi mouillable (par exemple, les parois cellulaires du xylème), on peut la soumettre à des tractions considérables, allant de 100 à 300 bars (1500 à 4500 pieds) avant que ne se rompent les colonnes d'eau.
5. L'eau d'une plante forme un système liquide continu à travers toutes les parois cellulaires saturées d'eau, du feuillage jusqu'au racines. Donc, il s'agit d'un train

continu d'eau entre le système racinaire et le feuillage : le moteur de ce train est la transpiration.

Ce mécanisme assurant la continuité de la colonne d'eau dans la plante est appelé théorie de la cohésion-tension et est la plus largement reconnue parmi les spécialistes de la physiologie végétale.

Terminons cette section par quelques renseignements :

- On qualifie de xérophytes les plantes capables de survivre dans des milieux très secs, exemple : les cactaceae, les crassulaceae, les agavaceae
- On qualifie de hydrophytes les plantes capables de survivre dans des milieux très humides ou même avec le système racinaire dans l'eau. Exemples: le riz, les cyprès des marais, les carex etc.
- On qualifie de mésophytes les plantes qui réussissent le mieux dans un milieu ni trop humide, ni trop sec. Exemples: presque toutes nos plantes ornementales.
- On qualifie d'halophytes les plantes capables de réussir dans un sol très salin (bords de mers). Exemple: les tamarix.

La plante en interaction avec l'eau du sol

La santé d'une plante est intimement liée aux conditions de sol environnantes : un sol trop compact ne favorisera pas un enracinement profond. Un sol au pH inapproprié provoquera des carences d'éléments essentiels et une croissance atrophiée, un sol saturé en eau entraînera la pourriture des racines (à moins que ce soit une plante hydrophyte), un sol pollué peut bloquer les mécanismes d'osmose et nuire à l'entrée d'eau dans le système racinaire (exemple : plaques d'engrais chimiques). Bref la plus belle des plantes en pépinière pourra très bien avoir une apparence rachitique une fois transplantée dans un sol mal choisi et/ou mal préparé.

En irrigation horticole, pour notre secteur de travaux, nous devons prendre pour acquis que le sol en notre présence est approprié : si on se retrouve devant un rhododendron planté dans une plate-bande argileuse de pH 7, le mieux qu'on puisse faire est de prévenir le client que ce sol n'est pas approprié à cette plante et que quelqu'un a mal fait son travail.

En irrigation horticole, nous devons voir le sol comme un réservoir qui contient de l'eau, des particules de sol (argile, limon, sable) et de l'air. Notre rôle est de maintenir dans des limites acceptables la quantité d'eau contenue dans ce réservoir. Pour ce faire, deux informations importantes sont requises :

1. Déterminer le type de plante à irriguer pour ensuite connaître la profondeur de sol utilisable par la plante (voir les tableaux 1.1, 1.2 et 1.3)
2. Déterminer la réserve en eau facilement utilisable par la plante en fonction du type textural de sol (voir tableau 1.4, dernière colonne), en millimètre d'eau par centimètre de sol exploré.

3. Calculer la dose d'irrigation à partir des étapes 1 et 2.

Exemple: des fraises, racines de 25 cm de profondeur dans un sol sableux profond (0.8 mm d'eau / cm de sol de réserve facilement utilisable) : $25 \times 0.8 = 20$ mm d'eau par dose d'irrigation.

Nous venons de calculer la dose idéale d'irrigation, c'est à dire la recharge en eau que nous devrions faire, pour éviter tout gaspillage d'eau d'irrigation vers des couches de sol trop profondes ou même la nappe phréatique, lorsque nous débutons un cycle d'irrigation. La question qui demeure est quand doit-on débiter un cycle d'irrigation ? Réponse: quand la plante en a besoin ! En terme plus précis, un peu avant que la plante n'atteigne le point de flétrissement. Le point de flétrissement est équivalent à un niveau de sécheresse du sol où l'eau devient trop difficile à puiser pour la plante.

Avec les systèmes d'irrigation horticole, on va traditionnellement baser la décision d'effectuer un cycle d'irrigation sur le dossier historique du climat local et sur les conditions météorologiques du moment.

On peut appliquer la dose d'irrigation en plusieurs étapes rapprochées dans le temps ou bien en une seule étape, cette dernière approche favorisant un enracinement plus profond des plantes et donc une meilleure résistance de celles-ci.

Dans la section que nous venons de couvrir très rapidement, ce que nous devons retenir est le concept de dose d'irrigation : c'est la quantité maximale (optimale) d'eau à appliquer en une seule fois, lorsque la plante approche de son point de flétrissement, pour éviter de gaspiller l'eau (eau descendant dans des couches de sol trop profondes ou vers la nappe phréatique).

L'aspect demande en eau sera vu à la section suivante.

En terminant cette section, j'aimerais souligner ici l'importance de la matière organique dans le sol : non seulement la matière organique à bon effet sur l'aération du sol et l'échange d'éléments nutritifs mais elle a aussi un excellent effet sur la capacité de stockage en eau du sol. Il a été démontré que le pourcentage d'eau facilement utilisable par les plantes augmentait de 1.8% (base de volume) pour chaque 1% d'augmentation de la matière organique dans le sol, pour les textures incluses entre le sable et l'argile.

Tableau 1.1

Profondeur d'enracinement effectif de diverses cultures arrivées à maturité cultivées sur sols profonds et homogènes

Luzerne	90 - 180 cm	Céréales	60 - 150 cm	Carthame	90 - 180 cm
Haricots	50 - 90 cm	Raisins	75 - 180 cm	Fèves de soja	60 - 125 cm
Agrumes	120 - 150 cm	Légumineuse	50 - 125 cm	Fraises	20 - 30 cm
Coton	75- 170 cm	Maïs	75 - 160 cm	Canne à sucre	75 -180 cm
Crucifères	30 - 60 cm	Olives	100 - 150 cm	Tomates	45 - 108 cm
Aubergines	75 - 120 cm	Oignons	30 - 75 cm	Tabac	45 -90 cm
Pommes de terre	30 - 75 cm	Herbages	60 - 100 cm	Légumes	30 - 60 cm
Cucurbitacées (concombre)	75-125 cm	Poivrons	40 - 100 cm	Betterave sucrière	60 -125 cm

Tableau 1.2

Profondeur du système racinaire de diverses espèces végétales

Espèce	Profondeur des racines (cm)	Espèces	Profondeur Des racines (cm)
Luzerne	180	Patate douce	120
Asperge	180	Carotte	90
Arbres fruitiers à feuilles caduques	180	Aubergine	90
Vignobles	180	Pois	90
Houblon	180	Poivron	90
Sorgho-grain	180	Courge (d'été)	90
Sorgho-menu	180	Maïs sucré	90
Tomate	180	Betterave comestible	90
Maïs	150	Haricot blanc	60
Lin	150	Chou	60
Melon	150	Plantes de prairie	60
Céréales à petits grains	150	Pomme de terre	60
Artichaut	120	Épinard	60
Haricot de lima	120	Fraise	60
Agrumes	120	Laitue	30
Coton	120	Oignon	30
Betterave sucrière	120		

Tableau 1.3 *Données générales sur la profondeur d'enracinement de certaines cultures à maturité. La fraction de la réserve utile (p.) et la réserve facilement utilisable (p. Sa) pour différents types de sol (en ??? de sol), quand l'évapotranspiration est environ 5 - 6 mm/jour.*

Culture	Profondeur d'enracinement (D)	Fraction (p) de la réserve utile facilement utilisable ¹⁾	Réserve facilement utilisable (p. Sa)		
			Texture fine	Texture moyenne	Texture grossière
Ananas	0.3 - 0.6	0.50	100	65	30
Arachides	0.5 - 1.0	0.40	80	55	25
Arbres fruitiers	1.0 - 2.0	0.50	100	70	30
Bananes	0.5 - 0.9	0.35	70	50	20
Betteraves	0.6 - 1.0	0.50	100	70	35
Sucrières		0.50	100	70	30
Blé (maturation)	0.7 - 1.2	0.55	105	70	35
	1.0 - 1.5	0.90	180	130	55
Cacao		0.20	40	30	15
Carottes	0.5 - 1.0	0.35	70	50	20
Céleri	0.3 - 0.5	0.20	40	25	10
Citrons	1.2 - 1.5	0.50	100	70	30
Choux	0.4 - 0.5	0.45	90	65	30
Concombres	0.7 - 1.2	0.50	100	70	30
Coton	1.0 - 1.7	0.65	130	90	40
Dattes	1.5 - 2.5	0.50	100	70	30
Fraises	0.2 - 0.3	0.15	30	20	10
Épinards	0.3 - 0.5	0.20	40	30	15
Grains (petits) ²⁾	0.9 - 1.5	0.60	120	80	40
Grains (hiver) ²⁾	1.5 - 2.0	0.60	120	80	40
Haricots	0.5 - 0.7	0.45	90	65	30
Laitue	0.3 - 0.5	0.30	60	40	20
Légumes	0.3 - 0.6	0.20	40	30	15
Lin ²⁾	1.0 - 1.5	0.50	100	70	30
Luzerne	1.0 - 2.0	0.55	110	75	35
Maïs ²⁾	1.0 - 1.7	0.60	120	80	40
?	1.0 - 1.7	0.50	100	70	30
Melons	1.0 - 1.5	0.35	70	50	25
Oignons	0.3 - 0.5	0.25	50	35	15
Olives	1.2 - 1.7	0.65	130	95	45
Orge ²⁾	1.0 - 1.5	0.55	110	75	35
Pâturages	0.5 - 1.5	0.50	100	70	30
Palmiers	0.7 - 1.1	0.65	130	90	40
Pois	0.6 - 1.0	0.35	70	50	25
Poivre	0.5 - 1.0	0.25	50	35	15
Patates	0.4 - 0.6	0.25	50	30	15
Patates sucrées	1.0 - 1.5	0.65	130	90	40
Raisin	1.0 - 2.0	0.35	70	50	20
Sisal	0.5 - 1.0	0.80	155	110	50
Soya	0.6 - 1.3	0.50	100	75	35
Sorgho ²⁾	1.0 - 2.0	0.55	110	75	35
Tabac (hâtif)	0.5 - 1.0	0.35	70	50	25
Tabac (tardif)	0.5 - 1.0	0.65	130	90	40
Tomates	0.7 - 1.5	0.40	180	60	25
Tournesol ²⁾	0.8 - 1.5	0.45	90	60	30
Trèfle	0.6 - 0.9	0.35	70	50	20
Réserve utile total (Sa)			200	140	60

1) Quand l'évapotranspiration (ET) est inférieure ou égale à 3 mm/jour, augmenter les valeurs d'environ 30%; quand (ET) est supérieur ou égale à 8 mm/jour, réduire les valeurs d'environ 30%, supposant des conditions non salines

2) Des valeurs plus grandes que celles montrées doivent être appliquées durant la maturation.

Tableau 1.4 Ordre de grandeur de la RFU pour des sols de différentes textures

Texture	Argile %	Limon %	Sable %	Hcc pondéral %	HPF %	d_a	Z (cm)	α	RFU (mm)	RFU Mm/cm de sol exploité
Sol argileux	55	25	20	40	24	1.20	50	0.50	48	1.0
Sol limoneux	15	70	15	28	15	1.40	60	0.60	66	1.1
Sol limono-sableux	10	45	45	18	9	1.50	70	0.70	66	0.9
Sol sableux profond	8	27	65	12	5	1.65	80	0.70	65	0.8

La plante en interaction avec l'atmosphère et le climat

Comme nous avons vu dans la section du « *Mouvement de l'eau dans une plante* », dès que l'humidité relative de l'air libre est inférieure à 100% (saturation), les plantes, durant leur période végétative, transpirent. Plusieurs facteurs font varier la demande d'eau au niveau des racines à cause de la transpiration dans le feuillage:

1. L'humidité relative : plus l'air est sec, plus le taux d'évaporation sera fort. 20% d'humidité relative est considéré comme sec, 80% d'humidité relative est considéré comme humide et le taux de transpiration sera moins fort.
2. Le vent : plus le vent est rapide, plus la transpiration sera rapide car l'air se renouvelle plus rapidement.
3. La température de l'air : plus il fait chaud, pour une humidité relative égale, plus le taux de transpiration sera fort.
4. L'intensité lumineuse : plus le rayonnement solaire est intense, plus la transpiration sera intense.
5. Les conditions de sol : température de l'eau du sol et concentration de solutés dans le sol auront une influence sur la vitesse d'entrée de l'eau dans les racines.
6. Bagage génétique : une plante ayant un système racinaire plus profond et plus fort pourra tolérer des conditions plus sévères.
7. Épaisseur de la cuticule : plus la cuticule est étanche (épaisse), plus la plante sera endurent durant une sécheresse et le taux de transpiration sera réduit.
8. Comportement des stomates : certaines plantes ouvrent les stomates seulement quand l'humidité relative est acceptable, économisant ainsi de l'eau.
9. Réduction des surfaces de transpiration : durant une période de sécheresse les feuilles de certaines plantes s'enroulent pour diminuer la surface exposée à l'air libre (sec) exemple : le maïs, les rhododendrons à feuille persistante l'hiver, les lauriers roses.
10. Le stade phénologique (de croissance) des plantes : en début de saison, les plantes sont en pleine croissance, la surface foliaire augmente à mesure. Les besoins en eau vont croissant jusqu'à disons le mois d'août. Rendu à cette période, la surface foliaire est stabilisée.

En irrigation, on considère non seulement la transpiration des plantes mais aussi l'évaporation à partir des surfaces de sol. Le total des deux s'appelle évapotranspiration.

L'évaluation précise de l'évapotranspiration (ETP), au jour le jour, nécessite pratiquement une station météorologique. Pour la gestion pratique de l'irrigation horticole, en tenant compte des particularités immédiates du climat, le mieux est d'obtenir les valeurs de l'ETP à partir d'un des bureaux de renseignement d'Environnement Canada de votre région ou auprès des Ministères de l'agriculture du Québec et du Canada.

Exemple:

Nous avons calculé une dose de 20 mm d'eau pour nos fraises à la section «*Plante en interaction avec l'eau du sol*». Environnement Canada nous informe que depuis deux semaines, l'ETP est de 5 mm d'eau par jour. Notre sol, au début, est chargé mais au bout de 4 jours ($4 \times 5 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$) le point de flétrissement n'est pas loin et il faudra appliquer au moins 5 mm d'eau par jour ou bien 20 mm d'eau pour 4 jours (préférable) pour éviter le flétrissement de nos fraises. Avec un bon système d'irrigation, on y arrivera et en suivant bien les conditions météorologiques, on évitera de gaspiller l'eau.

Il est à noter que l'ajout d'un détecteur de pluie sur un système d'irrigation horticole permet d'automatiser jusqu'à un certain point la prise de décision pour les cycles d'arrosage. Ce détecteur de pluie évitera au moins de partir l'arrosage si une pluie non négligeable survient.

Conclusion

Nous avons toutes les raisons d'être fier d'œuvrer dans un domaine aussi sage que l'irrigation. Quoi de plus noble que de chercher à embellir notre environnement en permettant aux plantes d'atteindre leur plein potentiel !

L'autre côté de la médaille c'est l'économie de l'eau : en apprenant à mieux connaître les besoins réels des plantes en eau, on évite d'appliquer de l'eau lorsque ce n'est pas nécessaire.

Quelques moyens simples de réduire la consommation en eau d'irrigation :

- Un peu avant les périodes normales de sécheresse (juillet), laisser la pelouse allonger un peu, ce qui a généralement pour conséquence d'approfondir le système racinaire du gazon, donc d'accroître sa réserve d'eau.
- Arroser la nuit seulement, c'est-à-dire avant le lever du soleil, l'aspiration a alors une meilleure efficacité (80% par rapport à 60% en plein jour)
- Utiliser un tensiomètre : cet appareil est capable de mesurer la tension de l'eau dans le sol et vous préviendra lorsque le niveau de sécheresse devient critique, c'est-à-dire quand vous devez appliquer la dose d'irrigation.

Ce cours est très résumé : la bioclimatologie appliquée à l'irrigation est une discipline en pleine évolution et qui nous réserve sûrement plusieurs nouveautés dans les années qui viennent.

Chapitre 2 - Principales composantes

Description des composantes d'un système

On peut diviser les systèmes d'irrigation utilisés dans le domaine horticole en trois catégories :

1. Les systèmes à vaporisateurs
2. Les systèmes à gicleurs rotatifs
3. Les systèmes à vannes d'accouplement

Le coût de ces systèmes peut être représenté par le rapport suivant : 4-2-1 ; les systèmes à vaporisateurs étant les plus dispendieux, les systèmes à gicleurs rotatifs étant des prix moyens, et les systèmes à vannes d'accouplement étant les moins dispendieux.

Il est bien entendu que le prix de chaque système variera par rapport à lui-même suivant la qualité du matériel utilisé, le type de tuyauterie et le type et la dimension de la propriété à être irriguée.

Une sélection intelligente d'un type de système ne pourra cependant être basée uniquement que sur le prix de systèmes. Par exemple, un système à gicleurs rotatifs pourra rencontrer le budget, mais sera peut être totalement inadéquat pour la dimension et la forme de propriété à arroser.

Les systèmes à vaporisateurs

Les systèmes à vaporisateurs peuvent être utilisés avec pratiquement tous les types de propriétés. Il n'y a pas de limitations quant à l'ampleur du projet pour lequel un tel système peut être utilisé, à l'exception peut-être des contraintes économiques.

Les gicleurs utilisés pour ce genre de système débitent un jet formé de gouttelettes très fines et uniformes.

Les têtes escamotables « *Pop-Op* » : lorsqu'elles sont utilisées pour la pelouse, le gicleur employé est de type escamotable. Ces têtes sont installées de niveau avec le sol. Lors de l'utilisation, la buse se soulève et déverse le jet d'arrosage et retombe en position basse lorsque le système est désactivé.

Hauteurs de soulèvement : La hauteur choisie dépendra de l'utilisation préconisée (gazon, plate-bande, etc.) Il ne faudra pas que le jet soit embrouillé par le gazon. Ces gicleurs sont disponibles en versions 2, 3, 4, 6 et 12 pouces.

Les buses sont disponibles dans une variété de configuration et offrent des taux de précipitation variés (voir table).

Construction : Les premiers gicleurs vaporisateurs étaient fabriqués en laiton, avaient une hauteur de soulèvement de 1 ou 2 pouces, et n'utilisaient que la gravité comme mode de rétraction. Bien que de construction robuste, ces têtes comprenaient des problèmes d'entretien sérieux, la terre et les débris empêchaient les têtes de retomber en position. Ce genre de problème ainsi que leurs coûts élevés font que ces têtes ne sont plus utilisées aujourd'hui. De nos jours, les possibilités qu'offre le moulage de plastique nous permet d'obtenir un rapport qualité/prix qui fait du plastique les matériaux le plus utilisé pour les produits d'irrigation.

Un ressort en acier inoxydable assure la rétraction de l'assemblage de la buse. Un joint de scellement « *Wiper Seal* », prévient les débris d'entrer dans le boîtier du gicleur.

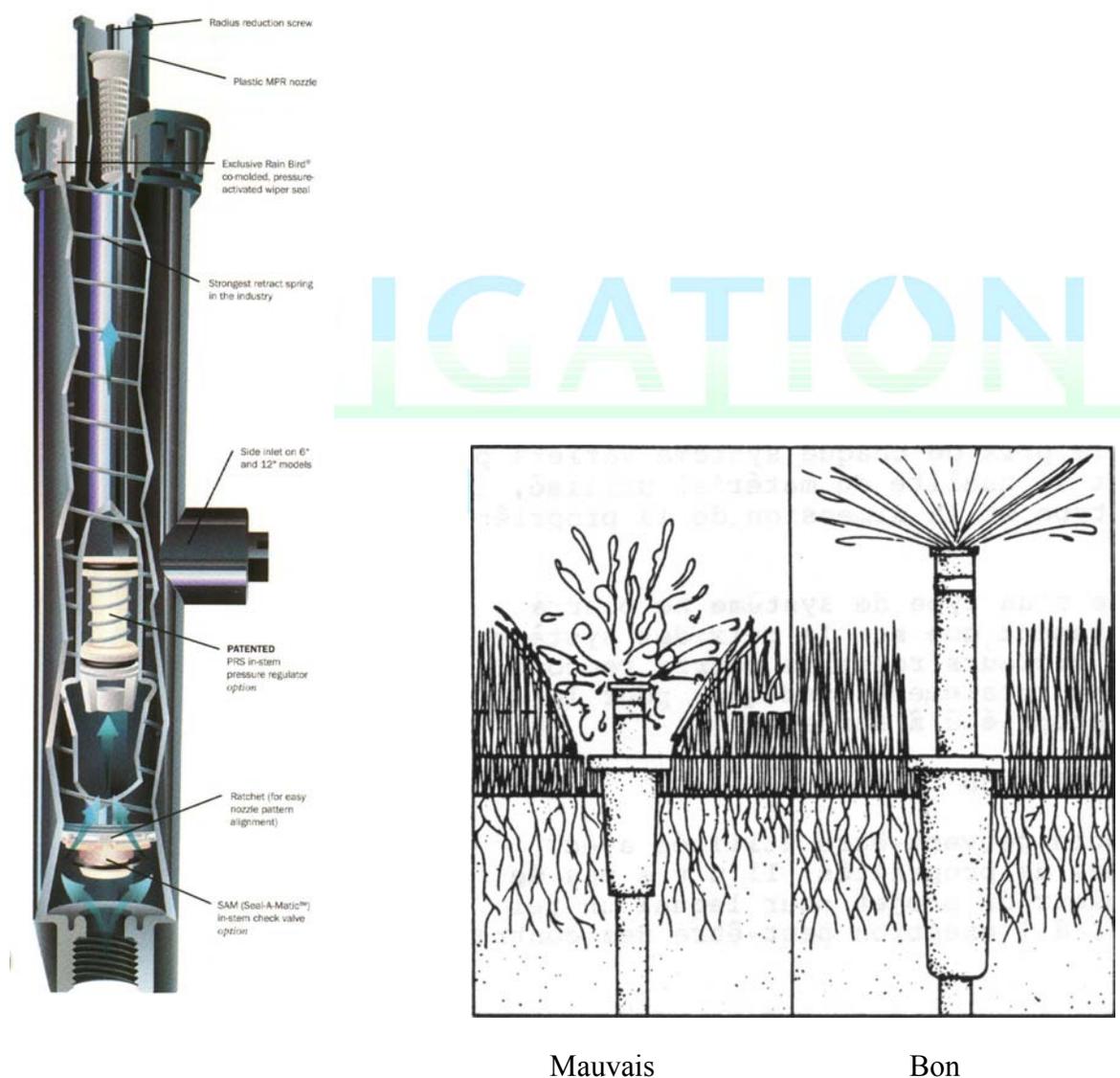


Figure 2.1 : Nomenclature gicleur

Entretien: La construction des gicleurs permet l'entretien facile de ceux-ci sans avoir à déterrer.

Les buses offrent des rayons d'arrosage variant de 8 pieds à 15 pieds dépendant de la grosseur de la buse choisie et de la pression d'opération. Comme nous le verrons plus loin, la pression d'opération est très importante à obtenir comme critère de conception. Si la pression est trop faible, le jet du gicleur n'offrira pas de gouttelettes assez fines pour offrir une bonne distribution d'eau sur toute l'étendue de son rayon d'arrosage. De plus, le rayon d'arrosage désiré ne sera probablement pas atteint.

Des buses ajustables sont aussi disponibles pour les besoins du concepteur.

L'espacement des têtes sera habituellement égale au rayon d'arrosage de la buse (12 à 15 pieds) pour un patron carré et d'environ 20 pieds pour un espacement triangulaire. Évidemment tout dépendra de la pression d'opération. Chaque fabricant offre des tables et spécifications sur les performances de leurs gicleurs respectifs, et généralement spécifie l'espacement maximum des têtes.

Les vaporisateurs « *Shurb Heads* » : Pour utilisation dans les rocailles, les fabricants offrent des adaptateurs permettant l'installation des buses sur tuyau de PVC ou de galvanisé étant en permanence au-dessus du niveau du sol et à la hauteur désirée. Il faut cependant considérer les facteurs d'esthétique, de vandalisme, et de risque de blessures lors du choix de l'utilisation de ces adaptateurs. Comme alternative pour ce genre d'application, on aura recours au gicleur de 6 et de 12 pouces de soulèvement, et/ou l'utilisation d'extension de 6 pouces.

Les « *Bubblers* » : Ce genre d'arroseur permet de détremper le sol sans nécessairement mouiller le feuillage, et est recommandé lorsque qu'une application d'eau localisée est exigée, (pour arroser un seul arbuste par exemple).

Efficacité: les systèmes à vaporisateurs offrent des taux de précipitation très élevés, d'environ 1 pouce par heure. Le niveau de distribution est considéré comme étant exceptionnellement uniforme lorsque le système est bien conçu. Puisque le taux de précipitation est supérieur aux autres types de systèmes, le temps d'arrosage devra être beaucoup moindre.

Systèmes à gicleurs rotatifs

a) Les gicleurs à impact

Les gicleurs à impact utilisent un bras lourd avec ressort afin de développer la force nécessaire permettant la rotation de l'assemblage de la buse. Le jet d'eau fera dévier le bras de côté et par la suite le ressort ramènera le bras devant la buse. A chacun de ces cycles, le bras frappera l'assemblage de la buse et fera tourner celui-ci légèrement. Ces gicleurs sont généralement disponibles en version cercle complet ou cercle partiel.

Les modèles à cercle complet utilisent deux buses opposées. Il faut noter ici qu'une seule

buse ne peut offrir une dispersion satisfaisante de l'eau. On a donc une buse qui permet une distribution sur le pourtour du diamètre (*range*), et une autre (*inner*) permettant une distribution du gicleur, jusqu'où l'autre buse (*range*) débute sa distribution.

Les modèles à cercles partiels utilisent aussi deux buses. Cependant, ces buses sont disposées dans la même direction.

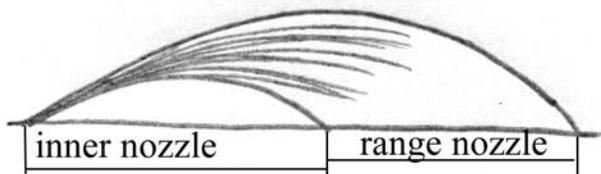


Figure 2.2 : direction des buses

Ces types gicleurs sont disponibles en différent format, avec buses interchangeable et offrent des rayons d'arrosage variant de 20 à 100 pieds.

b) Les gicleurs à entraînement par engrenages

Les têtes rotatives à engrenage offrent une puissante et stable rotation du jet d'arrosage. L'eau sous pression entre à la base du gicleur par orifice de restriction augmentant sa vitesse. Le jet d'eau passe par la suite au travers une turbine et fait tourner celle-ci à une vitesse extrêmement élevée. Un jeu d'engrenages, actionner par le rotor de la turbine, réduit la vitesse de rotation du mécanisme d'entraînement donnant ainsi à l'assemblage de la buse une vitesse de rotation relativement lente qui est requise pour permettre un bon recouvrement (voir illustration).

Des modèles à cercle partiel sont aussi disponibles. Les engrenages sont habituellement contenus dans un boîtier séparé afin de les protéger des débris pouvant être contenus dans l'eau. Différentes buses sont disponibles suivant le rayon et taux de précipitation désirés.

c) Les gicleurs à entraînement à billes

Similaire en apparence aux têtes à entraînement par engrenages, les têtes à entraînement par billes offre un principe de fonctionnement différent.

L'eau sous pression entre à la base du gicleur par une vanne compensatrice de pression (plus la pression est élevée, plus il y a d'eau qui entre). Une partie de l'eau est alors dirigée au travers de deux orifices vers la turbine. Le restant de l'eau passe directement vers la buse. Il y a donc seulement une petite quantité d'eau faisant tourner la turbine.

La turbine tournant à très haute vitesse, ne permettrait pas d'obtenir un bon rayon d'arrosage et un bon recouvrement. Il est donc essentiel de réduire la vitesse de rotation du mécanisme d'entraînement de la buse. Les engrenages du type de gicleur précédent

sont ici remplacés par deux billes d'acier inoxydable et sont situés juste au-dessus de la turbine. Lors de la rotation de la turbine, ces billes (une de chaque côté de la turbine), sont simultanément dirigés vers l'extérieur de leur réceptacle et font impact sur la conduite d'entraînement. Il s'agit du cliquètement que l'on entend lorsque la tête est en opération. Chaque impact permet à la buse de tourner légèrement. La fréquence des impacts est si élevée qu'il nous semble que la buse tourne de façon lente et régulière. Il s'agit en fait d'un gicleur à impact interne.

Ces têtes d'arrosage sont disponibles avec des buses interchangeables de différentes dimensions.

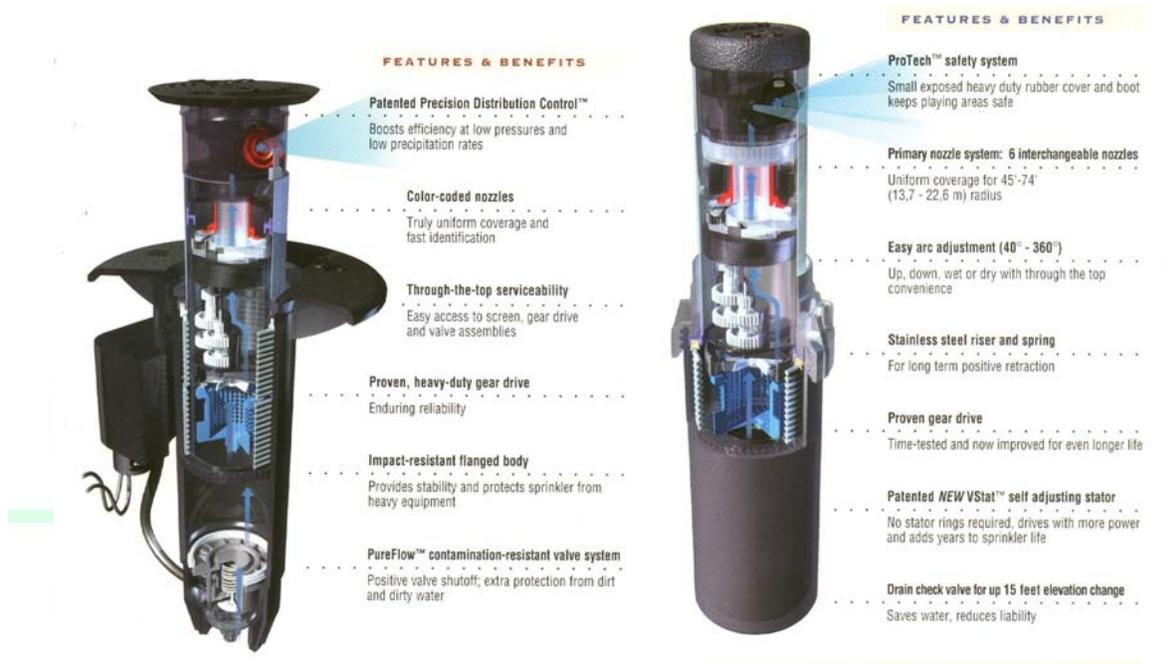


Figure 2.3 : Entrâinement par engrenages

d) Efficacité

La distribution d'eau des gicleurs rotatifs n'est pas aussi bonne que celle des gicleurs à vaporisation, car le long jet d'arrosage est souvent affecté par même le plus petit vent. De plus, des variations dans la vitesse de rotation produiront des taux de précipitation inégaux.

Le taux de précipitation des têtes rotatives est en moyenne de 1/5 à 1/3 de celui des têtes à vaporisation. Le temps requis pour obtenir un taux de précipitation équivalent est donc environ quatre fois plus important.

Malgré ces quelques désavantages, les têtes escamotables rotatives demeurent les plus utilisées en raison des économies possible pour des systèmes d'importance. Le prix d'un système à gicleurs rotatifs est environ de 50% à 70% de celui d'un système à gicleurs à vaporisation.

Système à vannes d'accouplement

Bien qu'étant les moins dispendieux, les systèmes manuels à vannes d'accouplement sont de moins en moins utilisés de nos jours. Par le passé, ils étaient largement utilisés pour les clubs de golf, les parcs, et les très grandes propriétés. Aujourd'hui de plus en plus de ces systèmes sont convertis à l'automatique.

Cependant, beaucoup de leurs composantes sont encore fréquemment utilisées conjointement avec les systèmes à gicleurs escamotables rotatifs et à vaporisation et pour les raisons suivantes :

- considérations économiques;
- pour offrir les possibilités de l'arrosage manuel sur une ligne pressurisée.

L'équipement pour ce genre de système consiste en des gicleurs rotatifs hors terre, clés de vanne, et vannes d'accouplement. Ces trois composantes combinées à un simple réseau de tuyauterie font que ce système est le plus économique à être installé.

Un accessoire fréquemment utilisé est un adaptateur « *hose swivel* » permettant le raccordement d'un boyau d'arrosage. L'espacement des vannes d'accouplement dépendra des têtes de gicleurs utilisées.

Les systèmes de contrôle

L'opération des zones d'un système d'arrosage peut se faire de façon manuelle ou automatique.

a) Système de contrôle manuel

Un système d'irrigation manuel sera habituellement actionné à l'aide de vannes d'arrêt en bronze (*gate valve*) ou en plastique (*ball valve*).

Il n'est cependant pas conseillé d'utiliser des vannes d'arrêt (*gate valve*) pour l'opération des zones. Ces vannes ne sont pas conçues pour une utilisation répétée et risqueront de couler éventuellement.

Pour une utilisation fréquente, les vannes à quart de tour en PVC sont recommandées.

b) Système de contrôle automatique

Un système de contrôle automatique permettra au système d'irrigation d'arroser la pelouse au moment précis où c'est nécessaire et éliminera le gaspillage d'eau.

Un système de contrôle automatique consiste en un contrôleur d'irrigation (minuterie), localisé à un endroit approprié et qui opère des vannes automatiques sur le terrain.

Il existe deux types de systèmes de contrôle automatiques, les systèmes hydrauliques et les systèmes électrique. Le type de système se rapporte au type d'actuateur entre la vanne et le contrôleur.

Les contrôleurs d'irrigation

Les contrôleurs fabriqués par les différents manufacturiers varient du type électromécanique à des modèles entièrement digital en passant par les modèles hybrides. Ces unités sont habituellement fabriquées de façon à pouvoir être installées aux murs ou en version piédestal. Leurs boîtiers sont fabriqués en plastique ou en métal et certains sont conçus pour résister aux intempéries.

Les minuteriers les plus fréquemment employées sont disponibles en version 4, 6, 7, 8, 11, et 12 stations. Certains modèles sont disponibles avec un nombre allant jusqu'à 32.

Les caractéristiques standards des contrôleurs sont les suivantes :

1. cadran de 24 heures am/pm pour régler le démarrage du cycle d'arrosage ;
2. un calendrier de 7 ou 14 jours pour sélectionner les journées d'arrosage ;
3. temps (durée) d'arrosage indépendant pour chaque station;
4. opération semi-automatique possible;
5. opération manuelle indépendante pour chacune des stations;
6. interrupteur de pluie ;
7. interrupteur individuel d'annulation d'une station.

Certaines caractéristiques optionnelles sont aussi disponibles :

1. un circuit pour vanne maîtresse ;
2. un circuit pour pompe, le démarrage d'une pompe ;
3. programmes multiples.

Les possibilités qu'offrent certaines systèmes de contrôle sont illimitées. Des systèmes de contrôle spécialisés pour de gros projets peuvent même comprendre des ordinateurs avec écran vidéo et permettre l'opération des systèmes d'irrigation à distance par modem et recevant les données des stations météorologiques portatives installées sur le site.

Les vannes automatiques

Les vannes automatiques sont installées dans le sol, à l'intérieur de boîtes de plastique, permettant l'accès facile aux vannes.

Les vannes sont fabriquées de plastique ou de laiton (*brass*). Le terme plastique comprend évidemment beaucoup de variation. Les vannes de laiton ne sont habituellement utilisées que pour des usages intérieurs et particuliers, leurs coûts d'achat étant très élevés. Les vannes de plastiques sont les plus employées en raison de leur faible coût à l'achat.

La construction d'une vanne automatique varie d'un manufacturier à l'autre. Le type de vanne le plus fréquemment employé est celui des vannes à diaphragme (électrique ou hydraulique). Ces vannes sont disponibles en diamètres variant de 3/4 à 3 pouces. Pour les vannes actionnées électriquement, les solénoïdes fonctionnent habituellement sur les 24

volts. Ils sont aussi disponibles en version 110 volts. Les vannes de type hydraulique sont contrôlées par un conduit hydraulique pressurisé relié au contrôleur.

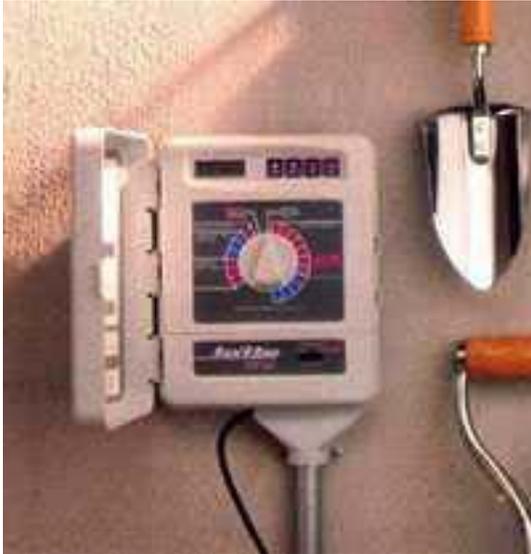


Figure 2.4 : Système de contrôle électrique



Figure 2.5 : vanne d'accomplément

Chapitre 3 - Principe de base

Conception

Quelque soit l'importance du système à concevoir, il sera nécessaire d'avoir recours aux procédures suivantes :

1. Obtenir l'information relative au site.
2. Déterminer les besoins en eau
3. Déterminer la source d'eau
4. Choisir le type de gicleur et l'espacement.
5. Regrouper les gicleurs en différents circuits et positionner les vannes électriques et la conduite principale.
6. Dimensionner la tuyauterie, les vannes, et calculer les pertes de pression.
7. Estimer le potentiel du coup de bélier
8. Déterminer l'emplacement du contrôleur et dimensionner le filage électrique.
9. Préparer un dessin final
10. Déterminer le prix du système.

Étape 1 : Information du site

a) Plan de la propriété

La première chose à obtenir est un plan détaillé de la propriété. Il peut s'agir de :

- plan d'aménagement ;
- certificat de localisation;
- dessin fait sur place

b) Les dimensions

- Le plan doit être dessiné à l'échelle ;
- en plus d'avoir les limites de la propriété, il sera important d'avoir la bonne distance à la rue ou au trottoir municipal.

c) Le type de plantation

- Indiquer sur le plan les différents besoins en eau suivant le type de végétation ;
- Indiquer les endroits où un type particulier de gicleur devra être utilisé (*Hi-pop, riser*, etc.) ;
- Indiquer les différents secteurs d'arrosage par rapport au soleil.

d) le type et la nature du sol

Déterminer le type de sol par rapport aux besoins en eau, ainsi que les conditions d'installation (roches, racines, d'arbres, argile, etc.).

e) les vents prédominants

La direction et la force des vents pourront grandement affecter la performance du gicleur et serviront à déterminer leur emplacement et espacement.

f) La source d'eau

- Indiquer sur le plan la source d'eau disponible, (aqueduc, lac, rivière, puits artésien, etc.).
- S'il s'agit d'un puits avec pompe, il faudra déterminer la profondeur et la capacité du puits, ainsi que la puissance et les caractéristiques de la pompe, tel que :
 - puissance du moteur en H.P.
 - simple ou tripe phase électrique
 - débit de la pompe
 - pression à la décharge
 - le type de pompe, le manufacturier, etc.

On pourra par la suite obtenir du manufacturier la courbe caractéristique de la pompe en question.

- Si la source d'eau provient de l'aqueduc municipal, indique sa localisation, la dimension de la conduite et le type de conduite (cuivre type L, PVC, galvanisé, etc.). Vérifier la dimension du compteur à eau. Dans bien des cas le compteur à eau sera d'une dimension inférieure à la conduite principale (conduite $\frac{3}{4}$ de pouce = compteur $\frac{5}{8}$ de pouce). Obtenez la pression statique du réseau et si possible la pression d'opération.
- Si la source d'eau est un lac ou une rivière, indiquer la position désirée de la pompe, le type de pompe à être utilisé, la localisation de la source électrique (220 volts), l'électricité disponible (voltage et ampérage), la longueur de la ligne de succion (pour une pompe centrifuge), la hauteur de succion et la qualité de l'eau à être pompée.

Il est extrêmement important d'obtenir l'information détaillée et pertinente sur la source d'eau à être utilisé pour la conception du système. Ces informations nous permettront de déterminer :

1. la quantité d'eau disponible pour chacune des zones d'arrosage. Cela nous permettra de déterminer le nombre total de zones ;
2. le temps requis pour l'arrosage du terrain ;
3. le type de gicleurs à être utilisé ;
4. le gallonnage par minute et la pression disponible à la tête d'arrosage.

g) Les changements d'élévation

Noter les différentes élévations sur le terrain afin de pouvoir calculer les gains ou les pertes de pression à travers le système. Chaque pied d'élévation représente, 433 psi de perte ou de gain.

Le schéma précédent nous montre clairement que la surface à irriguer augmente avec le rayon d'action de gicleur tel que la surface à arroser sur une distance de dix pieds sera le double entre 40 et 50 pieds qu'entre 20 et 30 pieds et ce, pour la même distance radiale.

Notez aussi que le premier cercle d'un rayon de dix pieds aura une superficie de 300 pieds carrés tandis que le dernier segment de cercle (pour une distance radiale identique de 10 pieds) en contient 3000 pieds carrés.

Ainsi, même si le gicleur peut théoriquement être conçu pour donner une distribution constante le long de son rayon, la géométrie du cercle fera que le profil du gicleur sera tel que le taux de précipitation (pouce/heure) pour une surface donnée sera une courbe qui aura un maximum au centre du cercle et une valeur nulle au rayon d'action du gicleur.

Donc, on ne peut parler de taux de précipitation constant pour un gicleur. Cette notion intervient lorsque l'on regroupe un certain nombre de gicleurs selon une configuration donnée.

En général, les gicleurs possèdent une courbe caractéristique semblable telle que la distribution d'eau soit presque uniforme jusqu'à environ 65% du diamètre et ensuite cette courbe sera abrupte pour être à zéro au rayon d'action.

Le chevauchement des gicleurs est d'une importance capitale dans le but d'avoir un taux de précipitation constant pour une section donnée.

La figure suivante représente la distribution d'eau d'un gicleur en fonction de la distance au gicleur.

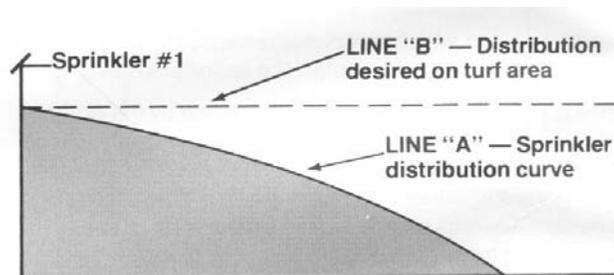


Figure 3.1 : Distribution d'eau d'un gicleur

La raison de l'importance du chevauchement est évidente car le gicleur donne une quantité d'eau moindre en s'éloignant de celui-ci (ligne A).

La ligne B est la courbe de précipitation théorique qu'on désire obtenir pour une surface donnée, dans le but d'imiter la plus naturelle.

Ainsi, dans le but d'obtenir une distribution régulière, on a recours au chevauchement tel que montre par les figures suivantes.

Positionnements des asperseurs

Positionnement type des asperseurs

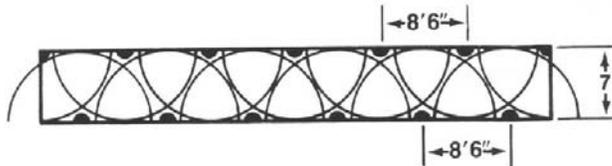


Figure 3.2 : Double rangée d'asperseurs patron carré

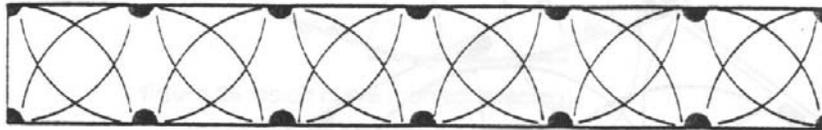


Figure 3.3 : Double rangée d'asperseurs patron rectangulaire

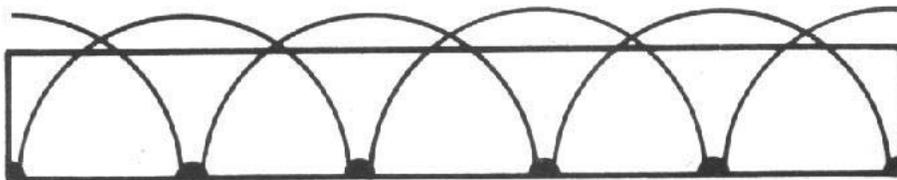


Figure 3.4 : Simple rangée d'asperseurs sur banbe étroite

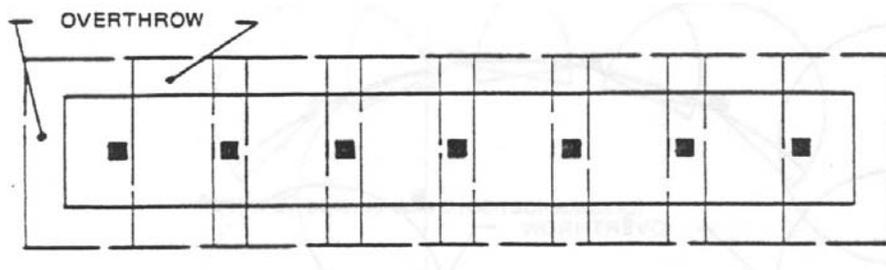


Figure 3.5 : Simple rangée d'asperseurs sur banbe étroite patron carré

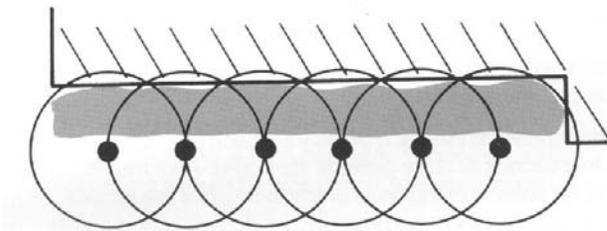


Figure 3.6 : Position des asperseurs pour ?? (hedgerow) une bordure

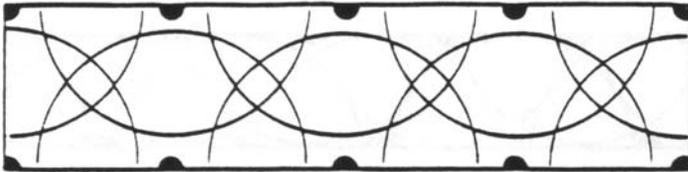


Figure 3.7 : Couverture complète de lit de fleur

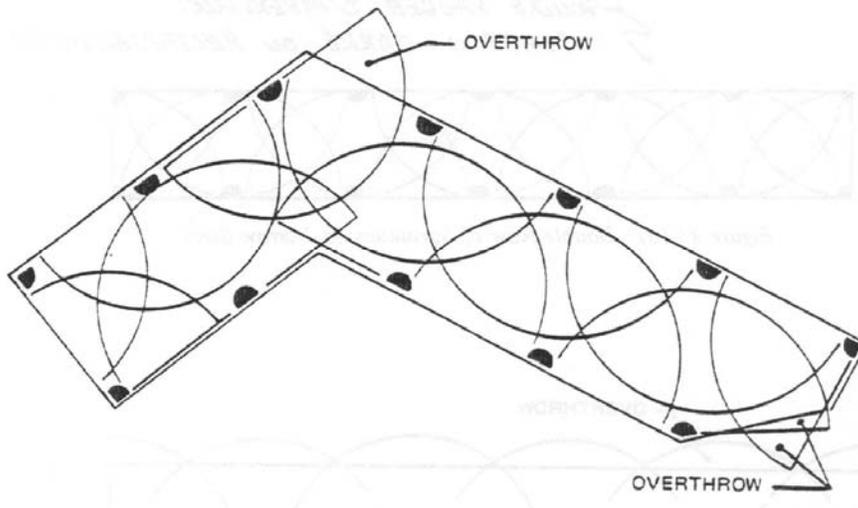


Figure 3.8 : Couverture complète d'une zone irrégulière

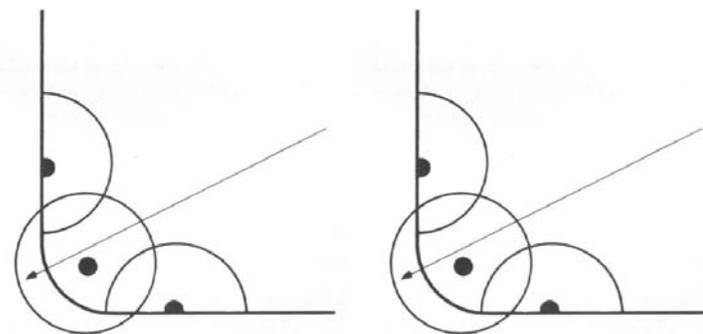


Figure 3.9 : Positionnement type des coins

Positionnement des asperseurs dans les courbes

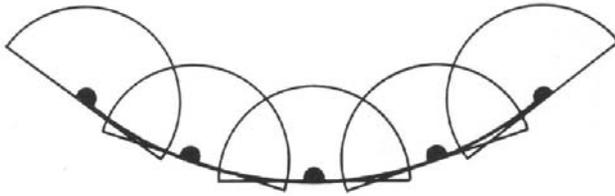


Figure 3.10 : Courbe intérieur

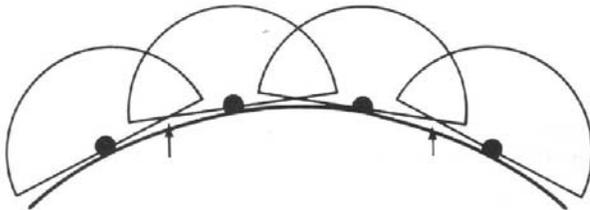


Figure 3.11 : Courbe extérieur (espacement incorrecte)

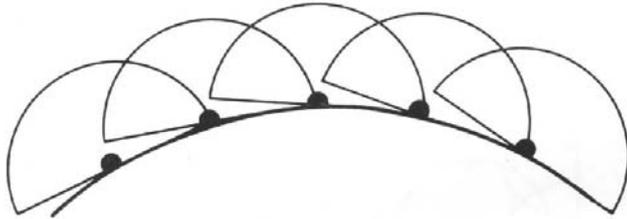


Figure 3.12 : Courbe extérieur (espacement correcte)

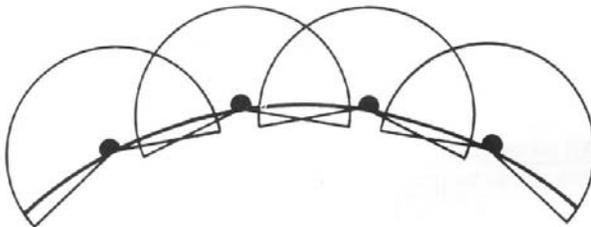


Figure 3.13 : Courbe extérieur (espacement correcte)

Positionnement en zones obstruées par des arbres et arbustes

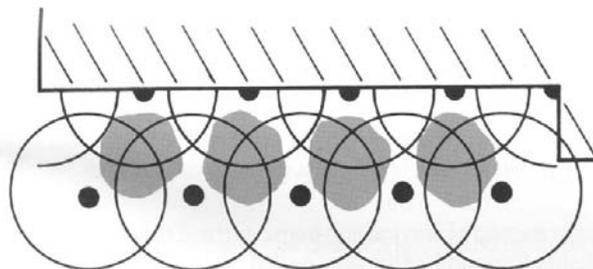


Figure 3.14 : Double rangée d'asperseurs ronds

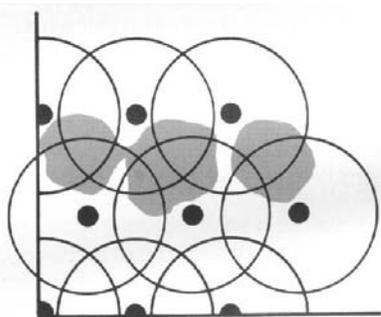


Figure 3.15 : Emplacement des asperseurs pour des plusieurs arbres

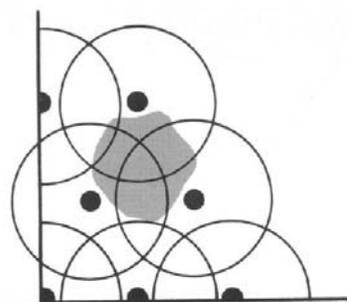


Figure 3.16 : Trois asperseurs pour arbres

Le relevé

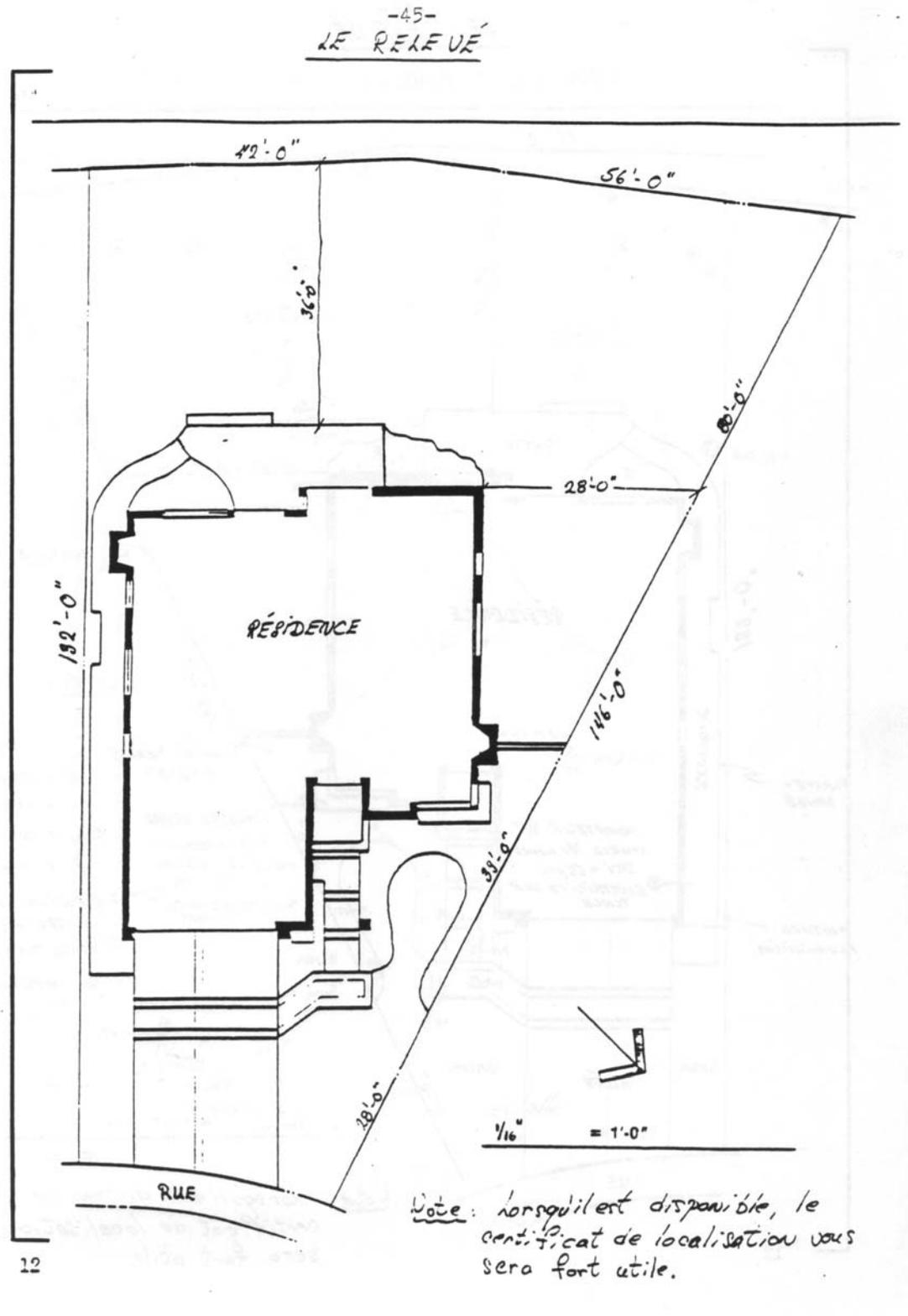


Figure 3.17 : Plan terrain - relevé

Positionnement des têtes

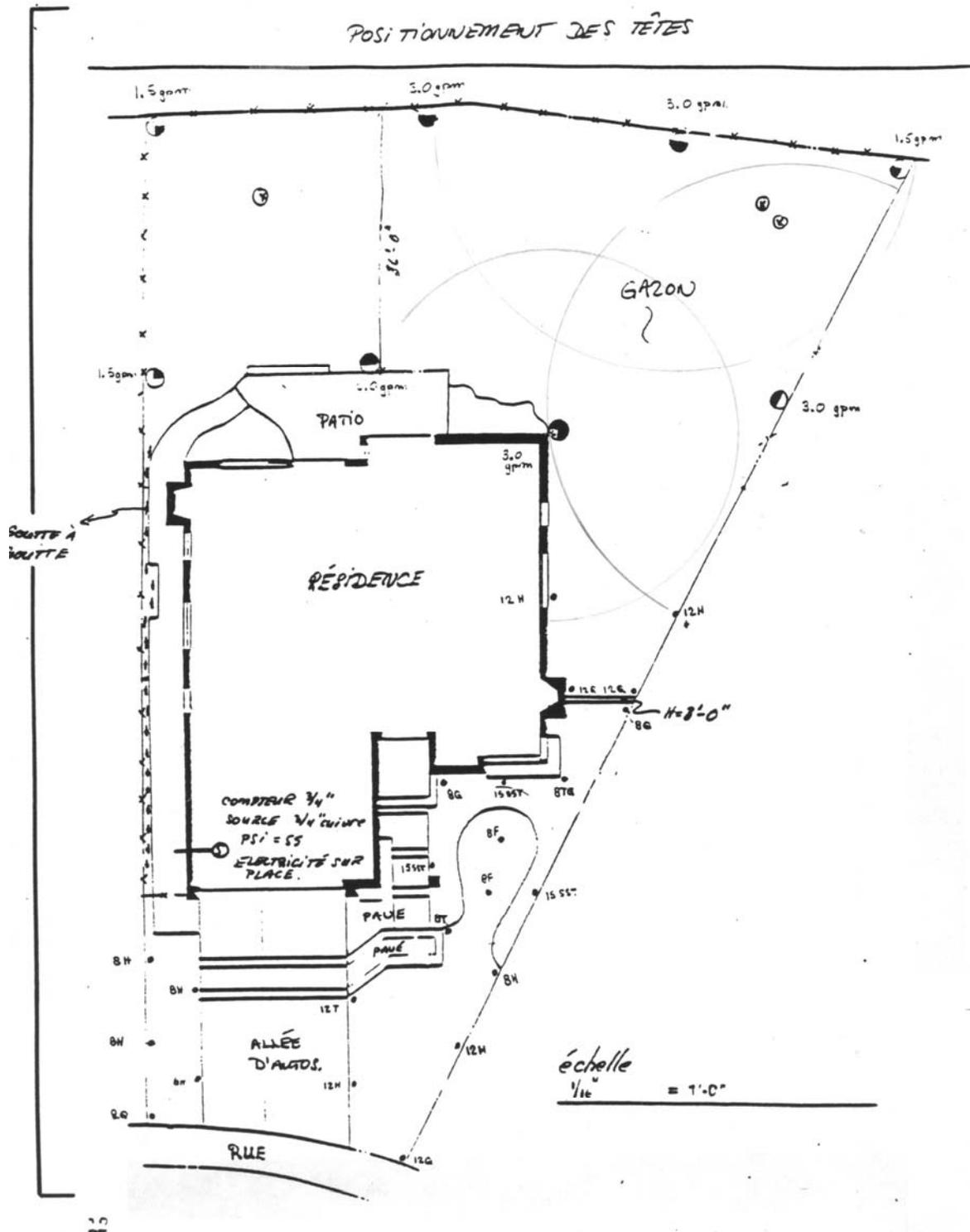


Figure 3.18 : Plan terrain - position têtes

Zonage et gaulonnage

Subdivision des circuits

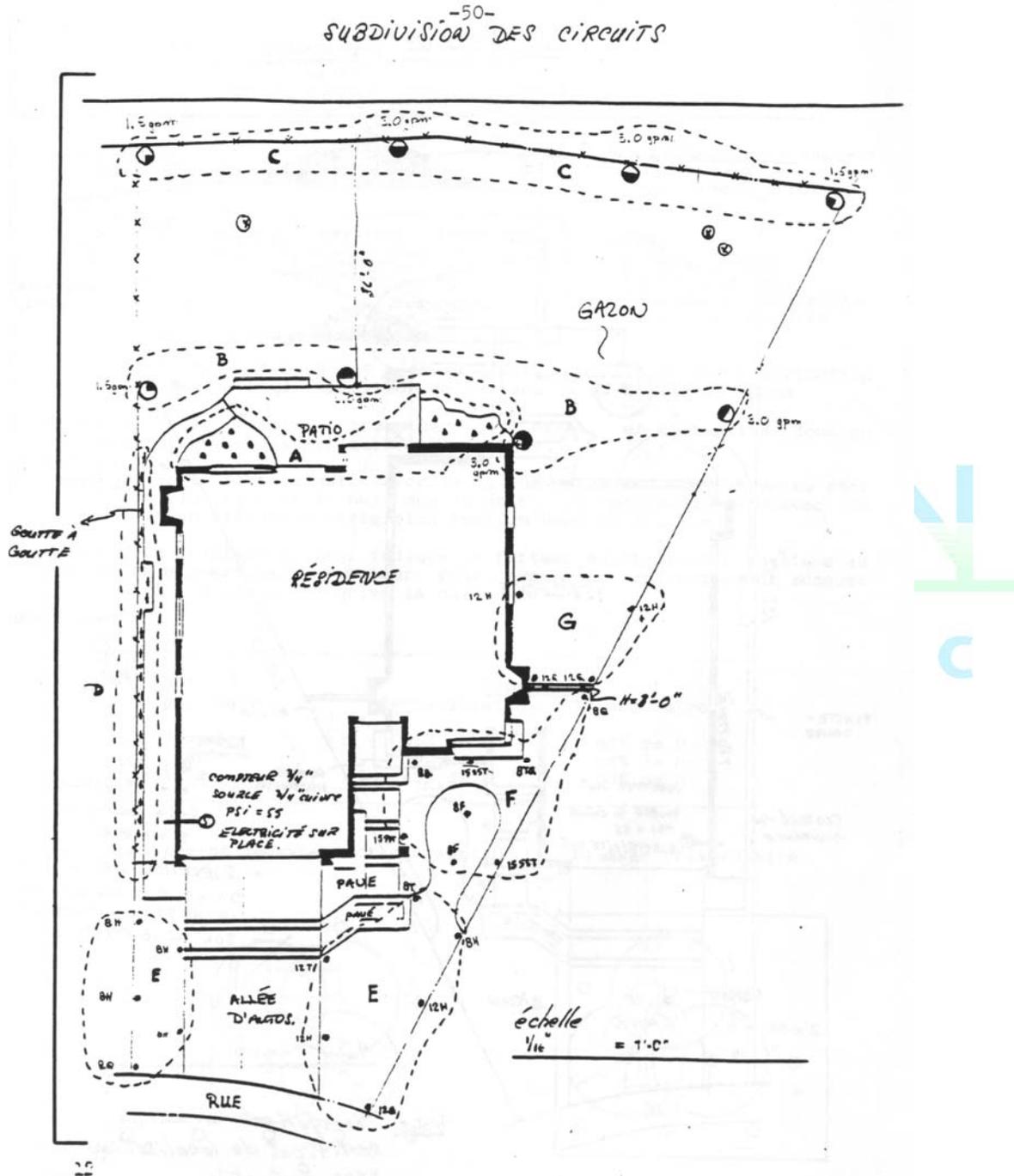
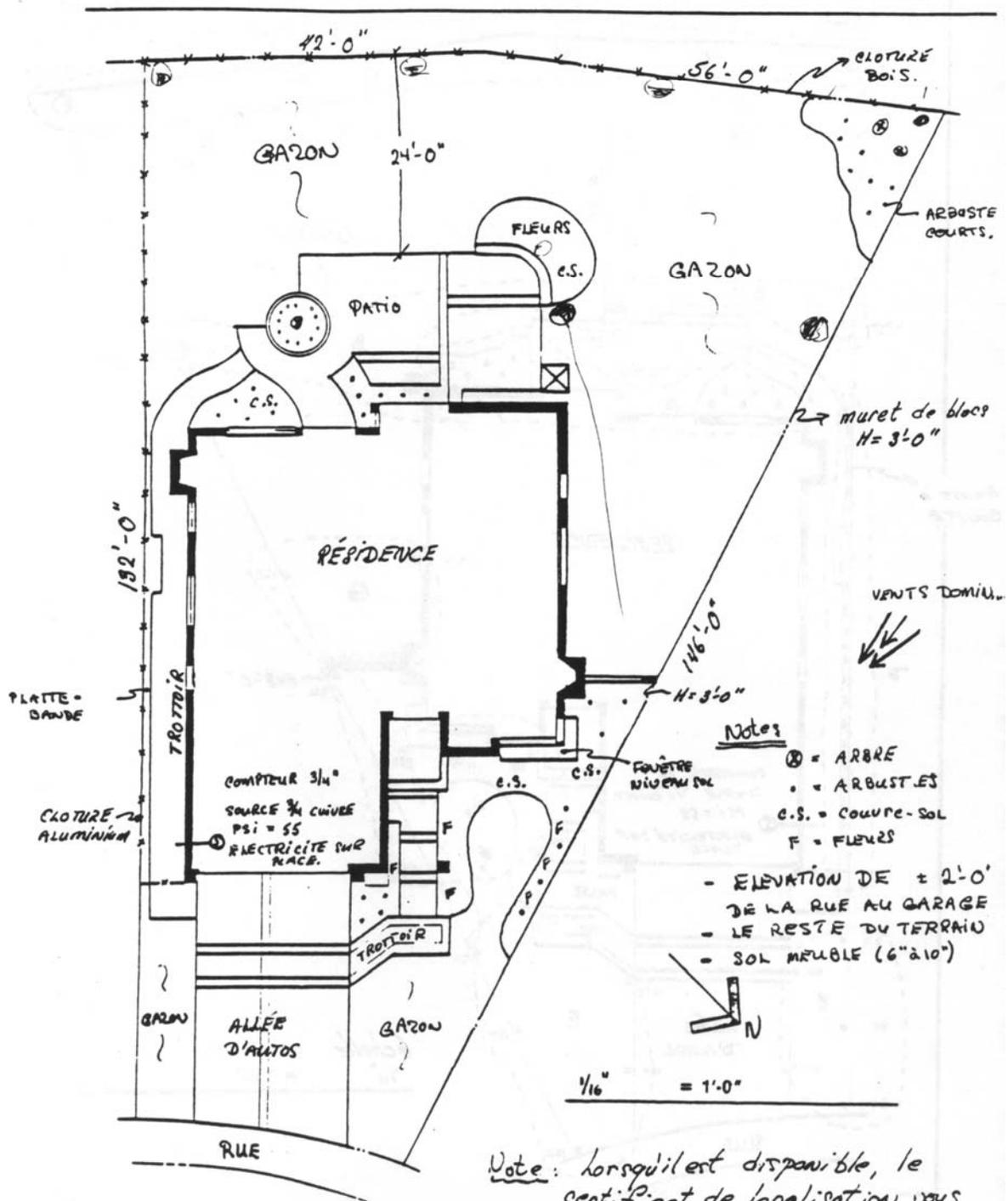


Figure 3.19 : subdivision des circuits

-51-
LE RELEVÉ / VARIANTE.



Note: lorsqu'il est disponible, le certificat de localisation vous sera fort utile.

Figure 3.20 : Plan terrain - relevé variante

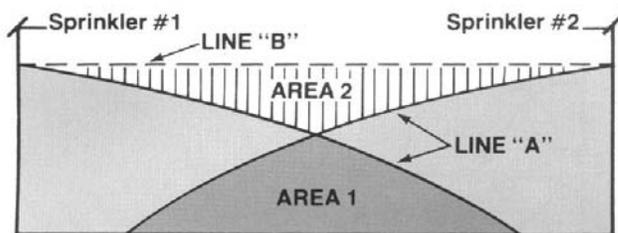


Figure 3.21 : Chevauchement adéquat des gicleurs : espacement à 50% du diamètre

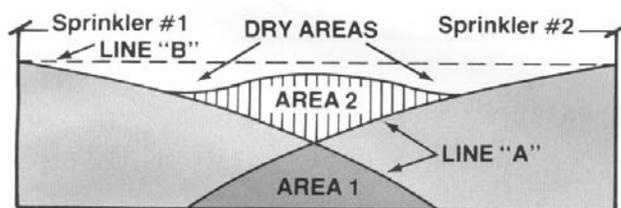


Figure 3.22 : Chevauchement inadéquat des gicleurs : espacement à 60% du diamètre

Un espacement trop grand des gicleurs résulte en une distribution variable de l'eau et apparition de surface de gazon sec et jaune.

Un vent constant tend à accentuer cet effet et nécessite donc un espacement entre les gicleurs moins grands.

Le fait d'arroser la nuit favorise le chevauchement car les vents sont toujours plus faibles la nuit que le jour. On recommande au Québec, de concevoir un système d'irrigation avec un vent de 3 à 5 mph.

Ainsi, le tableau suivant indique le facteur multiplicatif appliqué au diamètre couvert par le gicleur pour avoir un chevauchement adéquat même s'il y a une forte brise la nuit.

Tableau 3.1 : Facteur multiplicatif appliqué au diamètre

Vents Milles par heure	Espacement	
	Rectangulaire	Triangulaire
0 à 3 mph	55% de diamètre	60% de diamètre
4 à 7 mph	50% de diamètre	55% de diamètre
8 à 12 mph	45% de diamètre	50% de diamètre

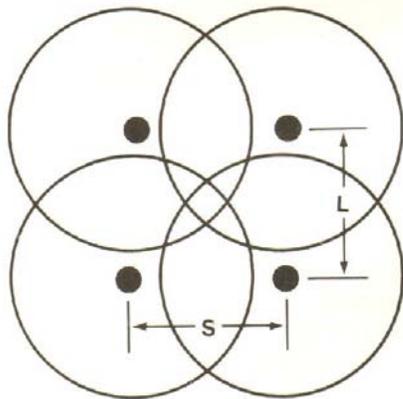


Figure 3.23 : Recouvrement de type rectangulaire

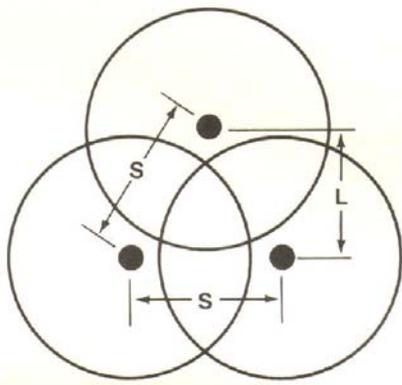


Figure 3.24 : Type triangulaire

IRRIGATION
 QUÉBEC

Calcul du taux de précipitation

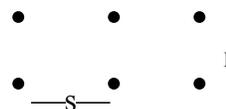
Le taux de précipitation pour une configuration donnée pour des gicleurs identiques est une indication valable afin de la comparer au taux d'absorption du sol et ainsi déterminer le taux requis pour ce secteur.

Le taux de précipitation moyen (PRM) pour une surface donnée est exprimé en pouce par heure (po./hre).

L'équation générale du taux de précipitation moyen est donnée par :

$$\text{PRM} = \frac{96.3 \times \text{gpm}}{\text{surface commune}} = \frac{96.3 \times \text{gpm}}{S \times L}$$

- où
- gpm est le débit d'un seul gicleur
- S est la distance en pieds entre chaque gicleur
- L est la distance en pieds entre chaque rangée



La constante 96.3 se doit d'être exprimée en pouces par pieds carrés par heure pour satisfaire l'équation.

$$1 \text{ gallon américain} = 231 \text{ pouces cubes}$$

$$1 \text{ pied carré} = 144 \text{ pouces carrés}$$

$$\text{et } \frac{231 \text{ po}^3/\text{gallon}}{144 \text{ po}^2/\text{pi}^2} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{hre}} = 96.3$$

Évidemment, la validité de cette formule dépend de la proportion du débit donné par chaque gicleur.

Cette formule peut s'appliquer aussi bien pour un espacement rectangulaire que pour un espacement triangulaire et à la limite à un système à simple rangée.

Pour un espacement triangulaire, il est possible de démontrer géométriquement que pour un triangle équilatéral (tous les côtés égaux) on aura que $L = 0.866 S$, tel que :

$$\text{PRM (triangulaire)} = \frac{96.3 \times \text{gpm}}{0.866 S^2}$$

Pour un système à simple rangée, il est possible d'évaluer à 65 à 80% la région d'efficacité où le taux de précipitation est sensiblement constant :

$$\text{Tel que : } \text{PRM (simple rangée)} = \frac{96.3 \times \text{gpm}}{S \times (.85 \times 2)}$$

Figure 3.25 : Aire du patron approximatif

Temps d'opération

Il est possible de calculer le temps d'arrosage requis par jour pour appliquer une certaine quantité d'eau selon une distribution uniforme tel que :

$$T = \frac{I \times 60}{\text{PRM} \times \text{DA}} \quad \text{ou} \quad \begin{aligned} I &= \text{Quantité d'eau requise en pouces par semaine} \\ T &= \text{Temps d'arrosage en minutes par jour} \\ \text{DA} &= \text{Nombre de jours disponibles pour l'arrosage par semaine} \end{aligned}$$

Différents type de gicleur

Différents types de gicleur peuvent être utilisés pour l'arrosage des terrains de golf. Voici une liste des principaux types de gicleurs qui se caractérisent par leur mode de rotation :

- par impact
- par engrenage
- par bille
- par came

Perte de charge

Hydraulique

Un des premiers facteurs à prendre en considération lors de la conception d'un système d'irrigation est le concept de l'hydraulique. Sans un bon rendement du côté hydraulique, les performances du système pourront être désastreuses. Avec quelques principes de base en hydraulique, le concepteur devrait aisément être en mesure de dessiner un système d'irrigation qui fonctionnera efficacement.

Hydraulique et système d'irrigation

Les items suivants sont à considérer lors de l'étude hydraulique du système d'irrigation :

1. Source d'eau disponible (gpm)
2. Pression statique disponible (psi statique)
3. Pression dynamique d'opération (psi dynamique)
4. Débit caractéristique suivant la tuyauterie et les valves utilisées
5. Perte de pression - Vitesse - Coup de bélier
6. Caractéristiques de la performance des gicleurs

L'importance de l'analyse hydraulique

1. Minimiser les risques financiers : En appliquant les principes d'hydraulique reconnus, on élimine le manque de précision du travail, évitant ainsi les erreurs coûteuses.
2. Produire une conception efficace : En l'absence de connaissances adéquates, le concepteur aura tendance à « *overdesigner* » pour éviter tout problème, ce qui sera coûteux pour le consommateur (propriétaire). Il s'agira donc de minimiser la marge d'erreur.
3. Éliminer le gaspillage : De plus, en l'absence de connaissance, le concepteur pourra prendre de mauvaises décisions qui pourraient résulter en un système sous design.

Notions de pression, débit et puissance

L'hydraulique n'est autre chose que le calcul de la résistance totale contre laquelle une pompe doit opérer. Les unités employées pour exprimer cette résistance sont la livre par pouce carré (*P.S.I. pour pounds per Square Inch*) et la tête (en pieds).

La relation entre la pression (psi) et la tête (pieds) est expliquée par la série d'illustrations suivantes :

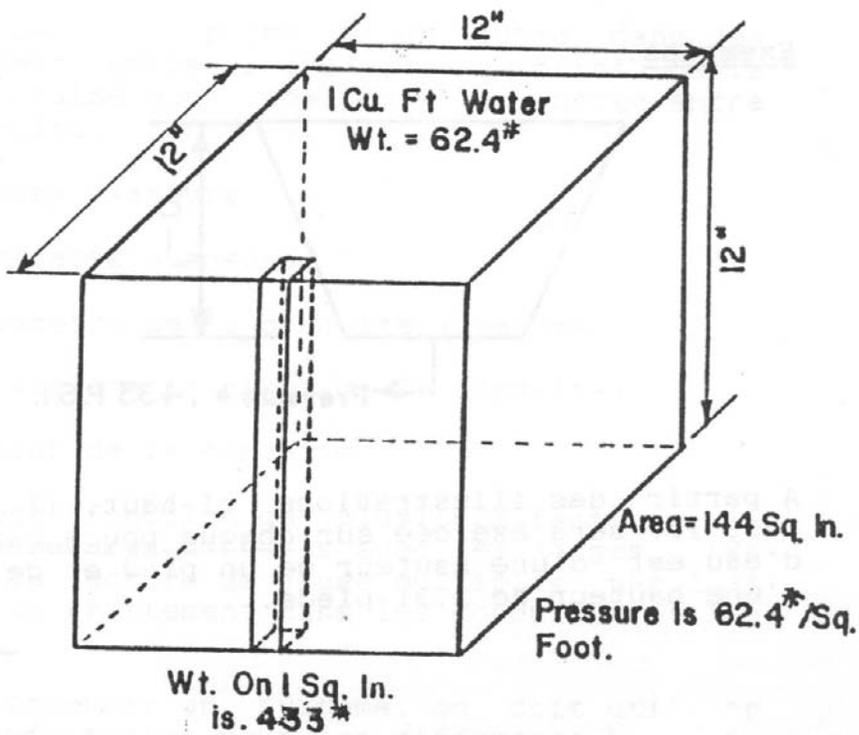


Figure 3.26 : Pression par pouce carré

Cette illustration montre que la pression sur chaque pouce carré sera indépendante de l'aire, mais seulement sous le poids de l'eau.

Note: 1 pi² d'eau pèse 62.4 lbs
 Aire de base = 144 po².
 Donc une pression de .433 livres sera exercée sur chaque pouce carré
 $\frac{62.4 \text{ lbs}}{144 \text{ po}^2} = .433 \text{ psi}$

Relation entre pression (psi) et tête (en pieds)

Une colonne d'eau d'un pouce carré d'aire et d'un pied de hauteur exercera une pression sur sa base de .433 livres.

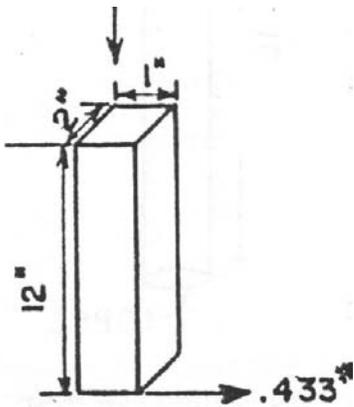


Figure 3.27 : Illustration le la relation entre pression (psi) et tête (en pieds)

En appliquant une pression de .433 psi, une colonne d'eau peut-être élevée à une hauteur de un pied.



Figure 3.28 : Illustration le la relation entre pression (psi) et tête (en pieds)

Il faut une colonne d'eau d'un pouce carré d'aire et de 2.31 pieds de hauteur d'une livre sur sa base.

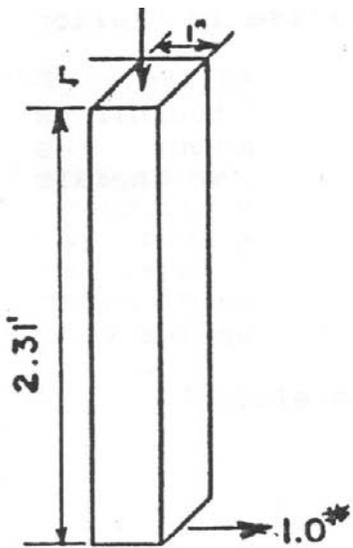


Figure 3.29 : Illustration de la relation entre pression (psi) et tête (en pieds)

Donc, une pression d'un psi peut élever une colonne d'eau d'un pouce carré d'aire à une hauteur de 2.31 pieds.

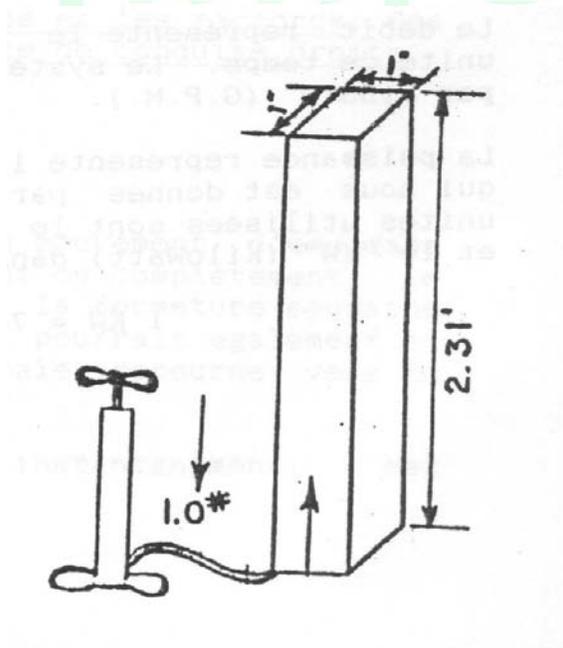


Figure 3.30 : Illustration de la relation entre pression (psi) et tête (en pieds)

La pression exercée sur la base est indépendante de la forme du récipient. La pression est affectée seulement par la hauteur de la colonne d'eau.

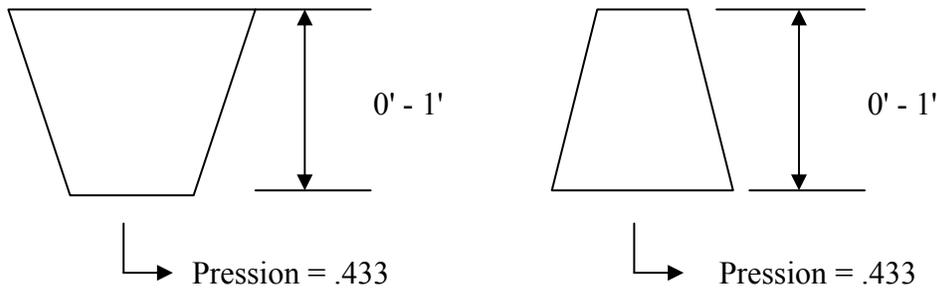


Figure 3.31 : Exemples de pression exercé sur la base

À partir des illustrations ci-dessous, il est montré qu'une pression de .433 livres sera exercée sur chaque pouce carré de la basse si la colonne d'eau est d'une hauteur d'un pied et d'une livre. Si la colonne d'eau est d'une hauteur de 2,31 pieds.

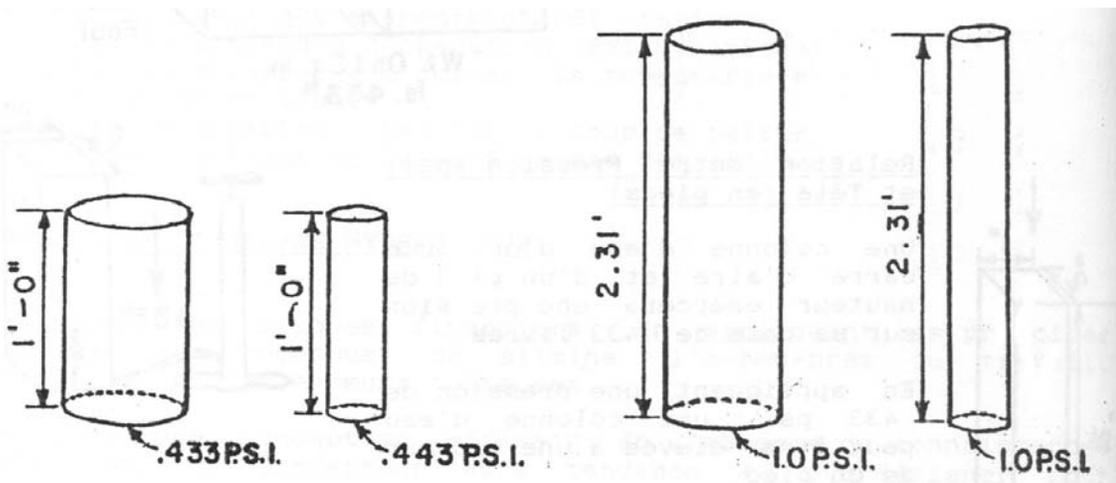


Figure 3.32 : Exemples de pression exercé sur la base

Le débit représente le volume d'un écoulement dans une conduite par unité de temps. Le système d'unités le plus courant utilise le gallon par minute (gpm).

La puissance représente la quantité d'énergie que nous devons fournir ou qui nous est donnée par unité de temps pour actionner un moteur. Leurs unités utilisées sont le « H.P. » (*Horse Poswer*) dans le système anglais et le « KW » (*kilowatt*) dans le système métrique.

$$1 \text{ KW} = 746 \text{ HP} = 1 \text{ KiloJoule}/1 \text{ seconde}$$

Frottement

Étant donné que l'eau s'écoule d'un point à un autre dans des conduites, il se crée un frottement entre l'eau et la paroi de la conduite. Ce frottement entraîne donc une perte de charge entre l'entrée et la sortie d'une conduite.

Le frottement varie selon plusieurs facteurs :

1. il augmente lorsque la vitesse augmente ;
2. il diminue lorsque le diamètre de la conduite augmente ;
3. il augmente avec la rugosité de la paroi de la conduite ;
4. il diminue avec la longueur de la conduite.

Étant donné que le frottement est fonction de plusieurs facteurs, il est recommandé de faire des mesures directes avec des jauges (en soustrayant la tête statique de la lecture de jauge multipliée par 2.31 donne la perte de charge due au frottement dans les conduites et les coudes).

Cependant, lorsqu'il s'agit de concevoir un système, on doit utiliser les tables de frottement du manufacturier pour les différents types de conduites.

Note: En calculant les pertes totales par frottement dans les conduites de succion et de décharge, les pertes dans les vannes et les raccords tout comme pour la conduite sont incluses.

Tables de pertes par frottement dans la conduite : Lire les en-têtes attentivement, les valeurs indiquées peuvent être en pieds de tête ou en psi ; également celles-ci peuvent être pour de longueurs de conduite de 100 pieds ou 1000 pieds.

Table de pertes par frottement dans les vannes et les raccords : Ces tables donnent les valeurs en longueur équivalente de conduite droite.

Coup de bélier

Un coup de bélier adviendra à chaque fois qu'un mouvement d'eau dans une conduite est stoppé, que ce soit partiellement ou complètement. Le cas le plus sérieux proviendra par exemple de la fermeture soudaine d'une vanne ou d'une panne de pompe. Ceci pourrait également se produire lorsque l'eau dans la conduite principale retourne vers la pompe avant que la vanne anti-retour ne se ferme.

Lorsque l'écoulement de l'eau est arrêté instantanément, l'eau rebondit, créant ainsi une vague de pression qui court dans la conduite. Cette vague de pression voyage dans la conduite jusqu'à ce qu'elle devienne égale à la pression qui bouge vers l'avant et rebondit alors de nouveau. Ce mouvement de va-et-vient se poursuit jusqu'à ce que cette vague de pression se dissipe. Le même principe s'applique à une balle de golf qui frappe le pavé. La balle rebondit avec une plus grande force lors de son premier bond et rebondira de moins en moins jusqu'à ce qu'elle n'ait plus d'énergie.

Cette vague de pression qui se développe dépend de la vitesse de l'écoulement et du taux auquel l'écoulement est stoppé. Sous certaines conditions, elle pourra atteindre des proportions pouvant faire éclater n'importe quelle conduite. En d'autres termes, plus la vitesse est grande, plus la pression provenant du coup de bélier sera grande. La pression due au coup de bélier est supérieure et par-dessus la pression dynamique du système et elles doivent donc être additionnées.

Par exemple, l'augmentation de pression théorique due au coup de bélier dans une conduite de PVC cédule 40 transportant 150 gpm dans une conduite de 2 ½ pouces à une vitesse de 10 pi./sec., était d'environ 190psi. Donc, assumez la pression dynamique = 100 psi + coup de bélier 190 psi = pression maximale de 290 psi. Des écoulements plus rapides augmenteraient la vitesse et s'en suivraient un plus grand coup de bélier. Pour cette raison, il est suggéré de choisir des dimensions de conduite qui n'excéderont pas une vitesse maximale de 10 pieds par seconde. Une vitesse de 5 à 6 pieds par seconde est recommandée.

Contrôle des coups de bélier

Installer des vannes anti-retour conçues pour fermer à une vitesse nulle pour des lignes relativement longues s'éloignant en pente de la pompe de même que pour les lignes plus courtes, mais en forte pente en partant de la pompe

Vanne de relâche de pression

Dans le cas où il serait nécessaire de causer des changements brusques dans la vitesse de l'écoulement, la solution la plus économique peut être une vanne de relâche de pression. Cette vanne s'ouvre à une certaine pression prédéterminée et rejette le fluide pour rétablir la pression. De telles vannes doivent être conçues et contrôlées avec soin pour fonctionner efficacement.

Réservoir de refoulement

Des réservoirs de refoulement peuvent être conçus pour contrôler efficacement des vagues positives ou négatives. En général, ils agissent en tant qu'espace d'entreposage temporaire pour le liquide en trop qui a été divergé de l'écoulement principal pour prévenir les surpressions; ou comme approvisionnement de fluide à être ajouté en présence de pressions négatives.

Poches d'air

La présence de poches d'air dans les conduites peut entraîner de sérieux problèmes d'opération.

1. L'air peut réduire la capacité de transport de la conduite à cause d'une section réduite et de la fluctuation de l'écoulement causé par les mouvements d'air.

2. Des pressions de refoulement peuvent être générées par ces fluctuations dans l'écoulement.
3. La relâche de l'air emprisonné peut causer des coups de bélier suffisants pour rompre les conduites.

Les sources de la présence d'air sont les suivantes :

1. Emprisonnement d'air là où l'eau entre dans la conduite, i.e. l'entrée de la pompe.
2. Relâche d'air dissous dans l'eau due à des changements de température et de pression.
3. L'entrée d'air par les vannes de relâche d'air ou vacuum ou disjoncteurs de siphon. Ceci se produit lorsque la pression de la conduite baisse sous la pression atmosphérique, comme pendant un refoulement négatif ou lorsqu'une portion de la ligne peut agir comme siphon.

Problèmes associés aux poches d'air

Les poches d'air sont normalement trouvées en des points hauts du réseau hydraulique pendant des taux d'écoulement faibles. À mesure que la décharge est augmentée, ces poches sont entraînées par l'eau dans les conduites et peuvent se loger en des points hauts où elles réduisent l'aire disponible pour l'écoulement. La pression dynamique doit alors être augmentée pour maintenir la même décharge. Il est donc préférable d'éliminer l'air des conduites.

Contrôle de l'air

Le réseau est sujet à la présence de poches d'air surtout lors du remplissage. Pour y remédier :

1. Les conduites doivent être étendues de façon à minimiser le nombre de points hauts. Les transitions abruptes doivent être évitées.
2. Des vannes de relâche d'air doivent être installées aux points hauts ou aux endroits susceptibles de former des poches d'air.

Pression statique et dynamique

Étant donné que la performance d'un gicleur est directement reliée à la pression à sa base, il est essentiel de concevoir le système d'irrigation sur la pression dynamique (eau qui bouge), jamais sur la pression statique (eau immobile).

La pression dynamique est toujours inférieure à la pression statique parce que l'écoulement de l'eau dans une conduite entraîne toujours une perte de pression due au frottement.

La différence entre la pression statique et la pression dynamique est la perte de charge, causée par le frottement dans les conduites hydrauliques, à cause du débit d'eau.

Perte de charge dans une conduite

Un débit d'eau dans une conduite est toujours accompagné de friction ou frottement entre les particules du fluide transportée, et la paroi de la dite conduite.

Ce frottement crée une perte de charge ou perte de pression dans la direction du débit.

Cette diminution de pression due à la pression est relative à quatre critères qui sont :

1. Vitesse de l'écoulement
2. Diamètre de la conduite
3. Longueur de la conduite
4. Rugosité de la paroi du tuyau

Ainsi, la perte de pression est complètement indépendante de la pression initiale dans la conduite. De plus, la diminution de pression est progressive et cumulative pour une conduite donnée.

La tabulation des pertes de charge telle que montrée en annexe de ce chapitre, pour le tuyau CPV de classe 160 provient d'une équation déterminée par Hazem et Williams, tel que :

$$hf = 0.2083 \frac{(100)^{1.852}}{C} \frac{Q^{1.852}}{d^{4.866}}$$

Où hf = perte de charge ou pression en (pied par pied)
 C = coefficient de Hazem Williams pour le CPV
 d = diamètre intérieur de la conduite (po)
 Q = débit (gpm)
 v = vitesse de l'écoulement (pi/sec)

Il en est de même pour les autres types de tuyaux

Évidemment, la vitesse de l'écoulement d'eau peut être compilée par l'équation générale :

$$V = 0.408 \frac{Q}{d^2} \text{ (pi/sec)}$$

Perte de pression = $hf \times 100 \text{ pi} \times 2.31$ où la longueur est fixée à 100 pieds

Dimensionnement des conduites

Les conduites et leurs attirails doivent être dimensionnés de façon à ce que le total des pertes de pression et la pression minimale requise au dernier dispositif n'excède pas la pression principale minimale disponible.

Les conduites de distribution d'eau, pour un système d'irrigation résidentiel sont de divers types de matériaux et sont habituellement conçues de façon à ce qu'une vitesse maximale de 5 pi/sec. soit respectée en tout temps, dans le réseau afin de réduire l'importance des phénomènes suivants :

- Perte de charge excessive associée à des vitesses trop grandes, car la perte de charge varie au carré de la vitesse
- Coup de béliers, associés à la fermeture subite d'une vanne ou à l'arrêt des pompes.

Choix des diamètres

Le choix initial des diamètres est en règle générale basé sur l'expérience. On estime donc le débit et on suppose une vitesse de 4 pi/sec afin de déterminer les diamètres correspondants.

Le tableau suivant indique le débit permis dans chaque conduite pour un diamètre nominal donné, et donne aussi une nomenclature des diamètres nominaux commercialisés, c'est-à-dire 1 ½, 2, 2 ½, 3, 4, 6 et 8 pouces dans le cas qui nous intéresse.

Il existe sur le marché, des conduites PVC SDR 26 dont les diamètres sont de 3.5 et 5.0 pouces, mais dont le prix est supérieur à des conduites de 4 à 6 pouces respectivement, due en grosse partie, à leur faible volume de vente.

On n'utilisera donc pas ces diamètres, critère basé strictement sur l'économie réalisée.

Le choix des diamètres optimaux est un pré-requis pour une conception adéquate du réseau hydraulique.



Friction Loss Characteristics

PVC CLASS 80 IPS PLASTIC PIPE

(1120, 1220) C=150

psi Loss Per 100 Feet of Pipe (PSI/100 ft)

PVC CLASS 80 IPS PLASTIC PIPE

Sizes 1/2" through 6" Flow 1 through 600 GPM

SIZE	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	6"
OD	0.840	1.050	1.315	1.660	1.900	2.375	2.875	3.500	4.500	6.625
ID	0.546	0.742	0.957	1.278	1.500	1.939	2.323	2.900	3.826	5.761
Wall Thk	0.147	0.154	0.179	0.191	0.200	0.218	0.276	0.300	0.337	0.432

Flow GPM	Velocity fps	psi Loss																			
1	1.36	0.81	0.74	0.18	0.44	0.05	0.24	0.01	0.18	0.01	0.10	0.00									
2	2.73	2.92	1.48	0.66	0.89	0.19	0.49	0.05	0.36	0.02	0.21	0.01	0.15	0.00							
3	4.10	6.19	2.22	1.39	1.33	0.40	0.74	0.10	0.54	0.05	0.32	0.01	0.22	0.01							
4	5.47	10.54	2.96	2.37	1.78	0.69	0.99	0.17	0.72	0.08	0.43	0.02	0.30	0.01							
5	6.84	15.93	3.70	3.58	2.22	1.04	1.24	0.25	0.90	0.12	0.54	0.03	0.37	0.01	0.24	0.00					
6	8.21	22.33	4.44	5.02	2.67	1.46	1.49	0.36	1.08	0.16	0.65	0.05	0.45	0.02	0.29	0.01					
7	9.58	29.71	5.18	6.68	3.11	1.94	1.74	0.47	1.26	0.22	0.75	0.06	0.52	0.03	0.33	0.01					
8	10.94	38.05	5.92	8.56	3.56	2.48	1.99	0.61	1.45	0.28	0.86	0.08	0.60	0.03	0.38	0.01					
9	12.31	47.33	6.66	10.64	4.00	3.09	2.24	0.76	1.63	0.35	0.97	0.10	0.68	0.04	0.43	0.01					
10	13.68	57.52	7.41	12.93	4.45	3.75	2.49	0.92	1.81	0.42	1.08	0.12	0.75	0.05	0.48	0.02	0.27	0.00			
11	15.05	68.63	8.15	15.43	4.90	4.47	2.74	1.10	1.99	0.50	1.19	0.14	0.83	0.06	0.53	0.02	0.30	0.01			
12	16.42	80.63	8.89	18.13	5.34	5.26	2.99	1.29	2.17	0.59	1.30	0.17	0.90	0.07	0.58	0.02	0.33	0.01			
14			10.37	24.12	6.23	6.99	3.49	1.71	2.53	0.79	1.51	0.23	1.05	0.09	0.67	0.03	0.39	0.01			
16			11.85	30.88	7.12	8.95	3.99	2.19	2.90	1.01	1.73	0.29	1.20	0.12	0.77	0.04	0.44	0.01			
18			13.33	38.41	8.01	11.14	4.49	2.73	3.26	1.26	1.95	0.36	1.36	0.15	0.87	0.05	0.50	0.01			
20			14.82	46.69	8.90	13.54	4.99	3.31	3.62	1.52	2.17	0.44	1.51	0.18	0.97	0.06	0.55	0.02			
22			16.30	55.70	9.80	16.15	5.49	3.95	3.98	1.81	2.38	0.52	1.66	0.22	1.06	0.07	0.61	0.02			
24			17.78	65.44	10.69	18.97	5.99	4.64	4.35	2.13	2.60	0.61	1.81	0.25	1.16	0.09	0.66	0.02			
26			19.26	75.90	11.58	22.01	6.49	5.39	4.71	2.47	2.82	0.71	1.96	0.29	1.26	0.10	0.72	0.03			
28					12.47	25.24	6.99	6.18	5.07	2.83	3.03	0.81	2.11	0.34	1.35	0.11	0.78	0.03			
30			13.36	28.69	7.49	7.02	5.43	3.22	3.25	0.92	2.26	0.38	1.45	0.13	0.83	0.03	0.36	0.00			
35			15.59	38.16	8.74	9.34	6.34	4.29	3.79	1.23	2.64	0.51	1.69	0.17	0.97	0.05	0.43	0.01			
40			17.81	48.87	9.99	11.96	7.25	5.49	4.34	1.57	3.02	0.65	1.94	0.22	1.11	0.06	0.49	0.01			
45					11.24	14.88	8.16	6.83	4.88	1.96	3.40	0.81	2.18	0.28	1.25	0.07	0.55	0.01			
50			12.49	18.09	9.06	8.30	5.42	2.38	3.78	0.99	2.42	0.34	1.39	0.09	0.61	0.01					
55			13.73	21.58	9.97	9.90	5.96	2.84	4.15	1.18	2.66	0.40	1.53	0.10	0.67	0.01					
60			14.98	25.35	10.87	11.63	6.51	3.33	4.53	1.38	2.91	0.47	1.67	0.12	0.73	0.02					
65			16.23	29.40	11.78	13.49	7.05	3.87	4.91	1.61	3.15	0.55	1.81	0.14	0.79	0.02					
70			17.48	33.72	12.69	15.47	7.59	4.44	5.29	1.84	3.39	0.63	1.95	0.16	0.86	0.02					
75			18.73	38.32	13.59	17.58	8.13	5.04	5.67	2.09	3.63	0.71	2.09	0.18	0.92	0.03					
80			19.98	43.19	14.50	19.81	8.68	5.68	6.04	2.36	3.88	0.80	2.22	0.21	0.98	0.03					
85			15.41	22.16	9.22	6.36	6.42	2.63	4.12	0.90	2.36	0.23	1.04	0.03							
90			16.32	24.64	9.76	7.07	6.80	2.93	4.36	1.00	2.50	0.26	1.10	0.04							
95			17.22	27.23	10.30	7.81	7.18	3.24	4.60	1.10	2.64	0.29	1.16	0.04							
100			18.13	29.95	10.85	8.59	7.56	3.57	4.85	1.21	2.78	0.31	1.22	0.04							
110			19.94	35.73	11.93	10.25	8.31	4.25	5.33	1.45	3.06	0.38	1.35	0.05							
120					13.02	12.04	9.07	5.00	5.82	1.70	3.34	0.44	1.47	0.06							
130					14.10	13.96	9.82	5.60	6.30	1.97	3.62	0.51	1.59	0.07							
140					15.19	16.02	10.58	6.65	6.79	2.27	3.90	0.59	1.72	0.08							
150					16.27	18.20	11.34	7.56	7.27	2.57	4.18	0.67	1.84	0.09							
160			17.36	20.51	12.09	8.51	7.76	2.89	4.45	0.75	1.96	0.10									
170			18.44	22.95	12.85	9.53	8.24	3.24	4.73	0.84	2.08	0.11									
180			19.53	25.51	13.60	10.59	8.73	3.60	5.01	0.93	2.21	0.13									
190					14.36	11.71	9.21	3.98	5.29	1.03	2.33	0.14									
200					15.12	12.87	9.70	4.37	5.57	1.14	2.45	0.16									
225			17.01	16.01	10.91	5.44	6.27	1.41	2.76	0.19											
250			18.90	19.46	12.12	6.61	6.96	1.72	3.07	0.23											
275			13.34	7.89	7.66	2.05	3.38	0.28													
300			14.55	9.27	8.36	2.41	3.68	0.33													
325			15.76	10.75	9.05	2.79	3.99	0.38													
350			16.97	12.33	9.75	3.20	4.30	0.44													
375			18.19	14.01	10.45	3.64	4.60	0.50													
400			19.40	15.79	11.14	4.10	4.91	0.56													
425			11.84	4.59	5.22	0.63															
450			12.54	5.10	5.53	0.70															
475			13.23	5.64	5.83	0.77															
500			13.93	6.20	6.14	0.85															
550			15.32	7.40	6.76	1.01															
600			16.72	8.69	7.37	1.19															

Note: Outlined area of chart indicates velocities over 5' per second. Use with caution.

Velocity of flow values are computed from the general equation $V = 4.08 \frac{Q}{d^2}$

Friction pressure loss values are computed from the equation: $hf = 0.2083 \left(\frac{100}{C} \right)^{1.852} \frac{Q^{1.852}}{d^{4.866}} \times 4.33$ for psi loss per 100' of pipe

Chapitre 4 - Les pratiques d'installation d'un système d'irrigation

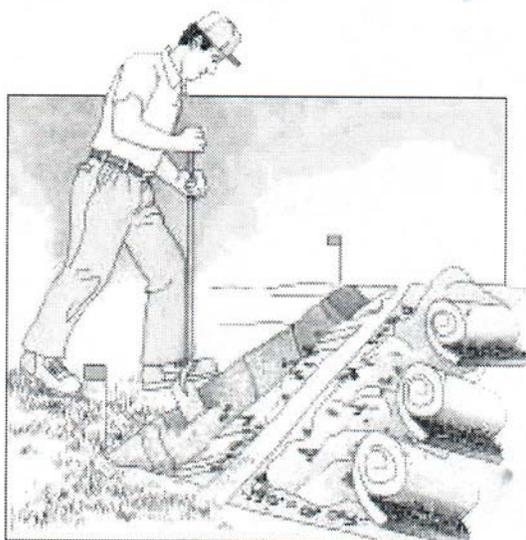
Étapes d'une installation

L'installation d'un système d'irrigation dans un aménagement paysager est toujours une opération désagréable pour le propriétaire. Le contracteur en irrigation doit avoir bien des atouts dans son sac pour démonter et refaire le pavé uni, la marche d'un escalier, le mur « Montco » ou les dormants de la plate-bande, le trottoir de pierre, le plancher de bois, etc., sans que cela ne paraisse. Que dire des paysagistes qui voient leurs plantes vivaces et leurs fleurs déterrées !

Le contracteur en irrigation se doit d'être méthodique dans sa façon d'approcher l'installation de son prochain système. Il devra d'abord localiser à l'aide de drapeaux l'emplacement des gicleurs, des boîtes de valves et la sortie de la source ou l'emplacement de la pompe.

Une fois tout cela localisé, une équipe d'hommes choisira un secteur à la fois pour installer les tuyaux et gicleurs, à moins de pouvoir mettre en marche le système la même journée pour ainsi éviter un stress trop élevé aux plantes.

Les secteurs ou les plantes sont les plus fragiles, seront épargnés jusqu'à la toute fin. Les plantes fleuries supportent très mal d'être perturbées. Tout comme le gazon retiré des tranchées, les racines des fleurs doivent être déposées sur le sol et à l'abri du soleil (figure 4.1).



Placer d'abord un plastique puis enlever la terre et creuser des tranchées entre 20 cm et 60 cm de profondeur pour la canalisation principale et de 15 à 25 cm pour les canalisations latérales.

Figure 4.1 : Dépôt des racines



ATION
B E C

Figure 4.2 : Tranchée

On replacera les plantes avec le même soin qu'un paysagiste en raffermissant la terre autour des racines et en arrosant rapidement les secteurs affectés, à moins que le système d'irrigation fonctionne dans un délai raisonnable.

Le gazon doit être remplacé de niveau avec l'aide d'un pilon en prenant garde de ne pas écraser la pelouse. S'il y a présence d'une roche nuisible, il faudra la retirer et remplir de terre compactée la cavité laissée par celle-ci. Ainsi on évitera une dénivellation éventuelle du terrain.

Pour creuser les tranchées, on utilisera une pelle carrée (voir figure 4.1) de préférence aiguisée légèrement pour couper les racines du gazon, et celle des plantes vivaces se trouvant plus profondément en terre. Il faut éviter de couper les plus grosses racines de la plante et prendre le soin de passer le tuyau entre ces mêmes racines. À l'aide d'une pelle étroite, on approfondira la tranchée jusqu'à ce que le dessus des tuyaux installés au fond de celle-ci, se retrouve à 6 pouces de la surface. Dans le cas d'une plate-bande, on considérera une tranchée d'un pied de profondeur, et de 18 pouces pour les jardins potagers.

Toutes roches ou déchets pouvant affecter les tuyaux doivent être retirés des tranchées, sinon les isoler du tuyau. Avant le remblaiement des tranchées, il faut prendre soin d'y enfouir le fil électrique de 24 volts qui relie le contrôleur à la boîte de valves.

Chantier simultané d'irrigation et d'aménagement paysager

L'installation se fait souvent des années après l'aménagement paysager, quoique de plus en plus les contracteurs en irrigation coordonnent leurs efforts avec les contracteurs paysagistes sur un même chantier. Pour assurer le succès d'un projet conjoint, il faut que chacune des équipes communique bien entre elles et respecte leurs échéances.

De la part du contracteur en irrigation, quelques règles bien adaptées à cette situation, lui permettront de voir à l'installation sans trop perdre son efficacité et la rentabilité du projet. Les chantiers d'aménagement paysager évoluent plus lentement que les chantiers d'irrigation. Pour une propriété moyenne de 70 pieds par 100 pieds on réduira à une ou deux personne(s) l'équipe d'irrigation pour que celle-ci puisse suivre graduellement l'évolution du chantier du paysagiste. Par exemple, l'installation ne prendra pas une journée ou deux, mais jusqu'à 6 jours de travail, tout dépendant de la complexité de l'aménagement et du système d'irrigation.

L'avantage de pouvoir suivre le chantier au jour le jour, en ayant qu'une personne sur le chantier permet premièrement de ne pas interférer avec les travaux du paysagiste et de ses employés. Deuxièmement, effectuer les transformations au fur et à mesure que l'aménagement, souvent modifié, évolue. Troisièmement, voir à ce que le matériel ne soit pas endommagé ou déplacé. Enfin, intervenir au bon moment comme pour la pose d'un manchon avant la réalisation d'un trottoir ou l'installation des tuyaux sous terre avant le remplissage de terre, etc.

Dans certains cas, un tel suivi peut ne pas être possible. Dans ce cas, il existe toujours un ordre à suivre que tout bon paysagiste comprendra. Dans la mesure du raisonnable, les tuyaux devraient toujours être installés après que le nivellement du terrain ait été accompli, à moins qu'il n'y manque que deux ou trois pouces de terre noire.

L'installateur du système d'irrigation doit absolument s'informer ou s'assurer auprès du paysagiste du niveau final du terrain pour qu'il n'ait pas à remonter ou redescendre inutilement les gicleurs installés, pour ensuite niveler une deuxième ou une troisième fois le terrain.

À la pose des gicleurs d'un nouvel aménagement, on prendra soin de couvrir les gicleurs d'un plastique pour ne pas qu'à la pose de la pelouse, ils se remplissent de terre. Aussi on laissera le gicleur sortir de ½ pouce du niveau de la terre (figure 4.3) avant qu'elle soit recouverte de l'épaisseur de la pelouse. Le retrait du plastique se fera peu avant de nettoyer les conduites du système. Cette opération s'effectue en laissant l'eau évacuer la terre pouvant être logée dans les tuyaux. Les buses des petits gicleurs seront retirées et dans les cas des gros gicleurs, on retirera l'arbre de son caisson

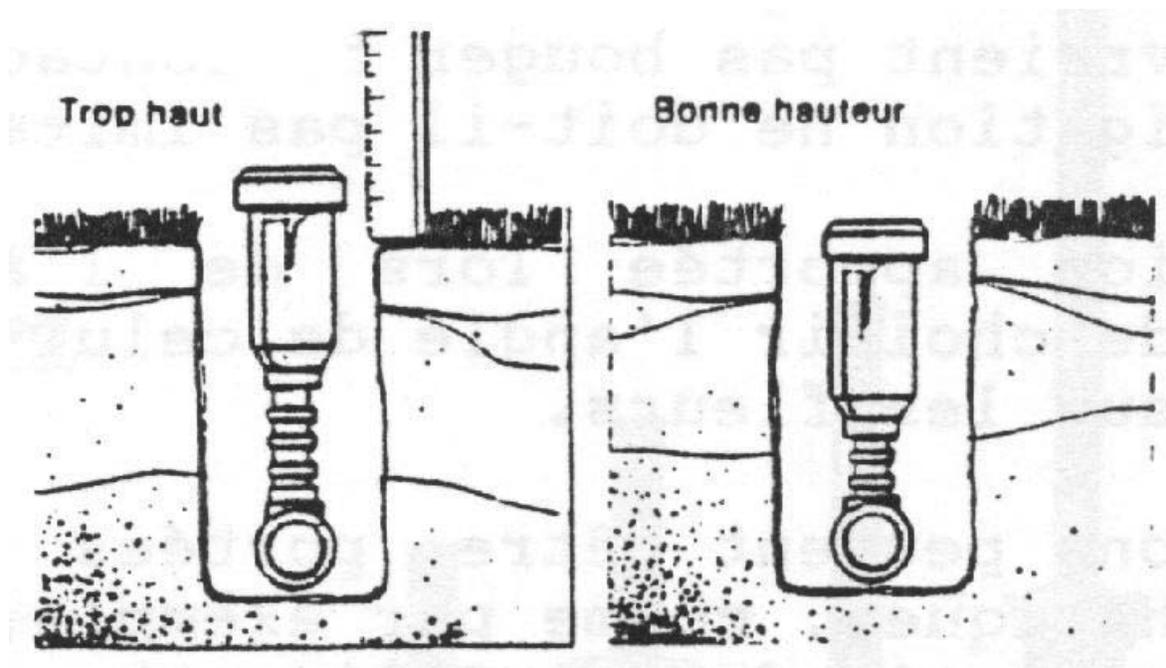


Figure 4.3 : Pose des gicleurs - hauteur

Finition

Le nettoyage du terrain est normalement l'avant dernière tâche avant l'ajustement des gicleurs. Le nettoyage consiste à rendre incognito le passage de l'équipe d'installation. Tout doit être ramassé : mottes de terre, roches, gaines de fils électriques, bouts de tuyaux, etc. Les plates-bandes et le gazon doivent être raclés légèrement pour leur donner une apparence impeccable.

L'ajustement des gicleurs

Le gicleur ou l'asperseur, peut-être choisi parmi plusieurs catégories et modèles. De plus, chaque gicleur émet un volume d'eau différent. Enfin, la configuration du jet peut varier d'une catégorie de gicleur à une autre. Dans l'ajustement d'un gicleur, on doit bien sûr respecter les règles imposées à la conception du plan telles que le choix du type de gicleur, et la buse correspondante à un débit prédéterminé.

Ceci dit, il existe encore ou il devrait exister pour l'installateur, une marge de manœuvre raisonnable pour qu'il puisse choisir le type de jet autant que la configuration de celui-ci et en voici quelques raisons. D'abord, comme principe de base, on comprendra qu'un système d'irrigation approvisionne les plantes en eau, et ne doit pas nuire à celles-ci en les noyant ou en les abîmant avec des jets d'eau trop forts, leur causant la perte d'aiguilles, de pétales, etc.

Par exemple, il est fortement recommandé de ne pas mettre un jet direct près d'un sapin, d'un arbuste feuillu ou d'une fleur pour ne pas endommager ceux-ci. En fait, les plantes et arbustes ne devraient pas bouger au contact d'un jet d'eau. Le système d'irrigation ne doit-il pas imiter la pluie !

Une autre attention apportée lors de l'ajustement du jet d'arrosage sera de choisir l'angle de celui-ci pour éviter un arrosage par-dessus les fleurs.

D'autres attentions peuvent être portées pour des raisons pratiques et esthétiques, comme par exemple, éviter d'arroser le trottoir qui pourrait devenir glissant, une fenêtre, etc.

Pour l'ajustement d'un gicleur, on peut diminuer la longueur du jet du gicleur soit en changeant la buse et par le fait même le débit du gicleur, mais surtout en réduisant le rayon d'action du jet. Cela affectera un peu le recouvrement de la zone mais épargnera la ou les plante(s). Pour les gicleurs à petit rayon d'action, la plupart des fabricants offrent un choix impressionnant de buses qu'il ne faut surtout pas hésiter à utiliser. Tous les choix sont possibles entre différents angles, débit, longueur du rayon, type de jet et configuration (figure 4.4).

SRS		Model 7A		Model 10A		Model 12A		Model 15A		Model 17A	
Adjustable from 25° to 360°		Radius: 7 ft. Trajectory: 0° Color Code: Brown ●		Radius: 10 ft. Trajectory: 15° Color Code: Red ●		Radius: 12 ft. Trajectory: 28° Color Code: Green ●		Radius: 15 ft. Trajectory: 28° Color Code: Black ●		Radius: 17 ft. Trajectory: 28° Color Code: Gray ●	
Arc	Pressure PSI	Radius ft.	Flow GPM	Radius ft.	Flow GPM	Radius ft.	Flow GPM	Radius ft.	Flow GPM	Radius ft.	Flow GPM
45°	20	7'	0.17	10'	0.17	12'	0.27	14'	0.39	16'	0.48
	25	7'	0.19	10'	0.19	12'	0.28	15'	0.44	17'	0.56
	30	7'	0.24	11'	0.24	13'	0.36	16'	0.46	18'	0.60
	35	8'	0.26	11'	0.26	14'	0.38	16'	0.52	18'	0.63
	40	9'	0.37	12'	0.37	15'	0.42	17'	0.57	19'	0.69
90°	20	7'	0.34	10'	0.34	12'	0.53	14'	0.77	16'	0.97
	25	7'	0.39	10'	0.39	12'	0.56	15'	0.88	17'	1.13
	30	7'	0.49	11'	0.49	13'	0.71	16'	0.93	18'	1.20
	35	8'	0.51	11'	0.51	14'	0.76	16'	1.03	18'	1.25
120°	20	7'	0.45	10'	0.45	12'	0.71	14'	1.03	16'	1.29
	25	7'	0.52	10'	0.52	12'	0.75	15'	1.17	17'	1.50
	30	7'	0.65	11'	0.65	13'	0.95	16'	1.24	18'	1.61
	35	8'	0.68	11'	0.68	14'	1.02	16'	1.37	18'	1.67
180°	20	7'	0.68	10'	0.68	12'	1.07	14'	1.54	16'	1.94
	25	7'	0.78	10'	0.78	12'	1.12	15'	1.75	17'	2.25
	30	7'	0.97	11'	0.97	13'	1.42	16'	1.86	18'	2.41
	35	8'	1.02	11'	1.02	14'	1.52	16'	2.06	18'	2.50
240°	20	7'	0.91	10'	0.91	12'	1.42	14'	2.06	16'	2.58
	25	7'	1.04	10'	1.04	12'	1.50	15'	2.34	17'	3.00
	30	7'	1.30	11'	1.30	13'	1.90	16'	2.48	18'	3.21
	35	8'	1.36	11'	1.36	14'	2.03	16'	2.75	18'	3.34
270°	20	7'	1.02	10'	1.02	12'	1.60	14'	2.31	16'	2.90
	25	7'	1.17	10'	1.17	12'	1.68	15'	2.63	17'	3.38
	30	7'	1.46	11'	1.46	13'	2.14	16'	2.79	18'	3.61
	35	8'	1.53	11'	1.53	14'	2.29	16'	3.09	18'	3.76
360°	20	7'	1.36	10'	1.36	12'	2.13	14'	3.08	16'	3.87
	25	7'	1.56	10'	1.56	12'	2.24	15'	3.50	17'	4.50
	30	7'	1.95	11'	1.95	13'	2.85	16'	3.71	18'	4.82
	35	8'	2.04	11'	2.04	14'	3.05	16'	4.12	18'	5.01
40	9'	2.92	12'	2.92	15'	3.35	17'	4.54	19'	5.51	

Figure 4.4 : Type de jet

Une autre façon de déterminer la qualité d'un jet d'arrosage est d'utiliser un compensateur de pression ajouté entre le mamelon et le gicleur. Ce dispositif qui ressemble à un *washer* empêche une pression trop forte et par le fait même, contrôle le débit ce qui permet une qualité optimale du jet. Ce dispositif peut être utilisé pour uniformiser l'ensemble des jets d'arrosages sur une même ligne. Il existe un choix de compensateur de pression approprié au besoin.

Le raccordement et l'installation d'un gicleur

Pour joindre un gicleur au raccord ou *saddle tee*, il faut visser un *nipple* (mamelon) de PCV (Poly chlorure de vinyle) entre les deux. Les manufacturiers nous suggèrent d'utiliser un ruban de Téflon pour assurer l'étanchéité, cependant, la nécessité de cette pratique peut être mise en doute pour la fixation des gicleurs au sol.

Toutefois, le mamelon de PCV est préférable au mamelon galvanisé qui rouille ou celui de plastique qui peut ne pas être assez ferme. Le gicleur devra être vissé sur le raccord jusqu'à entendre la résistance au vissage.

Une façon moins commune de raccorder un gicleur au tuyau serait d'utiliser un tuyau souple *funny pipe* permettant au gicleur d'être installé sans résistance à n'importe quel recoin, en plus de permettre la souplesse nécessaire pour supporter n'importe quel poids. Ce type de raccordement est idéal lorsque fait sur un tuyau de PCV, ce dernier étant moins flexible que le tuyau de polyéthylène.

Les buses et gicleurs sur tige pour plates-bandes

Ces gicleurs sont généralement utilisés lorsque la végétation obstrue la trajectoire normale du jet d'un gicleur. Ce genre de conditions se retrouve plus souvent qu'autrement, dans les plates-bandes ou rocailles.

Les buses et les gicleurs sur tige demandent le même soin d'installation que les gicleurs pour gazon. Par contre, les gicleurs sur tige nécessitent une base, de préférence en tuyau galvanisé pour solidifier l'emprise de la tige au sol ainsi que de lui préserver son niveau.

Pour des raisons d'esthétisme et des raisons pratiques, des gicleurs de 6 ou 12 pouces escamotables ont été créés par plusieurs manufacturiers. Ils sont bien appréciés dans les plates-bandes ou les rocailles, là où normalement les tiges peuvent gêner l'apparence d'un aménagement. Ils sont aussi pratiques puisque l'on risque moins de les accrocher et les abîmer. Par exemple, le long d'un trottoir ou d'une entrée de garage, une tige pourrait se faire casser par des pelles l'hiver ou plier sous le poids d'un banc de neige.

Pour ces gicleurs, les soins à apporter sont plus particuliers en ce qui regarde le raccordement. Ils peuvent être raccordés de deux façons, soit sur le côté ou idéalement par le dessous à la culasse. Le raccordement par le côté est bien plus facile que le raccordement par la culasse. Par contre, s'il n'est pas raccordé par le dessous, on doit visser à la culasse une valve de vidange (figure 4.5). Celle-ci doit elle-même reposer sur du gravier de plusieurs pouces d'épaisseur. Idéalement on ajoutera une protection supplémentaire au

drain à l'aide d'un tuyau suffisamment long (3,4 cm) pour que ce même drain repose à l'air libre.

Le raccordement par le dessous du gicleur nécessite une tranchée bien plus profonde (40 cm) et plus longue (2m) et même davantage dans le cas du tuyau de PCV.



16A-FDV

Figure 4.5 : Culasse d'une valve de vidange

Toutefois, le raccordement par le dessous assure que l'expulsion de l'eau lors de la fermeture d'hiver soit complète, alors que la valve de vidange pourrait possiblement manquer de fonctionner. De plus, le gicleur devrait dépasser de 2 à 3 cm la surface de la plate-bande. Cela permettra aux hommes d'entretien de les reconnaître plus rapidement et par le fait même d'éviter lors de l'entretien des plates-bandes de les enterrer, ce qui pourrait affecter leur fonctionnement.

La saison hivernale se trouve parmi les facteurs extérieurs qui nous force à changer l'emplacement idéal des gicleurs. Comme par exemple, les gicleurs le long des trottoirs publics devraient être placés à 1 pied de celui-ci. Sinon, le dessus du gicleur devrait être protégé par le rebord plus haut du trottoir. Ceci est valable partout où le propriétaire doit déblayer l'hiver.

Pour éviter l'écoulement de l'eau par le gicleur se trouvant le plus bas dans un même secteur, on ajoutera à ce gicleur un clapet anti-retour. Ce dispositif évitera un écoulement d'eau pouvant être nuisible à long terme à la survie de certaines plantes, désagréable pour les piétons et saura éviter un bruit d'air comprimé au départ de l'arrosage.

Le choix d'un gicleur silencieux n'est pas négligeable non plus si le bénéficiaire du système est incommodé par le bruit d'un gicleur-impact.

L'entretien des gicleurs

Périodiquement, à toutes les deux saisons, parfois plus souvent pour les systèmes avec pompe, on doit vérifier la propreté des filtres.

Il s'agira alors d'en vérifier un ou deux par secteur pour avoir une bonne idée de l'état des filtres de l'ensemble du réseau. Un filtre sale ou inexistant est une source de problème puisqu'il diminue le jet d'arrosage ou peut boucher partiellement la buse.

Tous les gicleurs peuvent un jour ou l'autre connaître un problème au niveau de l'arbre situé à l'intérieur du corps du gicleur. Ceci est causé par excès de terre ou de sable sur le

gicleur. Celui-ci peut rester bloqué et ne plus redescendre ou monter suffisamment. Dans ce cas il faut souvent retirer l'intérieur du gicleur, le nettoyer à l'eau, peut-être même utiliser un savon doux.

Parce que chaque gicleur a ses particularités, il connaît à long terme des problèmes qui lui est propre. Les gicleurs de type impact (figure 4.6), par exemple, vont souvent se retrouver remplis d'herbe à l'intérieur de leur caisson ce qui ralentira sa motion allant même jusqu'à l'immobiliser.



Figure 4.6 : Gicleur type impact

Pour éviter tout cela, le gicleur de type impact ne doit pas être installé trop profondément et il est fortement recommandé d'utiliser une jupette (figure 4.7) permettant de prévenir l'herbe et d'autres déchets de se glisser à l'intérieur du gicleur.



Figure 4.7 : Gicleur type impact avec jupette

Une autre réparation sur le gicleur du type impact est le remplacement du ressort qui permet à celui-ci d'arroser dans les deux sens. Bien souvent le gicleur à ce stade-ci se fait vieux. Souvent le gicleur avec le nouveau ressort ne tourne plus comme un neuf à cause des rondelles usées de l'arbre de l'asperseur.

Les gicleurs silencieux (figure 4.8) ont aussi leur problème. Ils sont plus fragiles en ce qui a trait à leur tête tournante. Forcer dans le sens contraire pendant leur fonctionnement peut provoquer un bris du fonctionnement interne.



Figure 4.8 : Gicleurs silencieux

Les ajustements se faisant sur le dessus du gicleur, ces mêmes petits trous peuvent s'obstruer de saleté. À l'aide d'une aiguille on arrive cependant à les nettoyer facilement. L'ajustement de l'angle est un peu plus difficile ou plus long pour le novice ; détail rapidement résolu avec l'expérience.

Le coût de la main d'œuvre au Québec et un certain manque de pièces chez les fournisseurs font qu'il est moins onéreux de remplacer les gicleurs au complet plutôt que de remplacer la pièce brisée. La différence de prix est minime pour le client qui, de toute façon, est plus avantagé avec un gicleur neuf qu'un gicleur remis à neuf.

L'assemblage de valves et la boîte de valves

Les valves utilisées dans un assemblage sont dans la grande majorité des cas des valves hydrauliques avec solénoïde pouvant être reliés au contrôleur. Le contracteur a à choisir entre deux modèles de valves hydrauliques, l'une à couvercle fixé par des vis et l'autre au couvercle vissable.

Ces valves sont très fiables à moins d'être affecté dans leur fonctionnement par un corps étranger.

L'assemblage d'un ensemble de valves, dans une même boîte, peut se faire de deux façons.

Les deux méthodes utilisent des raccords de PCV moins coûteux et plus faciles à travailler que le cuivre ou le galvanisé.

Une première façon de raccorder les valves se fait au moyen d'une colle et apprêt pour PVC (figure 4.9) en suivant les mêmes précautions qu'au collage de tuyaux et raccords de PCV expliquées plus loin. Cette méthode est rapide mais offre un inconvénient s'il y a un besoin de modifier l'assemblage au dernier moment.

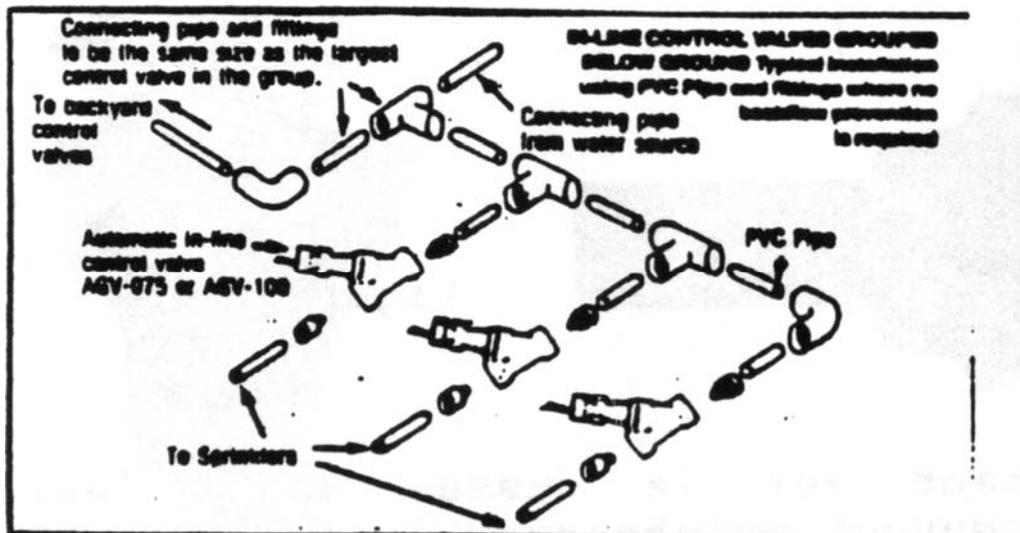


Figure 4.9

Par contre, une deuxième méthode suggérée utilise toujours des raccords de PCV mais plutôt que de coller les valves, elles peuvent être vissées au raccord à l'aide d'un mamelon bien enrobé de Téflon pour en assurer l'étanchéité. Cette méthode assure une certaine flexibilité permettant aux valves de l'assemblage de suivre plus facilement les différentes profondeurs des tuyaux installés.

Une fois l'assemblage complété, il faut installer ce dernier dans un endroit stratégique, de façon à se rapprocher des sections d'arrosage que les vannes alimentent.

Une valve devrait se situer idéalement au point le plus central de sa section d'arrosage. Cependant dans le cas d'un assemblage qui regroupe deux valves et plus, ce même assemblage devra être installé de façon à se rapprocher le plus des zones qu'elles desservent.

L'installation d'une boîte de valves nécessite quelques précautions. Elle devra être accessible (figure 4.10) pour le service (nettoyage ou retrait d'une vanne), placée au haut d'une pente et loin d'une gouttière ou de tout autre endroit où l'eau s'accumulera ; un endroit bien drainé est idéal.



ATION
B E C

Figure 4.10 : Installation d'une boîte de valves

Enfin pour des raisons esthétiques on essaiera de cacher la boîte derrière un arbre, un arbuste, un cabanon de manière à la rendre moins visible. Au cas où on devrait retirer une valve de la boîte, voici comment on procédera.

Il faudra d'abord creuser au-dessus du tuyau se trouvant en aval de la valve. En s'assurant que la source d'eau du système a été fermée, on coupe le tuyau se rendant à la valve pour ensuite dévisser la valve de l'assemblage.

On remarquera ici que le dévissage se fera d'autant plus facilement si les valves ne sont pas trop rapprochées les unes des autres et que l'assemblage soit effectué avec des mamelons plutôt collés.

Pour mettre en place une boîte de valves, on creusera un trou de façon à ce que l'apparence finale de la boîte installée ne soit que celle du couvercle au niveau du gazon. Les trous de la boîte permettant le passage des tuyaux peuvent être facilement réalisés à l'aide d'une perceuse ayant le diamètre approprié ou à l'aide d'une scie sauteuse.

Au moment d'enterrer la boîte, il faudra s'assurer de boucher les trous existants à l'aide du surplus de gazon ou autres matériaux ne provoquant pas l'usure des tuyaux.

Tuyaux et mode de raccordement

Les tuyaux utilisés pour l'installation d'un système d'irrigation sont principalement fabriqués de polyéthylène ou de PCV. Les tuyaux de polyéthylène se raccordent de plusieurs façons. Principalement avec des raccords insérés à l'intérieur du tuyau (figure 4.11), le tout sera solidifié par un collier de serrage de type vissé ou pincé.

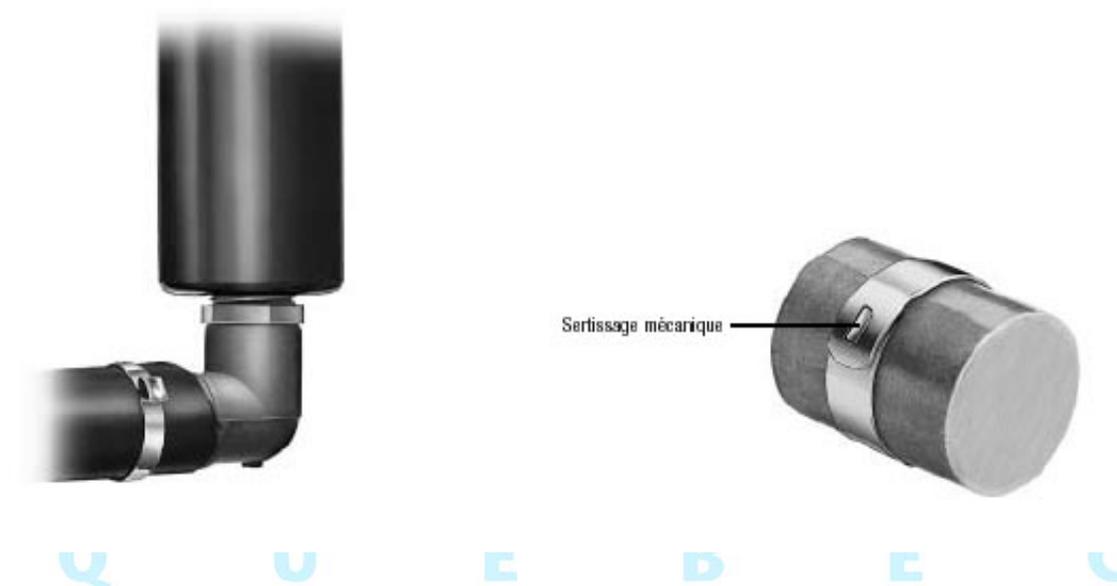


Figure 4.11 : Collier de serrage

Le collier devra être serré à $\frac{1}{2}$ pouce du bout du tuyau qui lui, recouvre complètement la partie insérable du raccord. De cette façon, le collier serre au-dessus des anneaux d'adhérence du raccord.

Les raccords fabriqués de Nylon ou polymère sont plus faciles à travailler mais sont moins solides et n'adhèrent pas autant aux parois intérieures des tuyaux que les raccords fabriqués en PCV. Pour les plus gros diamètres de tuyaux 1 $\frac{1}{2}$, 2 pouces et plus, il est préférable d'utiliser les raccords de PCV.

Les colliers vissés sont excellents pour les tuyaux de moins de 2 pouces (figure 4.12). Au-dessus de 1 $\frac{1}{2}$ pouces, les colliers en acier ou en acier inoxydable ne sont généralement pas assez forts pour compresser efficacement le tuyau autour du raccord. Trop souvent la vis n'assurera pas un serrage adéquat.

Un collier vissé en acier rouillera rapidement et un empêchera ainsi sa réutilisation. Le collier en acier inoxydable s'oxydera, bien qu'il soit réutilisable même après plusieurs mois en terre. Un collier inoxydable sans vis de type Oetiker (figure 4.13), serré à l'aide d'une pince (figure 4.14.) est amplement fort pour répondre au diamètre de plus de 1 $\frac{1}{2}$ » et

aux tuyaux les plus inflexibles. Ce collier *Oetiker* assure d'ailleurs une adhérence presque parfaite autour du tuyau et certaines catégories ont une résistance dépassant largement les 100 psi.



Figure 4.12 : Colliers vissés

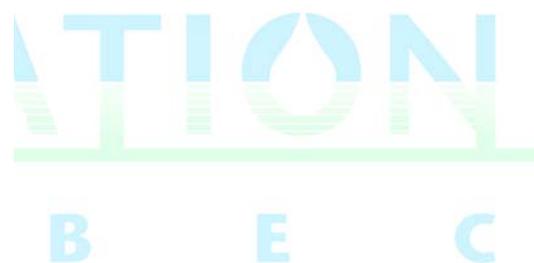
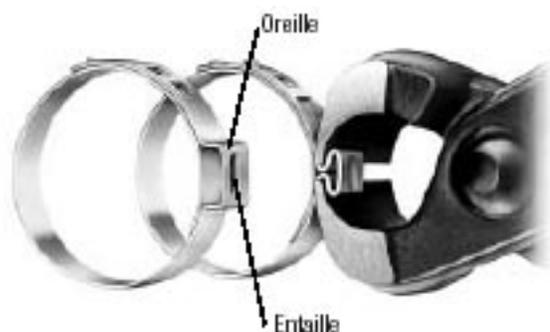


Figure 4.13 : Collier inoxydable sans vis

Après le collier et le raccord par insertion, il existe deux autres façons de raccorder. Le *saddle tee* autrefois en *brass* étaient très coûteux. Depuis qu'il se fait en PCV, il est moins coûteux. Il raccorde normalement un gicleur au tuyau à l'aide d'un mamelon ou d'une *funny pipe* (voir installation gicleur et figure 4.15). Pour cette technique de raccordement, il faut utiliser soit un fer chauffant, un couteau circulaire ou une perceuse pour perforer le tuyau et permettre à l'eau de s'écouler.



Tenailles normales

Figure 4.14 : Pince

Enfin, un dernier mode de raccordement est le raccord de compression. Vissé à la main au tuyau, ce raccord adhère des deux côtés à la paroi du tuyau et devient très résistant à la pression. Ce mode de raccordement, tout comme le *saddle tee*, permet de raccorder facilement, sans creuser de trop grandes longueurs pour fixer le raccord. C'est normalement le cas lorsque l'on utilise la machinerie qui tire les tuyaux sous terre et que l'on raccorde par insertion.

Le tuyau de polyéthylène est plus flexible que les PCV et peut absorber des chocs sans risquer de se briser. Il faut toutefois prendre garde de ne pas plier ce tuyau qui perdra alors sa résistance à long terme. Si le tuyau est plié, on essaiera de couper la partie affectée.

Les systèmes assemblés à l'aide de tuyaux de PCV sont plus rares au Québec pour les installations résidentielles et commerciales parce qu'ils sont plus friables au froid. On remarquera toutefois que la très grande majorité des clubs de golf et les gros systèmes industriels n'utilisent que du PCV. Par ailleurs, il y a plusieurs contracteurs au Québec qui le préfère au tuyau de polyéthylène.

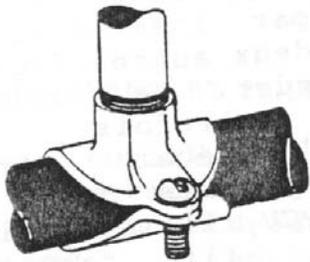


Figure 4.15 : selette

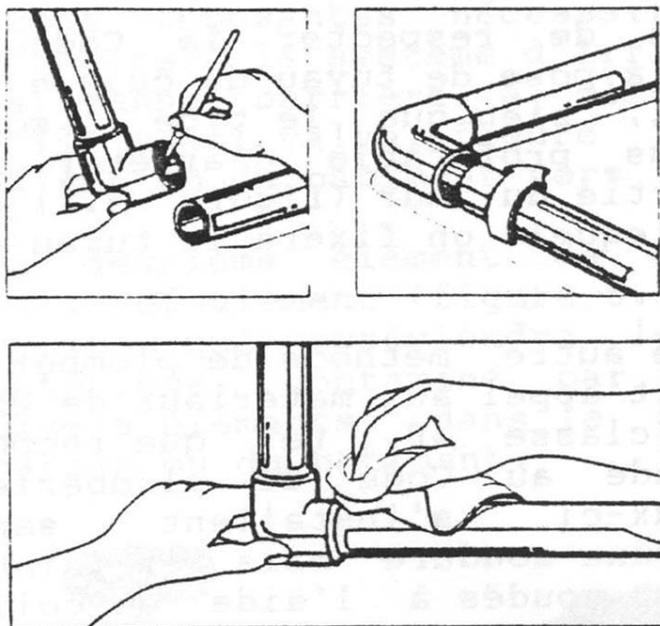


Figure 4.16 : funny pipe

Le tuyau de PCV est aussi plus fragile à installer à l'aide d'une machine à tirer les tuyaux sous terre. Par contre, il conserve mieux la pression sur les longues distances et se raccorde très facilement.

Le raccordement se fait à la colle et avec un apprêt (*primer*) pour PCV (figure 4.17). Pour assurer une bonne qualité de raccordement, on doit nettoyer avec un linge sec les surfaces du PCV à coller et ensuite badigeonner avec un apprêt. L'apprêt une fois séché, on applique ce qu'il faut de colle de PCV sur les deux surfaces. On insère les deux parties, après quoi on tourne d'un quart de tour pour s'assurer d'une bonne uniformité de la colle sur toute la surface. Il faut attendre généralement une heure avant de laisser passer d'eau dans le tuyau.

Avertissement: Attendez une heure avant de faire couler l'eau dans le système.



IRRI
GATION
Q U É B E C

Figure 4.17 : Raccordement avec la colle

La coupe du tuyau de polyéthylène se fera préférablement avec un couteau approprié plutôt qu'une scie. Le couteau travaille plus rapidement sans laisser de déchets.

Plomberie

Pour la plupart des installations, la plomberie utilisée est en cuivre. Il existe aussi des plomberies de PCV. Chacune a ses avantages et ses inconvénients. La plomberie de cuivre se fait au moyen de tuyau et de raccords en cuivre et elle est jointe avec des soudures de plomb. Les produits utilisés pour la soudure sont la pâte à souder, le papier sablé et le fil à souder composé à 50% d'étain et de plomb.

Voici les étapes à suivre pour effectuer une soudure sur un tuyau de cuivre :

1. sabler chaque surface à souder ;
2. enduire une mince couche de pâte à souder ;
3. assembler les pièces à souder ;
4. chauffer les embouts à souder et non les surchauffer pour éviter la carbonisation du joint à souder et ainsi éviter une soudure non étanche ;
5. y faire fondre le plomb en prenant garde de ne pas le faire dégoutter et d'y laisser une mince couche à l'endroit du joint.

On aura pris soin avant d'utiliser le chalumeau de mettre des plaques d'amiante près des surfaces combustibles. Par mesure de sécurité, on ne devrait jamais allumer un chalumeau avec un briquet à butane. On devrait avoir près de soi, un extincteur et ne jamais hésiter à l'utiliser après avoir soudé dans des coins difficilement accessibles.

Le plombier devra prendre soin de respecter le Code de plomberie en ce qui a trait à la pose de tuyau de cuivre de type K à l'extérieur du bâtiment, bien que le type L soit toléré. Cependant, il est plus profitable d'arrêter la plomberie immédiatement à la sortie du mur (figure 4.18) et d'y installer un adaptateur sur lequel on fixera le tuyau de polyéthylène ou de PCV.

Une autre méthode de plomberie fait appel aux matériaux de PCV de classe 40, tel que recommandé au Code de plomberie. Ceux-ci s'installent sans aucune soudure mais les joints sont soudés à l'aide de colle (voir méthodes de raccordement des tuyaux en CPV).

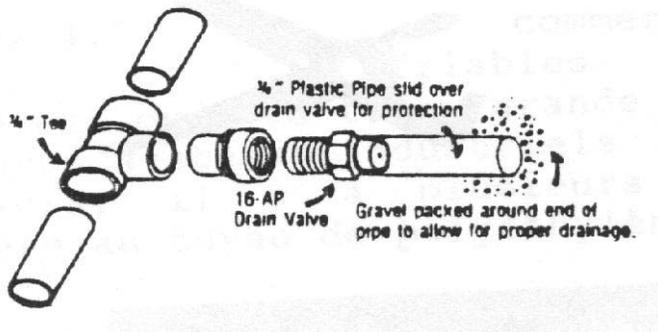


Figure 4.18 : Adaptateur

Cette méthode a l'avantage d'être moins dangereuse, plus propre et permet une meilleure vélocité. La connexion jointant la plomberie de cuivre au PCV se fait à l'aide d'un raccord de compression (figure 4.19). Une fois le raccord de compression installé, on prendra soins s'il y a lieu de poser un ou des coussins aux extrémités du tuyau concerné. De cette façon, on préviendra le glissement du raccord de compression pouvant survenir lors d'une hausse de pression dans le système.

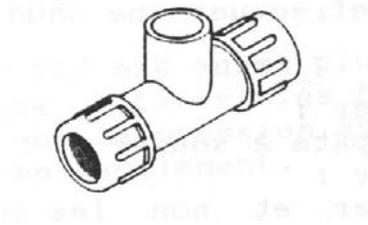


Figure 4.19 : Raccord de compression

Ce type de tuyauterie s'installe plus rapidement et possède tous les avantages du cuivre sauf en ce qui a trait à sa flexibilité pour contourner les obstacles.

La sortie de la source hors du mur doit être calfeutrée de façon à ne plus y laisser pénétrer l'eau. Il existe plusieurs méthodes de calfeutrage quoique l'on se limitera ici à la plus répandue. Sur une surface qu'on aura pris soin de nettoyer à l'aide d'une brosse à métal et de sécher au chalumeau, on appliquera à l'intérieur de l'orifice, sur le tuyau de source et à l'extérieur du mur, une pâte scellante de type « Vulcan 116 » ou de silicone.

Avec l'une ou l'autre de ces deux méthodes, on doit ajouter trois composantes nécessaires au contrôle de la source qui alimentera le système d'irrigation. La première, (figure 4.20) la vanne barrière à glissoire (*gate valve*) ou la vanne à bille (*ball valve*, figure 4.21) laisse passer l'eau de la maison ou du bâtiment vers le système d'irrigation.

Le deuxième élément de cette plomberie est le dispositif anti-refoulement (figure 4.22 à double échec (*double check valve*) qui préviendra le retour de l'eau du système extérieur, contaminé par stagnation ou par contact avec divers éléments, dans le système d'aqueduc intérieur de la maison ou du bâtiment.



Figure 4.20 : Vanne à barrière à glissoire



Figure 4.21 : Vanne à bille

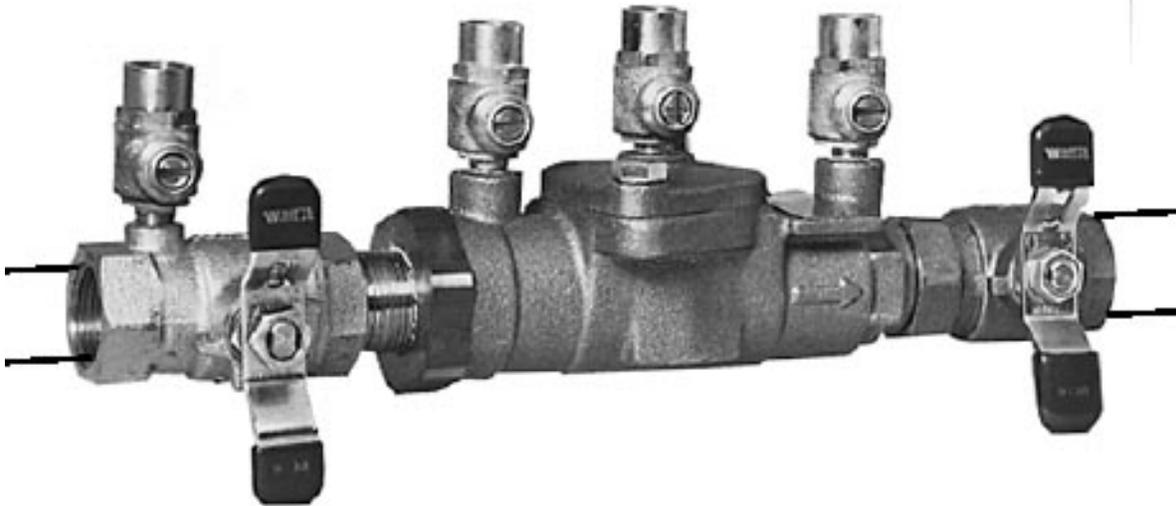


Figure 4.22 : Dispositif anti-refoulement

Enfin, le troisième élément, est un robinet de vidange (figure 4.23) directement relié à la source d'eau et permettant la fermeture du système d'irrigation avant le gel. Ces trois éléments doivent être installés à l'intérieur de la maison sauf dans certains cas où le robinet peut être à l'extérieur, et permettre la vidange du système sans avoir à le faire de l'intérieur (figure 4.24)



Figure 4.23 : Robinet de vidange

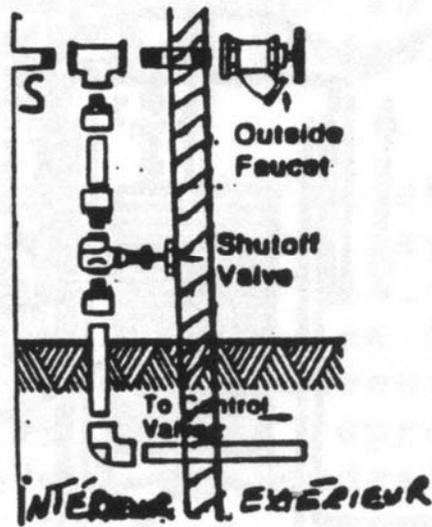


Figure 4.24 : Robinet de vidange pour l'extérieur

Détecteur de pluie

Les détecteurs de pluie, connectés généralement au contrôleur ou parfois à une valve, annulent au moment d'une averse et ce, jusqu'à une évaporation de l'eau suffisante pour permettre au contrôleur de repartir de lui-même.

Il existe plusieurs modèles très efficaces s'ils sont bien situés. L'emplacement du détecteur doit être fait en fonction des conditions atmosphériques et terrestres prévalant sur l'ensemble du terrain. Par exemple, certaines sections du terrain peuvent être plus exposées au soleil alors qu'une autre partie du terrain se draine moins facilement. Le détecteur de pluie doit pouvoir recevoir la pluie sans obstacles.

Il existe deux catégories de détecteurs de pluie : celui qui reçoit de l'eau de pluie et l'autre qui évalue le taux d'humidité du sol. Parmi ceux qui reçoivent l'eau de pluie, en voici quelques exemples :

Le Mini Click : (figure 4.25) ce détecteur ajustable, capte la pluie à l'aide de disquettes absorbantes. Avec la diminution du taux d'humidité de l'air, les disquettes rétrécissent permettant au contrôleur de se remettre à fonctionner. Ce détecteur a comme avantage de tenir compte de l'humidité de l'air peu importe l'ensoleillement ou le vent. Parce qu'il n'y a pas de gobelets, son fonctionnement ne risque pas d'être perturbé par les vents violents, des feuilles ou tout autre objet indésirable.

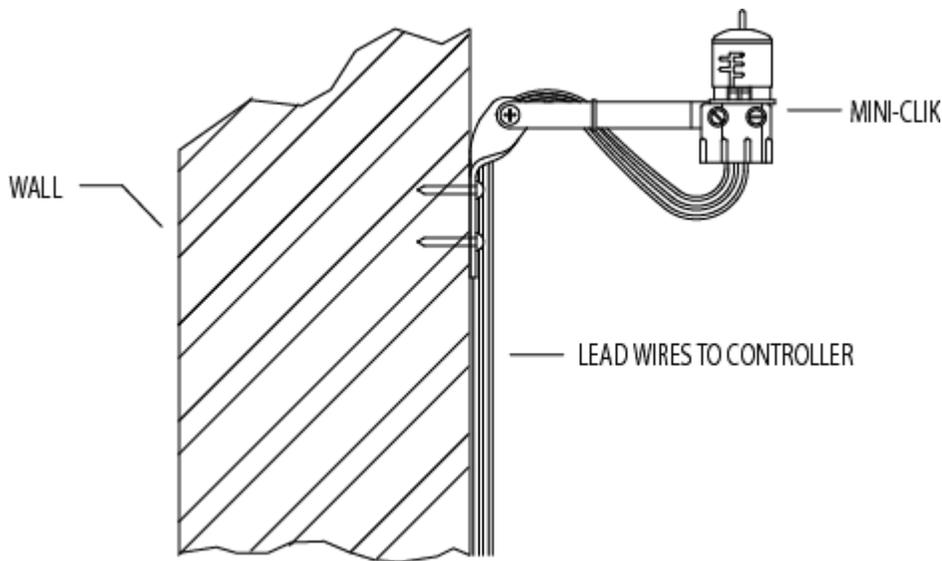


Figure 4.25 : le Mini Click

Rain Guard : (figure 4.26) Ce détecteur fonctionne avec un gobelet qui, en recevant 1/8 de pouce de pluie interrompt la programmation du contrôleur. Ce détecteur est ajustable en y ajoutant du sable dans son gobelet.

Les détecteurs qui mesurent l'humidité du sol sont de deux types différents : les éprouvettes avec culasse en porcelaine tensiomètre généralement utilisées en milieu agricole, et l'hydromètre.



Figure 4.26 : Rain Guard

Le tensiomètre (figure 4.27) fonctionne planté au sol à une profondeur représentative des racines de la végétation environnante. L'éprouvette est normalement imbibée d'eau jusqu'à ce que sa porcelaine sèche, correspondant ainsi au stress des plantes qui recherche l'eau. La pression interne de l'éprouvette déclenche alors le solénoïde de la section qu'il contrôle.

Du même genre, un autre détecteur l'hydromètre (figure 4.28) de quelques pouces de long, mesure à l'aide de ses deux électrodes l'hydrogène « alpha » dans le sol. Plus il y a d'hydrogène alpha, plus il y a d'eau disponible pour les plantes. Le détecteur assure le relais électrique au solénoïde. Lorsque l'eau ne se fait plus présente au niveau du détecteur, ce même détecteur active le solénoïde qui contrôle la section d'arrosage.

Les deux dispositifs de détection sont très valables en agriculture mais beaucoup moins pour un aménagement paysager où l'on rencontre des profondeurs de racines très variées. Le drainage du sol étant très différent, ainsi que les besoins en eau d'une plante à une autre, cela nécessiterait l'installation de plusieurs dispositifs pour représenter toutes les particularités du terrain ; ce qui reviendrait trop cher.

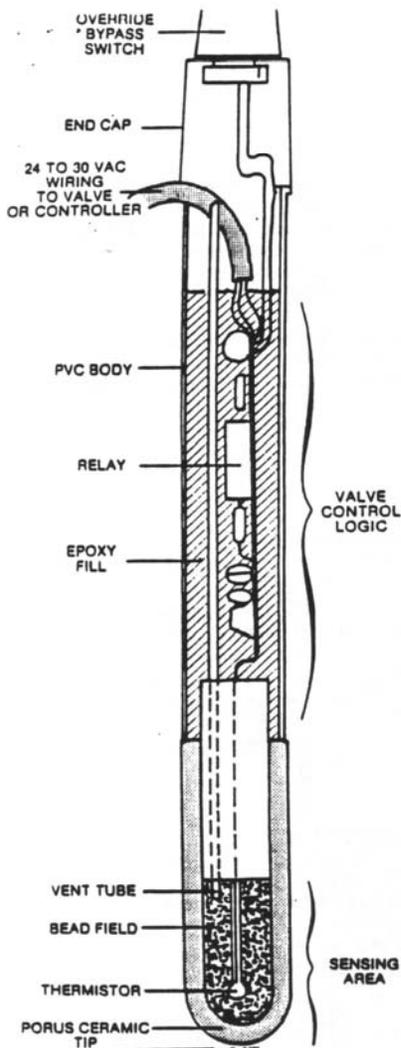


Figure 6.3

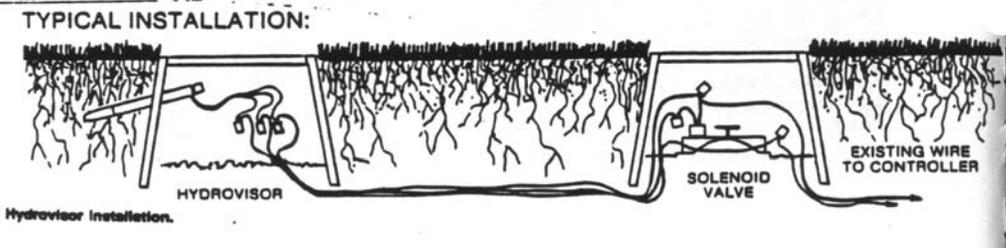


Figure 4.27 Tensiomètre

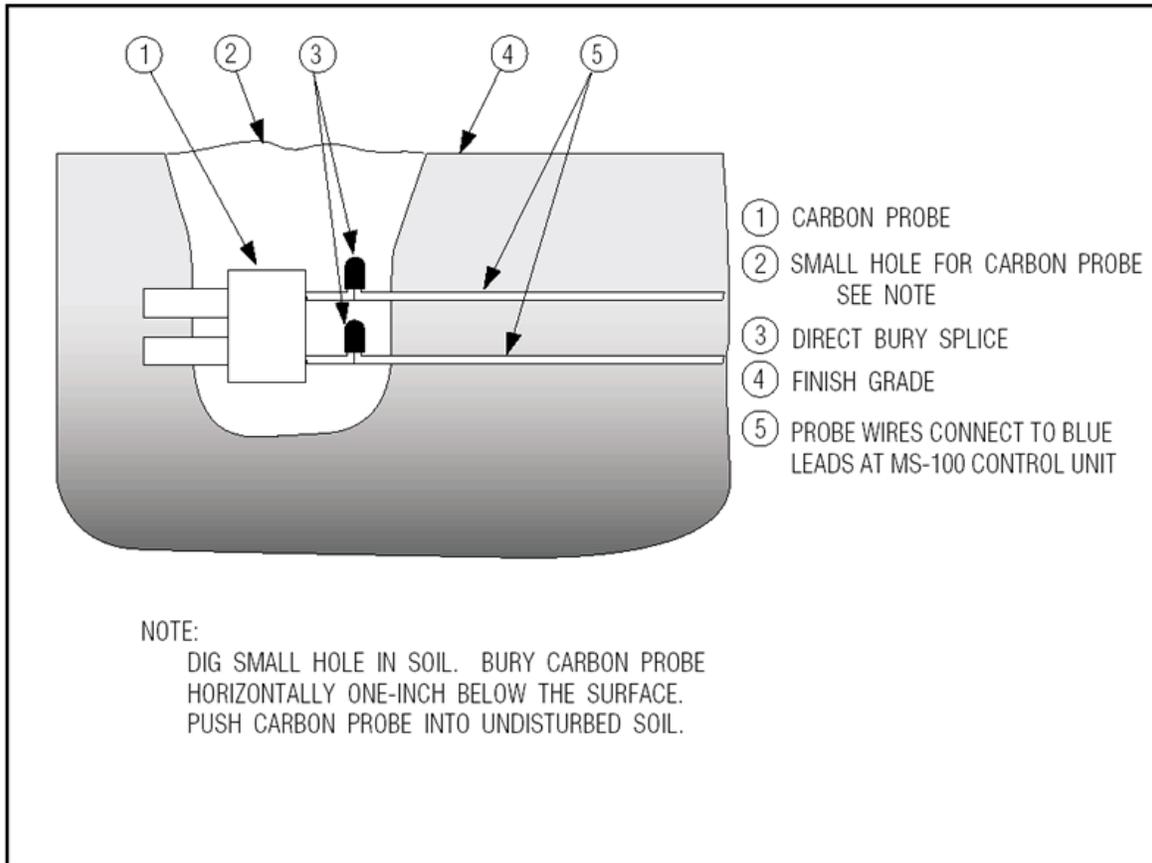


Figure 4.28 Hydromètre

Q U É B E C

Chapitre 5 - Contrôleur et système d'irrigation automatique

L'irrigation goutte à goutte

Définition et principes

On définit généralement la micro-irrigation ainsi : une méthode d'irrigation caractérisée par les normes suivantes :

- a. Application d'eau à faible débit
- b. Distribution basée sur le remplacement d'eau utilisée par la plante ou perdue par évaporation.
- c. Distribution sur une longue période de temps.
- d. L'eau est amenée directement à la zone de racines les plants.
- e. Émission de l'eau à basse pression.

La distribution de l'eau sera donc faite à l'aide de quatre types d'émissions :

- a. Le boyau perforé : On retrouve plusieurs types de boyau perforé sur le marché, mais tous ont la caractéristique d'être très peu dispendieux. Généralement, de matière plastique ou de polyéthylène, ils sont non compensateurs de pression. Les plus connus et utilisés au Québec sont le « double parois » le « *drip-tape* » et le « *bi-wall* ». Avec différentes perforations, ces boyaux vont mouiller une lisière continue tout le long de la paroi du boyau.
- b. Les goutteurs émetteurs : Placés sur des boyaux de diamètres variables et avec un espacement prédéterminé, ils vont mouiller une surface définie du sol. Ils sont divisés en 2 catégories, les compensateurs et les non compensateurs de pression.
- c. Les minis-jets : Ces jets disposés sur un tuyau de polyéthylène de diamètre variables, fonctionnent aussi à basse pression, mais avec un débit supérieur aux goutteurs. Ils sont cependant non compensateurs de pression. Au Québec, l'utilisation du « *O Jet* » et du « *Jet broadcast* » est chose courante en irrigation de serre. Pour ce qui est de son usage à l'extérieur elle est très limitée par sa non-compensation. Il devient cependant utilisé là où le mouvement latéral de l'eau est très limité.
- d. Le micro-asperseur : S'employant tel le mini jet, cet asperseur a cependant un plus fort débit et comme une surface d'irrigation encore plus grande. Son utilisation reste toujours à venir au Québec ; ces minis-jets peuvent être compensateurs de pression.

Irrigation avec émetteur

Lorsqu'il s'agit d'arbres ou de plants dont l'espacement peut varier de 3 pieds ou plus, même si différents systèmes sont disponibles, les goutteurs compensateurs de pression comportent de nombreux avantages. Les goutteurs les plus utilisés sont ceux ayant une capacité différente sont disponibles (1/2 à 4 gallons/heure), mais des goutteurs trop petits se bouchent facilement alors que des goutteurs trop gros ont une application rapide souvent non nécessaire et nécessitant des conduites plus grosses.

Dans la plupart des cas, une pression de 15 livres dans le tuyau portant les émetteurs est recommandable mais une variation est acceptable surtout avec les goutteurs compensateurs. Si un goutteur non compensateur de 1 gallon à l'heure est utilisé, il donnera 0.9 gallon/heure à 13 livres et 1.1 gallons par heure à 17 livres de pression. Si des goutteurs avec compensation de pression sont utilisés, alors leur comportement est différent de sorte que leur débit variera d'environ 10% sous des pressions pouvant varier de 5 à 40 livres.

Même si plusieurs arrangements de goutteurs recommandés pour les arbres avec espacements de 12 pieds à 20 pieds, c'est-à-dire, 1, 2, 3 ou 4 goutteurs par arbre, la disposition de deux goutteurs par arbre installés à 2 pieds de chaque côté de cet arbre est une recommandation grandement utilisés. Sous les climats semblables à celui du Québec ou l'eau d'irrigation est plutôt considérée comme un complément au lieu d'un apport nécessaire à la survie des plants comme c'est le cas sous des conditions plus tropicales. Quant aux plantations plus rapprochées comme les arbustes et un seul émetteur par plant est généralement suffisant. Quelques fois, qu'elle que soit la distance entre les plants dans ce cas, les émetteurs sont installés à des intervalles réguliers de 3 pieds afin de mouiller une bande continue.

Avec l'irrigation goutte à goutte, il n'y a pas de chevauchement des cercles d'arrosage comme c'est le cas lorsque deux gicleurs s'entrecroisent. Lorsque les mouvements latéraux de deux émetteurs voisins se rencontrent, l'eau des émetteurs change de direction à angle droit au point de rencontre et tend à former une surface arrosée de forme rectangulaire.

Les goutteurs construits de façon qu'une partie de ce goutteur puisse être rapidement pour fin de nettoyage sont pratiques. Ce dispositif est retrouvé sur le goutteur « Reed DCK04 » qui peut être installé sur des tubes .580 pouces ou .395 pouces de diamètre.

Cependant, certains types de goutteurs avec pièces mobiles comme le « *Flapper* » sont autonettoyants, ne nécessitent pas d'être démontable et sont à conseiller dans plusieurs cas. Quant aux goutteurs où la turbulence est utilisée au lieu du long parcours pour réduire la pression (Netafim), ceux-ci sont plus autonettoyants que les goutteurs à spirale.

Irrigation avec minis-jets

Le mini-jet est un asperseur non compensateur de pression. On le retrouve avec différents débits et peut être employé entre 20 et 30 psi. Le latéral sera donc fonction du débit total y circulant souvent ¾" et 1" polyéthylènes.

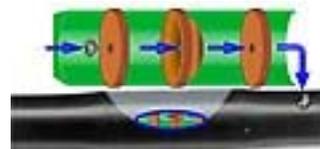
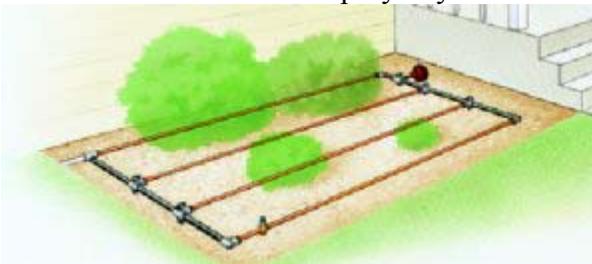


Figure 5.1 : On-line (button emitters)

Figure 5.2 : Global Emiter Extender

Les micro-jets

Les jets miniatures ont l'avantage de couvrir de larges surfaces avec de très petits débits. Ces jets sont moins sujets au colmatage et sont très précieux pour les sols offrant un mouvement latéral de l'eau très limité. Ces jets se vissent directement sur le tuyau. Ils ont des capacités de 1,4 à 27 gallons U.S./heure et couvrent de 2 à 20 pieds de diamètre. Disponibles en 5 patrons différents de 30° à 360°.

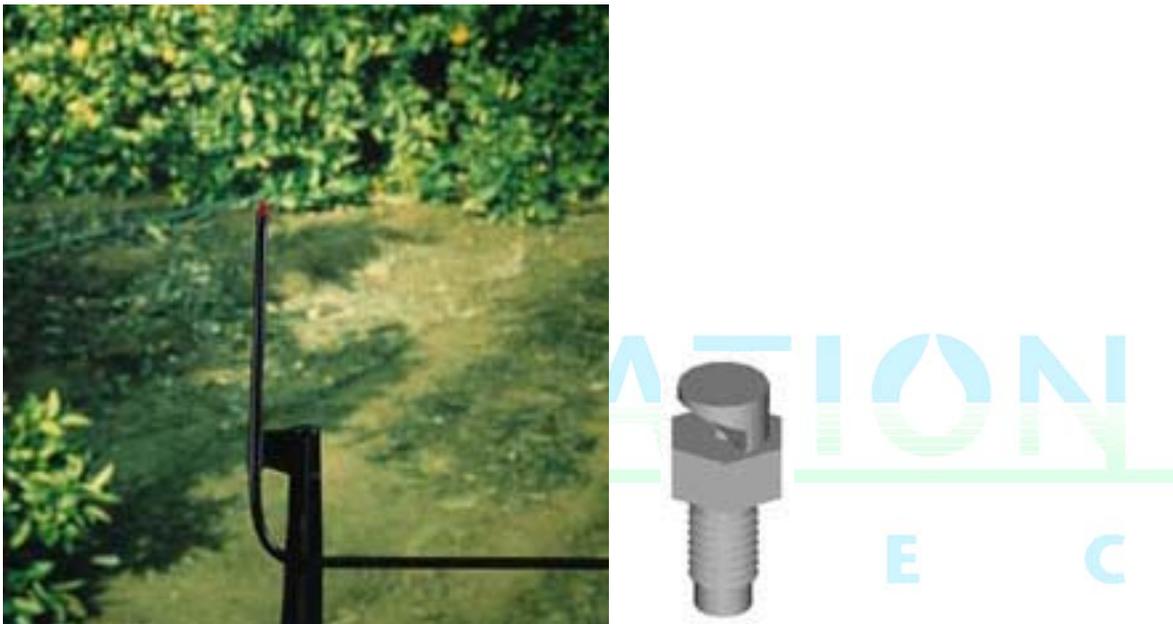


Figure 5.3 Les micro-jets

La filtration

Le système de filtration est un point vital pour tout système d'arrosage goutte à goutte. Différents systèmes de filtration existant pour différentes conditions et différentes opinions souvent contradictoires sont émises à ce sujet.

Quelque soit le type de filtreur utilisé, il est toujours accompagné de deux manomètres ; un à l'entrée et l'autre à la sortie. Plus la différence de pression est grande entre les deux manomètres, plus le filtreur montre des signes de blocage. D'ailleurs, dans la plupart des filtreurs avec système autonettoyant, ces systèmes sont basés sur le différentiel de pression entre les deux manomètres.

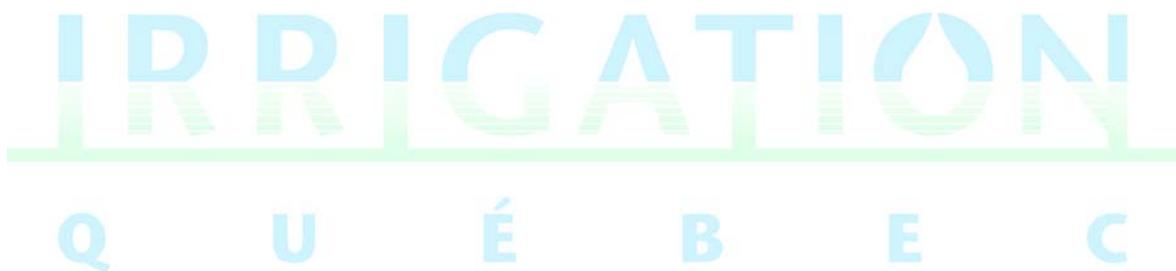
Les filtreurs doivent toujours être équipés de dispositifs pour faciliter le nettoyage, par renversement de la direction de l'eau (*back wash*) ou par nettoyage des éléments filtrants, hydrauliquement ou mécaniquement ou par système de vacuum.

Lorsqu'un filtreur au sable est utilisé, un filtreur avec élément doit être installé sur la ligne à la sortie du filtreur si nécessaire. Si un filtreur avec élément est utilisé et nécessitant le nettoyage par jet d'eau, une sortie d'eau en aval du filtreur doit être prévue.

Selon les données américaines, des filtreurs avec éléments doivent être utilisés lorsque l'eau d'alimentation vient d'un aqueduc ou d'un puits en profondeur et un filtreur au sable doit être utilisé lorsque l'eau vient d'une rivière ou d'un lac.

Pour résumer, l'irrigation goutte à goutte à sa place en irrigation résidentielle, étant complémentaire aux systèmes par aspersion.

Utilisée de façon professionnelle, elle sera un atout lors du design de vos systèmes.



Chapitre 6 - Micro irrigation

La micro irrigation est une technique qui permet de donner l'eau aux plantes directement à la racine. Comme toute approche, elle comporte ses qualités et ses limites.

La qualité première de la micro irrigation est son efficacité : les quantités d'eau appliquées sont beaucoup moins importantes tout en assurant à la plante une meilleure croissance.

Principes à appliquer

Tout d'abord les composantes : Une vanne électrique à contrôle de débit par zone, avec un régulateur de pression et un filtre calibré selon le type de goutteurs installés. Les goutteurs compensateurs de pression m'ont causé quelques difficultés : ils se bloquent plus facilement. Naturellement, je n'ai pas essayé toutes les marques. Mais, un des défauts de la micro, est que le goutteur fonctionnant peu ou mal est peu repérable.

Les régulateurs fonctionnent normalement entre 10 et 30 psig. En utilisant des régulateurs fonctionnant autour de 20 psig, la majorité des projets seront bien servis. Mais il faut aussi considérer les élévations.

Dépendant du type de goutteur, le fabricant vous indique le type de filtreur, de 60 mesh ou plus. Les goutteurs (ou émetteurs) sont soit insérés directement à la ligne ou ils sont fixés à l'extrémité d'un micro-tube (spaghetti).

La ligne est un tuyau d'un diamètre qui tourne autour de ½ pouce. En utilisant du tuyau de polyéthylène avec des raccords en CPV, les colliers ne sont pas nécessaires en aval du régulateur de pression (20psig ou moins).

Design

Au départ, il est important de faire son design pour les plantes qui sont à maturité. Le réseau devra supporter les gallonages supplémentaires. Sauf exceptions, une zone ne devrait pas dépasser 300 pieds. À moins d'installer une partie du réseau sur du tuyau de diamètre supérieur ou de diviser la zone en collatérales.

Il serait aussi plus prudent d'installer les goutteurs au-dessus du sol. Le léger siphonnement qui se produit à la fermeture de la zone pourrait bloquer le goutteur.

Naturellement, il est important de connaître les plantes à irriguer (leur type etc.) le type de sol présent. La pose de plus en plus généralisée de géotextiles par les paysagistes modifie les données : le sol conserve plus longtemps son humidité.

Pour déterminer la longueur des zones, en rapport avec le gallonage, le temps d'arrosage et le nombre de goutteurs nécessaires par plantes, référez-vous au feuillet fourni.

Pour calculer la surface à irriguer par plante dans une plantation où les arbustes sont rapprochés, prendra la distance entre les plants pour périmètre.

Les vignes et petits arbustes pourront être irrigués à une fréquence de 2 ou 3 jours, de 3 à 4 jours pour les gros arbustes et petits arbres (5 pouces de diamètre et plus) et de 5 à 6 jours pour les arbres de taille médiane ou supérieure.

Il faut regrouper dans les mêmes zones des plantes qui nécessitent le même temps d'arrosage. En les calibrant de façon appropriée, on réussit facilement à se donner de la souplesse (cf. tableau).

Pour les annuelles qui tolèrent bien l'aspersion d'eau, on peut utiliser les micro-jets. Pour les autres, ces mêmes jets pourraient être installés à la base des plantes. L'utilisation de goutteurs où le sol sera remué à chaque année occasionnera tôt ou tard des bris.

Installation

Quelques détails supplémentaires : si les goutteurs sont installés sur un terrain en pente, il est recommandé de l'installer près du tronc et en amont de la pente.

Essayer de circuitiser vos lignes pour minimiser les points de vidange à l'automne : en créant des boucles.

Conclusion

La micro irrigation est de plus en plus présente. Comme toute technique, elle est un outil supplémentaire avec ses limites. Néanmoins, sa souplesse d'utilisation et l'économie d'eau qu'elle assure la promettent à une utilisation plus généralisée. Beaucoup de compagnies sérieuses nous offrent une multitude de composantes. À vous d'expérimenter ces produits et de les choisir.

Énergie potentielle = poids total de l'eau x élévation

Exemple:

100 gallons d'eau (8.33 lbs /gallon) sont emmagasinés dans notre réservoir à une hauteur de 115 pieds au-dessus du niveau du sol.

Donc une énergie potentielle = $(100 \times 8.33) \times (115) = 95,795$ pi/lbs

Afin de déterminer la tête équivalente, celle-ci étant la quantité d'énergie par livre, il faut diviser l'énergie potentielle par le poids total.

Tête = $\frac{\text{Énergie potentielle}}{\text{Poids total}}$

Tête = $\frac{95,795}{833} = 115'$

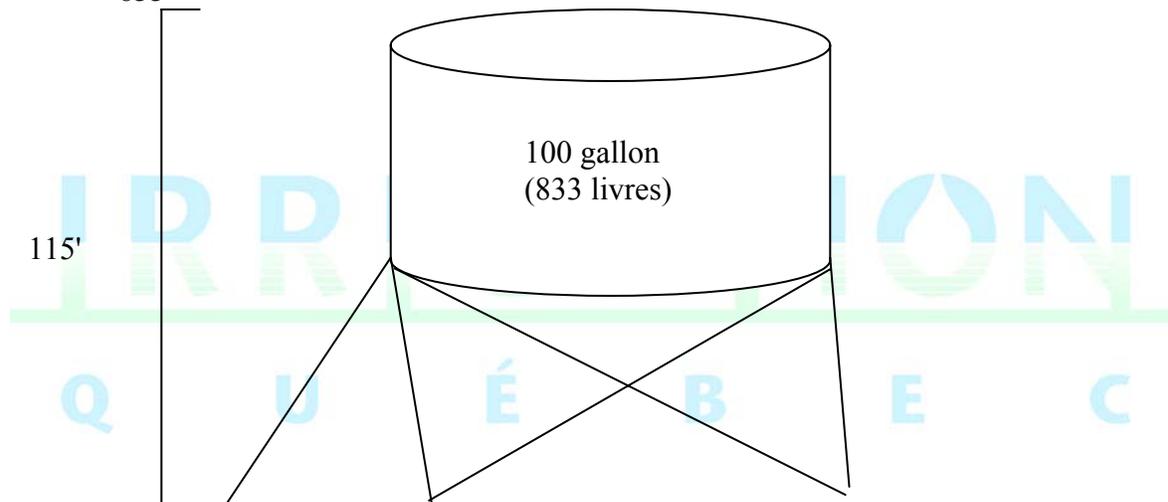


Figure 6.1 : Tête

Notons que la tête équivalente de l'énergie potentielle est simplement la hauteur (élévation) de l'eau au-dessus d'un point de référence (niveau du sol), ceci est appelé tête d'élévation ou simplement élévation, symbolisé par la lettre « z ».

Énergie de pression

La pression est couramment exprimée en livres par pouce carré ou « psi. » et représente la force (livres) appliquée sur une surface (pouce carré). L'eau comme on le sait représente un certain poids (8.33 livres/gallon) et ce poids représente une force, donc, si une livre d'eau est supportée par un pouce carré de surface, le résultat de la pression d'eau sur cette surface sera d'une livre au pouce carré (1 psi.)

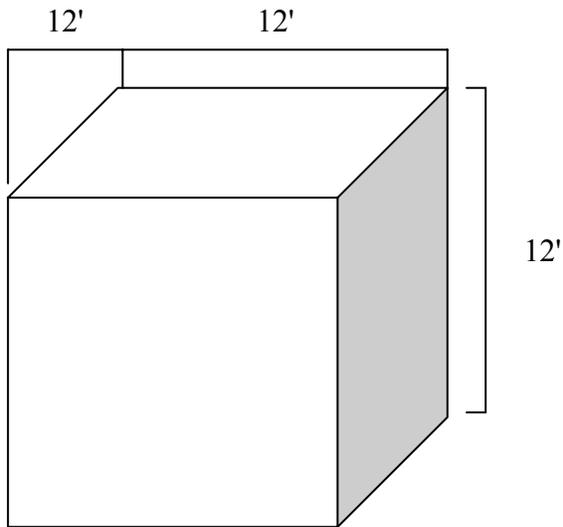


Figure 6.4 : Cube

Comme on l'a vu 1 pied cube d'eau pèse 62.4 livres, l'aire ou la surface de sa base (1 pied cube) sera de 144 po.ca, en divisant le poids de l'eau par l'aire, nous obtiendrons la pression exercée sur chaque pouce carré.

$$\frac{62.4 \text{ lbs}}{144 \text{ po.ca.}} = .433 \text{ psi.}$$

$$115 / 2.31 = 49.7835 = \text{arr. } 50 \text{ psi.}$$

$$115 \times .433 = 49.795 = \text{arr. } 50 \text{ psi}$$

Note: la pression exercée sur la base d'un récipient est indépendante de la forme de ce récipient, la pression est affectée seulement par la hauteur de la colonne d'eau

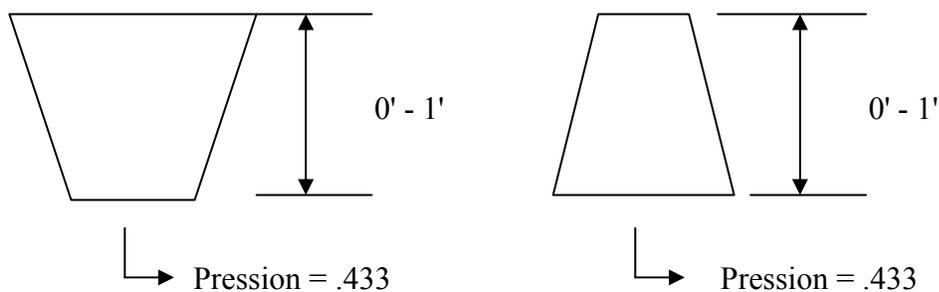


Figure 6.5 : Pression exercée sur la base d'un récipient

Maintenant que nous savons que le poids de l'eau génère une force, dans le cas où il faudrait conduire l'eau à un point plus élevé, il faudra générer une force plus grande que celle produite par l'élévation afin d'obtenir la pression voulue au point le plus élevé.

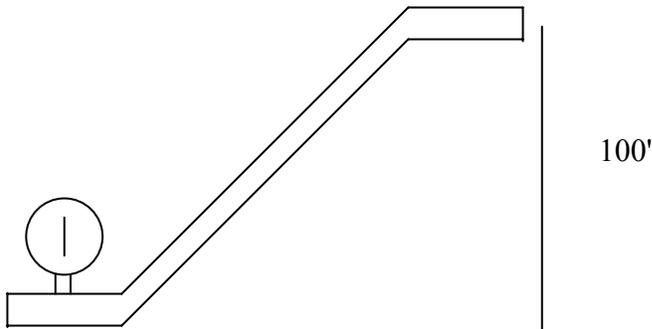


Figure 6.6 : Eau à un point plus élevé

Prenons une colonne verticale construite avec des faces d'un pouce, la surface du fond de notre colonne sera alors d'un pouce carré.

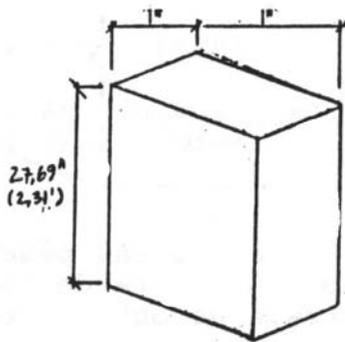


Figure 6.2 : Colonne

Le poids de l'eau est de 62.4 livres au pied cube ; que l'on convertit à 0.03611 livres au pouce cube, le volume requis pour contenir une livre d'eau est calculé ainsi :

$$\text{Volume} = \frac{1 \text{ lbs}}{0.03611 \text{ lbs/po.cu.}} = 27.69 \text{ pouces cube}$$

Puisque notre colonne possède une base d'un pouce carré, sa hauteur pouvant contenir 27.69 pouces cube d'eau sera de 27.69 pouces de hauteur, ou 2.3077 pieds, ceci est alors arrondi à 2.31, chiffre que nous utiliserons constamment comme référence lorsque nous aurons à choisir telle ou telle pompe

Tête = pis x 2.31 = pieds de tête

Revenons à notre réservoir surélevé

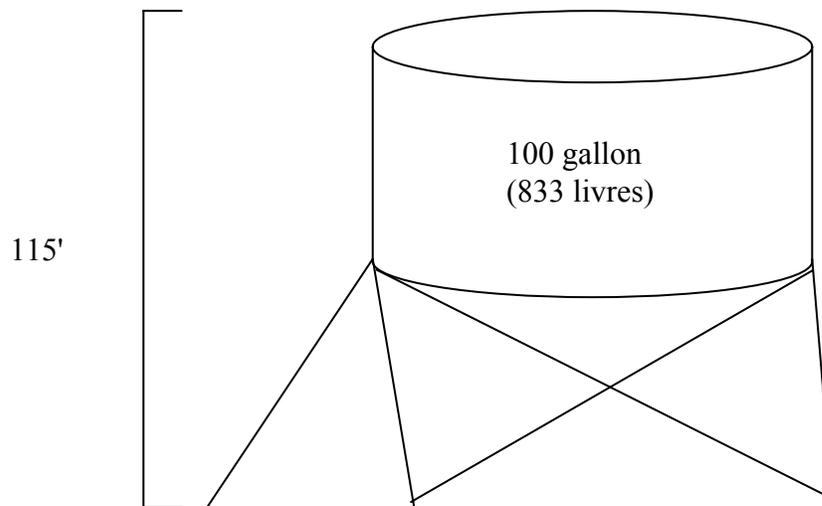


Figure 6.3 : Réservoir surélevé

Si un tuyau était installé à la base de notre réservoir conduisant l'eau au niveau du sol et était pourvu d'une valve, quelle serait la pression d'eau à la sortie de celle-ci ? Nous avons déjà déterminé que le nombre de pieds de tête d'élévation était équivalent à la hauteur de l'eau dans le réservoir, si l'eau est à 115 pieds de hauteur, nous avons donc 115 pieds de tête. Divisons 115 par 2.31 et nous obtenons 49.7835, environ 50 livres de pression.

Si on utilisait une pompe produisant 50 psi au point 1, quelle serait la pression obtenue au point 2 ? On obtiendrait que 7 psi, donc si on avait besoin de 50 psi au point 2, il aurait fallu utiliser une pompe produisant 93 psi. La façon de procéder est la suivante :

Vos gicleurs requièrent 50 psi.
 Vous avez besoin de 35 gpm
 Votre élévation est de 100 pieds

$$50 \text{ psi} \times 2.31 = 115.5 \text{ pi. de tête} + 100 \text{ pieds d'élévation} = 215.5$$

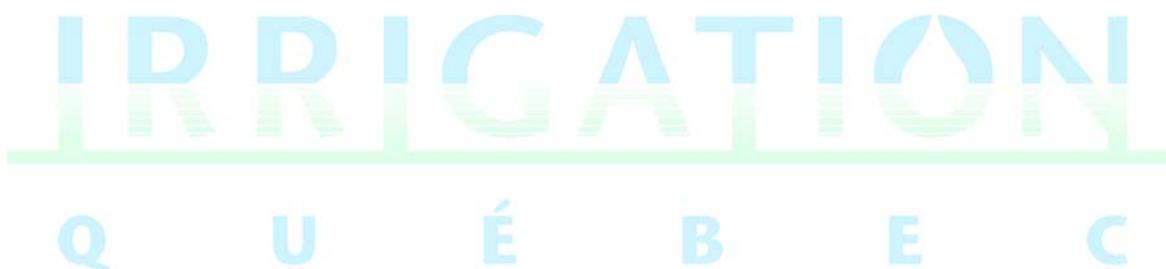
Vous avez donc besoin d'une pompe pouvant produire 35 gallons d'eau à la minute à 216 pieds de tête approximativement. Voyons à quoi nous servent ces chiffres dans le choix d'une pompe.

Réservoirs de surpression

Le réservoir de surpression est surtout utilisé dans les résidences privées afin de fournir à celle-ci une pression constante tout en évitant à la pompe d'avoir à démarrer à la moindre demande d'eau.

L'eau est un élément incompressible, il est donc nécessaire en certaines occasions de pourvoir le système de pompage d'une réserve de capacité énergétique (air pressurisé) qui agit sur l'eau comme une force. Lorsque l'eau est tirée du réservoir, l'air expand lorsque l'eau est pompée dans le réservoir l'air se comprime. Ceci procure une façon de pressuriser l'eau dans le système alors que la pompe n'est pas en fonction. L'eau ayant la capacité d'absorber l'air le réservoir pressurisé devra être muni d'un diaphragme ou d'une enveloppe séparant les deux éléments.

Voyons le fonctionnement d'un tel système, la pompe sera activée par un interrupteur à pression dont le départ s'effectuera à 40 psi et l'arrêt à 60 psi, la quantité d'air pressurisée dans le réservoir devra être égale à la pression de départ de la pompe et la moyenne de pression ainsi obtenue dans le système d'eau sera de 50 psi. Lors d'une demande en eau la pression dans le réservoir diminuera jusqu'à 40 psi et la pompe s'activera alors jusqu'au moment où la pression atteindra 60 psi. Son point d'arrêt une fois atteint, c'est la pression d'air dans le réservoir qui prendra la relève jusqu'à ce que la pression d'eau retombe jusqu'à 40 psi. L'avantage de ce système est qu'il diminue la quantité de démarrages de la pompe et fournit une pression constante.



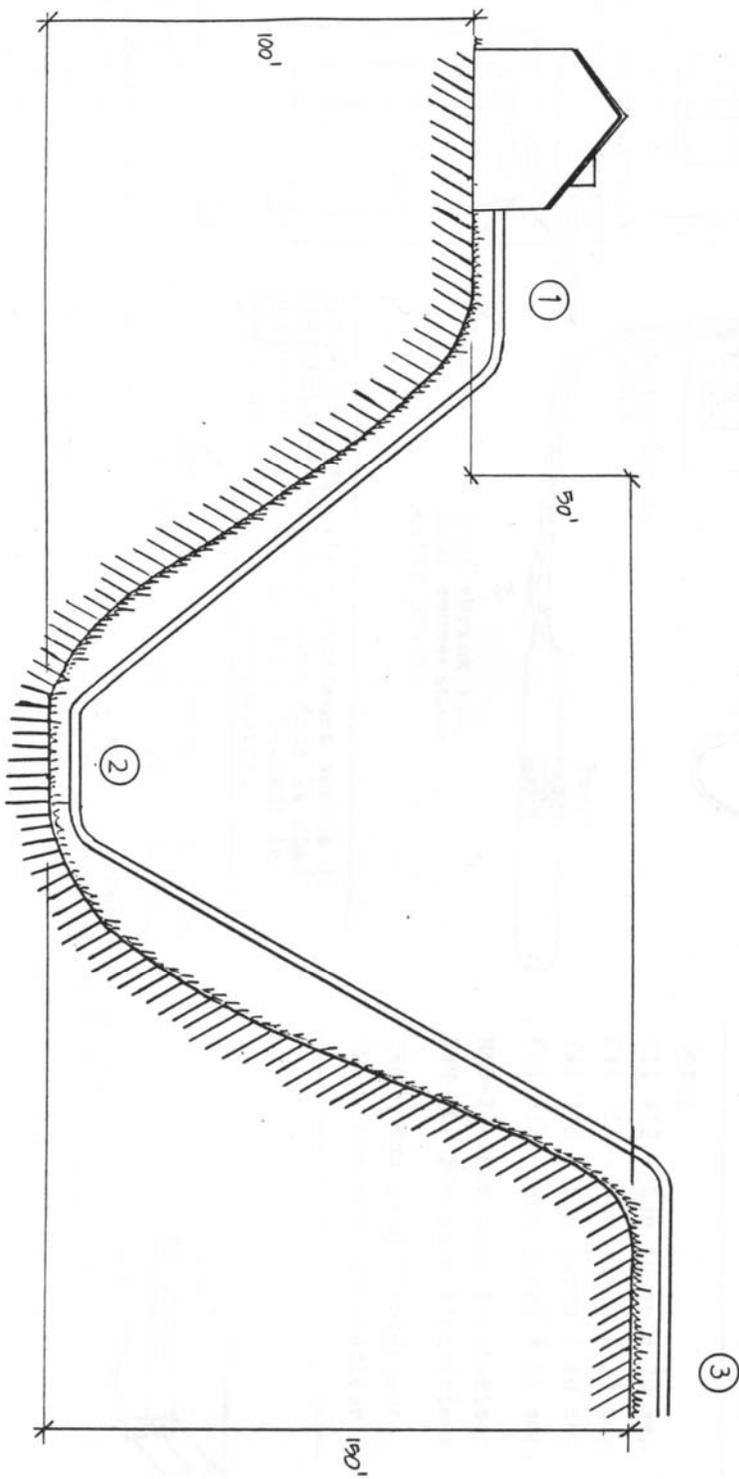


Figure 6.7 : Réservoir de surpression

INSTALLATION DE PUMPE SUBMERSSIBLE

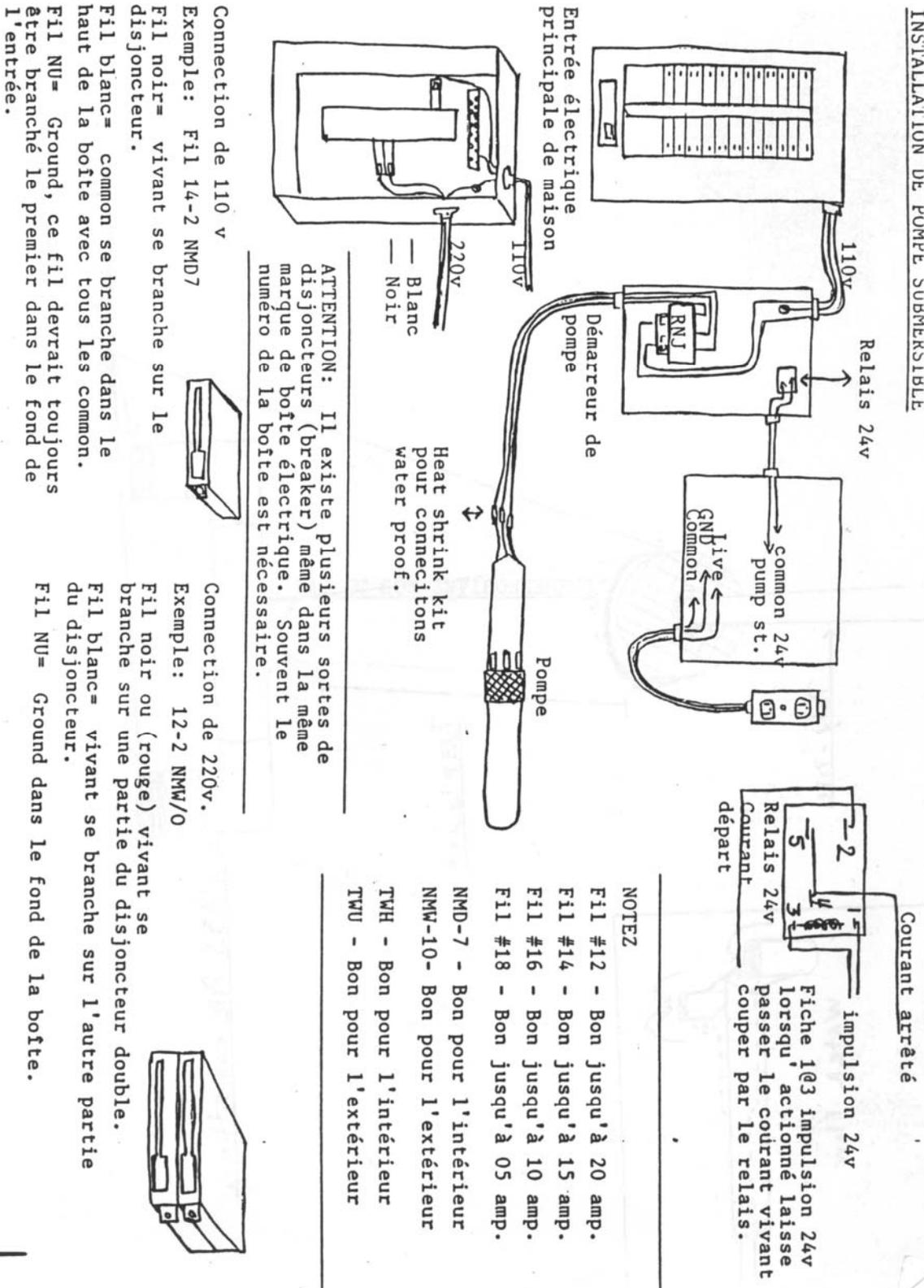


Figure 6.8 : Installation de pompe submersible

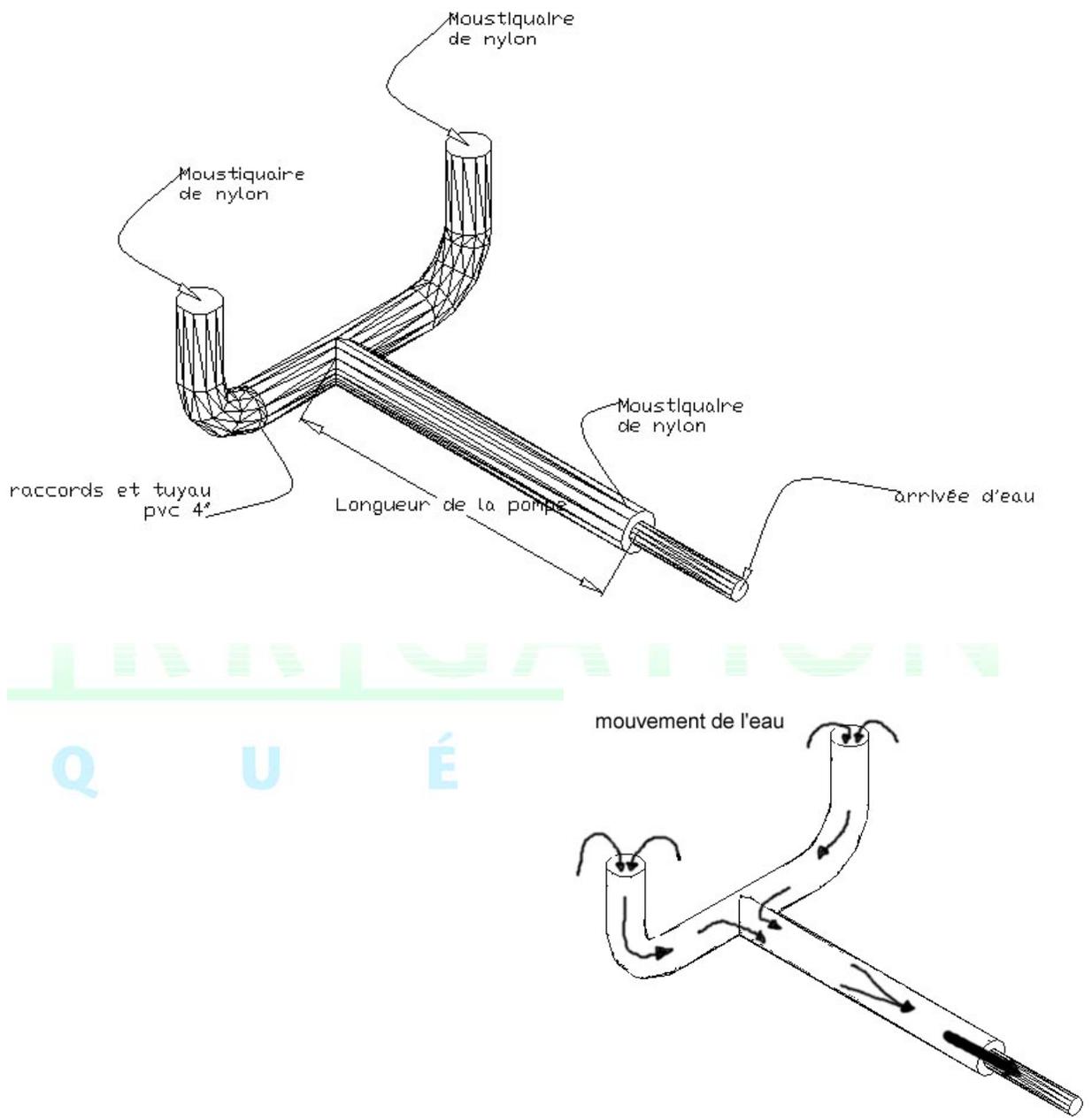


Figure 6.9 : Mounting of submersible pump in lake or river

Chapitre 8 - L'eau et son environnement

Notion fondamentale sur le sol

Composition du sol

Le sol est un mélange poreux de particules inorganiques ou minérales, de matière organique, d'air et d'eau. Le terme sol, pour nous, sera défini comme étant la couche supérieure de la terre qui peut être creusée, pelletée, etc. Il existe plusieurs types de sols, les trois principales divisions étant les sables et les cailloux, le limon et l'argile. Chacun a des caractéristiques de drainage définies et peut varier en épaisseur d'un endroit à l'autre. Pour cette raison, et aussi pour assurer le niveau de la table d'eau, une analyse de sol est habituellement faite au début de tout projet sous-drainé.

Texture du sol

La texture du sol est la dimension de la particule de base de sa partie minérale et sert à la classification des sols

Tableau 8.1 : Classification des sols

<u>Particules de sol</u>	<u>Diamètres limites (mm)*</u>
Sable très grossier	2.0 - 1.0
Sable grossier	1.0 - 0.5
Sable moyen	0.5 - 0.25
Sable fin	0.25 - 0.10
Sable très fin	0.10 - 0.05
Limon	0.05 - 0.002
Argile	Moins de 0.002

*1 pouce = 25.4 mm

Note: Les petites particules de sol ont plus d'aire de surface par volume net que les grosses particules. Un sol constitué de petites particules a plus d'espace poreux qu'un sol constitué de grosses particules.

La plupart des récoltes dans des sols uniformes et profonds utilisent l'humidité plus lentement dans la zone de racine inférieure que dans la couche supérieure du sol tel que montré. Le quart supérieur est la première partie à être vidée de l'humidité disponible. Le gazon doit donc soutirer son humidité des trois quarts inférieurs de la profondeur des racines. Des sols bien drainés permettent et encouragent des systèmes de racines plus profondes avec une résistance accrue à la sécheresse.

Humidité du sol

L'eau est retenue dans le sol à cause de son attraction naturelle envers les particules de sol de la même façon qu'envers ses propres particules. L'eau est retenue sous la forme d'un film autour de chaque particule de sol.

Figure 8.1 : Humidité du sol

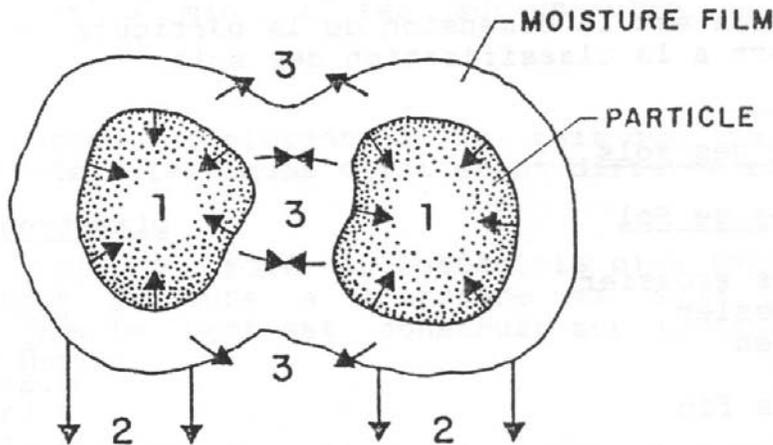


Figure 8.2 : Forces agissant sur l'humidité du sol

Forces agissant sur l'humidité du sol

1. Tension

La tension de sol est une combinaison de cohésion (attraction de l'eau avec l'eau) et d'adhésion (attraction de l'eau avec les particules). Des sols mouillés (films d'humidité épais) ont moins de tension que des sols secs (film d'humidité mince).

2. Capillarité

Lorsque les particules de sol sont entassées, les espaces entre les particules forment de minuscules passages ou canaux à travers le sol. L'action capillaire est présente à cause de ces canaux. C'est le phénomène par lequel l'eau est soulevée dans une éponge lorsqu'une partie de celle-ci est plongée dans l'eau.

L'efficacité de l'action capillaire dépend de la dimension des canaux. Plus les canaux sont petits, plus l'action capillaire se fait sentir.

3. Gravité

La force de gravité tire constamment l'eau vers le bas dans le sol. La gravité limite la hauteur que l'eau peut atteindre par action capillaire et elle limite l'épaisseur du film retenu par tension autour de chaque particule de sol.

Écoulement non saturé

De la même façon que les forces magnétiques attirent et retiennent des éléments de fer (dépendant de la capacité des aimants), l'eau est attirée vers les particules de sol sèches (ayant des forces de tension élevées), et forme un film d'humidité autour de celles-ci. Plus les films s'épaississent, plus les forces de tensions des particules sont réduites pour finalement devenir nulles. À ce moment, l'eau s'écoule à travers les passages capillaire vers les particules adjacentes ayant des films d'humidité plus minces et des forces de tension plus élevées. Ce mouvement de l'eau à travers le sol est appelé écoulement non saturé.

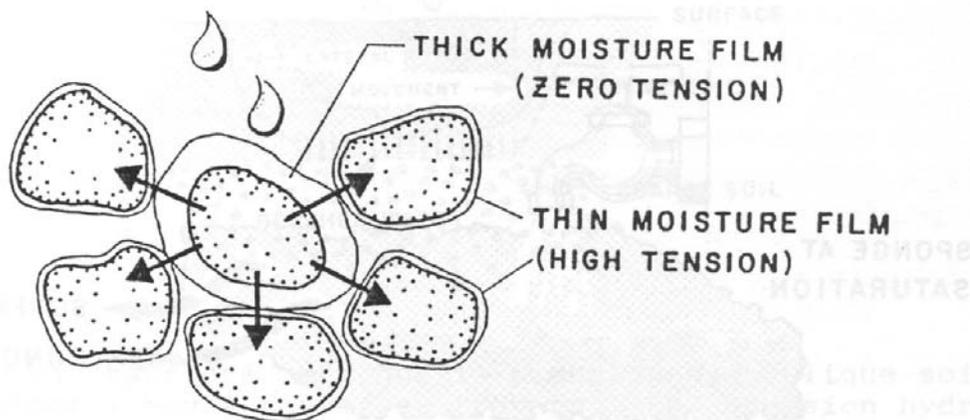


Figure 8.3 : Film d'humidité

Lorsque de l'eau est ajoutée en un point d'un sol sec, le mouillage se fait dans toutes les directions, mais surtout vers le bas. Parce que l'action capillaire est plus forte dans des sols fins qui ont des passages plus étroits, plus de mouvement latéral en résulte pour les sols grossiers ou de sable. C'est pourquoi une glaise sablonneuse, en général, est meilleure pour des verts de golf. Les sols argileux sont généralement mauvais parce que le drainage est lent et il est désirable de reprendre le jeu le plus tôt possible après une pluie. Mais, où il y a un endroit constitué de sable, l'eau va être drainée directement vers le bas et des points secs vont apparaître. Un mélange en proportions correctes est donc nécessaire. Une analyse de sol en laboratoire est habituellement requise pour déterminer le mélange de sol correct.

Capacité d'absorption de l'eau

Au point où les films autour des particules sont épais, la tension du sol est nulle. La force de gravité est maintenant plus grande que les forces de tension, tirant l'eau vers le bas en l'arrachant des particules. À mesure que les films s'amincissent, la tension de sol d'environ 1/3 d'atmosphère ou 5 psi), l'écoulement vers le bas cesse. Cette condition existe à la capacité d'absorption du sol.

La capacité d'absorption est définie comme étant l'eau retenue dans un sol contre la traction de la gravité

Saturation

Si plus d'eau est ajoutée, la capacité d'absorption est excédée et l'eau va remplir les espaces de pore capillaires. Une saturation complète est atteinte lorsque tous les espaces de pore sont remplis. L'addition d'eau supplémentaire résulte en un écoulement de surface et un puddlage. Voir l'illustration

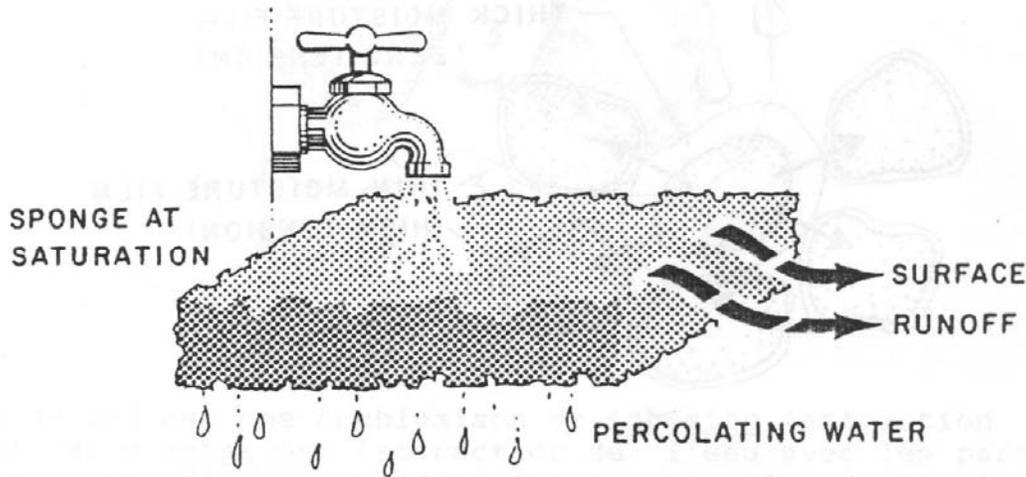


Figure 8.4 : Saturation de l'eau

Écoulement saturé - drainage

Le mouvement vers le bas de l'eau contenue dans le sol, causé par la gravité, s'appelle drainage ou écoulement saturé. Le drainage ne prendra place que lorsque le sol en entier atteint une tension nulle.

Perméabilité

C'est le taux de mouvement de l'humidité à travers le sol sous des conditions saturées.

Eau perchée

Si le sol est arrosé et que le sous-sol est mouillé, la capacité d'absorption est excédée très rapidement, avec le drainage l'accompagnant (écoulement saturé).

Des sols profonds, auxquels l'eau est ajoutée plus lentement que le sol ne peut la mouvoir dans un écoulement non saturé, n'atteindront pas une saturation. La saturation à la surface (puddlage) adviendra si l'eau est ajoutée trop vite. Cependant, le drainage n'advient pas sans que le sol entier soit saturé. La saturation débute lorsque l'eau en mouvement vient à l'encontre d'une couche de sol (ou barrière) de texture plus grossière. L'eau ne peut pas traverser la barrière (couche de sol plus grossier) jusqu'à ce qu'une région saturée se forme au-dessus de la barrière et que la pression hydraulique soit assez grande pour forcer l'eau à

passer au travers. La pression hydraulique est proportionnelle à la hauteur de l'eau dans la région saturée.

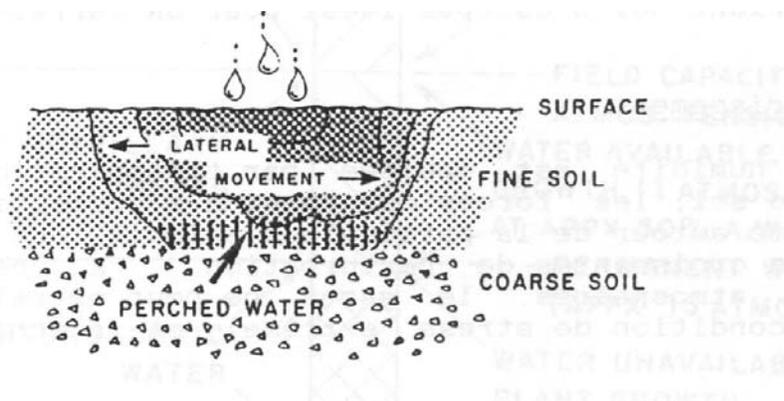


Figure 8.5 : Eau perchée

Ceci peut-être illustré par une éponge standard (1" x 3" x 6"). Laissez l'éponge à plat dans votre main et remplissez-la jusqu'à saturation. Maintenant, sans ajouter d'eau, effleurez-la sur les côtés et l'eau va déborder. De nouveau, effleurez l'éponge debout et plus d'eau en débordera. Chaque fois que l'éponge a été effleurée, la pression hydraulique a augmenté, forçant l'eau à s'écouler de l'éponge.

La base de l'éponge est appelée la table d'eau perchée effective et l'eau au-dessus de la base appelée eau perchée.

Relations sol-eau-gazon

Le gazon requiert un sol, de l'eau et de l'air pour survivre. En assumant qu'un volume typique de sol est constitué d'environ 50% de matière minérale et organique et de 50% d'espace de pore, le gazon périrait vite si les espaces de pore étaient remplies d'eau (saturation), à cause d'un manque d'air.



Figure 8.6 : Relations sol-eau-gazon

Alors que l'eau se draine par gravité des espaces de pore, elle est remplacée par l'air. à la capacité d'absorption, environ 50% de l'humidité de sol est remplacée tel que montré dans le diagramme. Cette condition est optimale pour la croissance du gazon. Le gazon éprouve peu de difficultés à extraire l'eau des particules de sol. Cependant, des conditions de non-perturbation de l'humidité produisent un gazon luxuriant qui n'est pas idéal pour un terrain de golf.

Point de flétrissement

Alors que l'humidité est épuisée par transpiration du gazon et par évaporation du sol, les forces de tension s'accroissent alors que le film d'humidité autour de la particule s'amincit. Le gazon est sujet à des conditions croissantes de perturbation. À une tension de sol d'environ 15 atmosphères, le gazon ne peut extraire d'humidité des particules (conditions de stress extrême) et flétrira pour ensuite mourir.

Classification de l'humidité de sol

1. Eau gravitationnelle ou libre
L'eau est l'intervalle entre la saturation et la capacité d'absorption et sera enlevée 24 à 48 heures suivant une pluie de saturation. Cette eau n'est pas disponible pour le gazon.
2. Capillarité ou eau disponible
L'eau est l'intervalle entre la capacité d'absorption et le point de flétrissement. À la capacité d'absorption, l'humidité du sol est facilement disponible et le gazon n'est pas perturbé. Cependant, alors que l'humidité est utilisée d'épuisée, la perturbation subie par le gazon augmente jusqu'à ce que l'eau disponible tombe au point de flétrissement.
3. Eau hydroscopique ou non disponible
L'eau est l'intervalle entre le point de flétrissement et le sol séché à l'air ou au four. Ce mince film d'humidité est maintenu par de grandes forces de tension et n'est pas disponible pour le gazon.

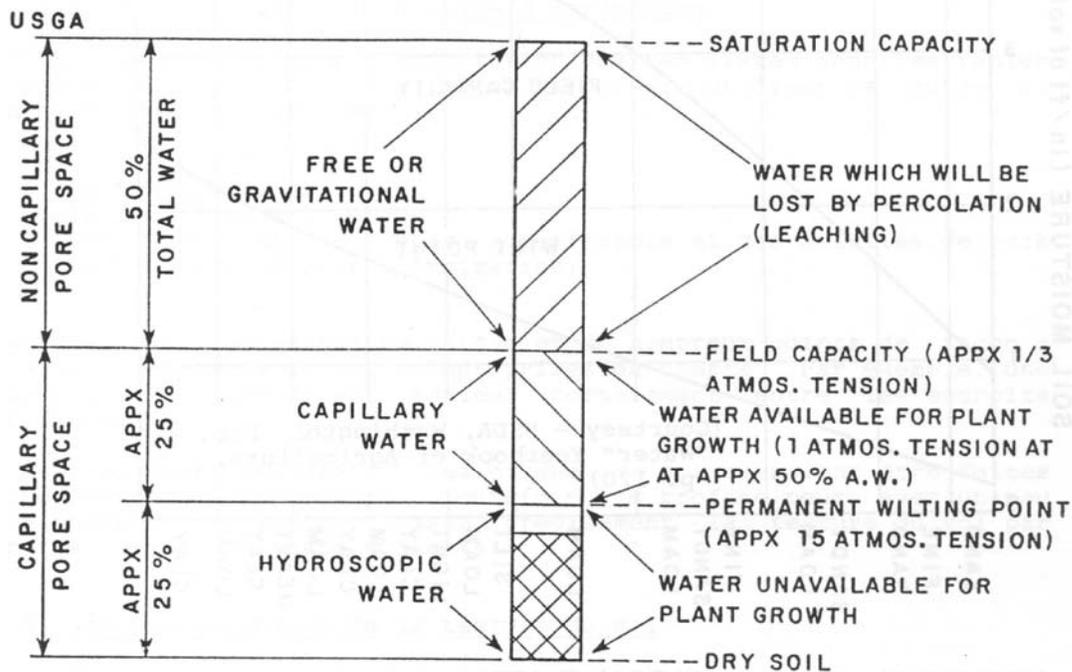


Figure 8.7 : Capillaire

Espace de pore non capillaire

C'est l'espace duquel de l'eau gravitationnelle (entre C.A. et saturation) est enlevée et remplacée par de l'air.

Espace de pore capillaire

C'est l'espace duquel de l'eau capillaire et hydroscopique (entre sécheresse de four et C.A.) sera enlevée par séchage.

Caractéristiques typiques d'absorption d'eau de différents types de sols

Le nombre moyen de pouces d'eau disponible pour chaque type de sol correspond aux valeurs montrées dans la table ci-dessous. Toutefois, il doit être mentionné que les valeurs vont varier avec la compacité, le contenu organique, etc.

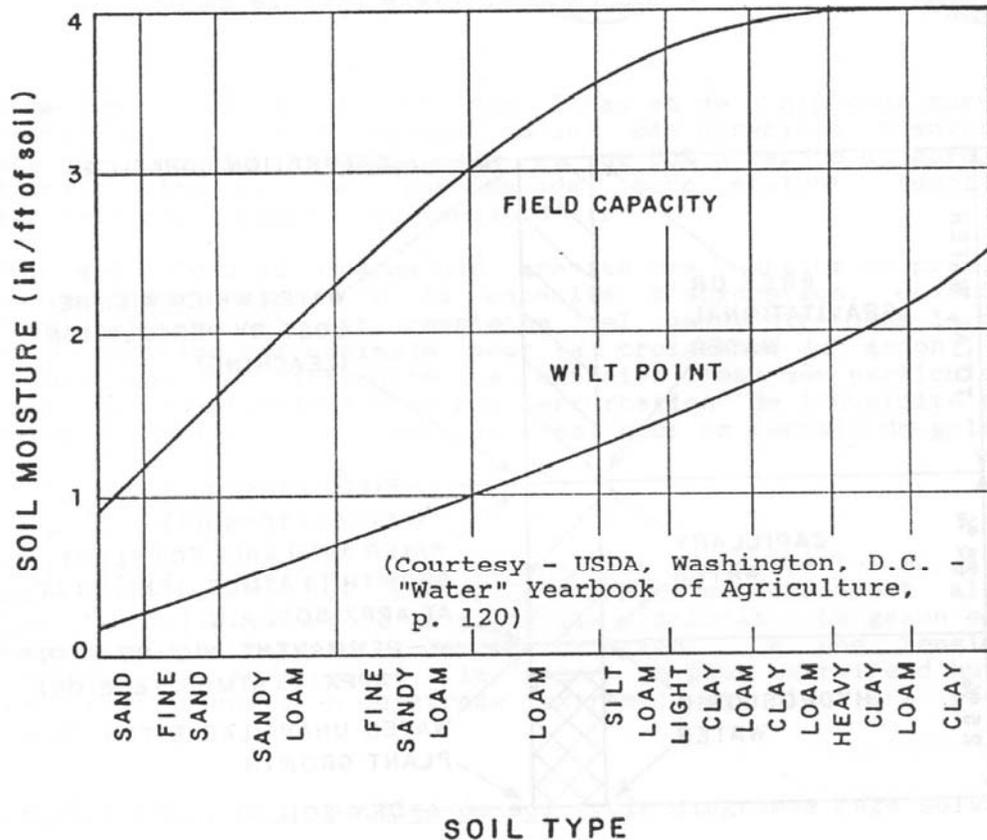


Figure 8.8 : Humidité du sol

Du point de vue pratique, la quantité d'humidité présente est trouvée en faisant des observations périodiques du cycle mouillé - sec-mouillé. Une étude des échantillons de sol faite pendant et après une pluie de saturation et jusqu'à ce que le sol paraisse sec et que le gazon commence à flétrir ; après une certaine pratique, on sera capable de déterminer le niveau d'humidité du sol par un examen.

Déterminer la quantité d'eau quotidienne

L'eau contenue dans le sol est épuisée de deux façons principalement :

1. par transpiration - le processus par lequel le gazon consomme de l'eau ;
2. par évaporation - le processus par lequel de l'eau est perdue dans l'atmosphère directement par la surface du sol.

Le taux d'évapotranspiration est influencé par quatre principaux facteurs climatiques qui peuvent changer quotidiennement. Ces derniers sont :

1. Température moyenne de la journée
2. Durée d'ensoleillement pendant la journée

3. Humidité relative moyenne pour la journée
4. Vitesse moyenne du vent pour la journée

Plusieurs expériences ont permis d'établir que de ces quatre, seulement la température et la durée d'ensoleillement sont les plus significatives. Ainsi donc, l'humidité relative et la vitesse du vent peuvent être négligées.

Étant donné que la température moyenne mensuelle et le pourcentage des heures d'ensoleillement annuel dans un mois sont constants pour une latitude donnée, les taux moyens de consommation d'eau quotidienne peuvent être traités.

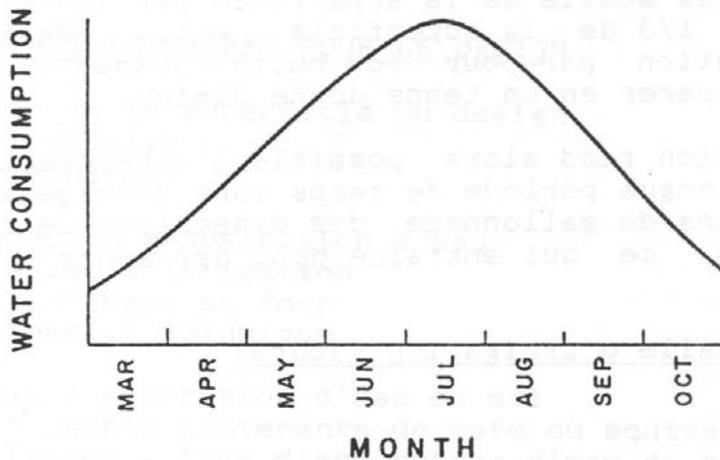


Figure 8.9 : Consommation mensuelle de l'eau

Méthode 1 - Détermination du taux quotidien d'évapotranspiration pour les sols du Massachusetts

La table suivante peut servir de guide pour l'estimation du taux quotidien d'évapotranspiration. Cette table est toutefois basée sur une température moyenne hebdomadaire.

Tableau 8.1 : Estimé des taux d'évapotranspiration (pouces d'eau)*

Température moyenne Hebdomadaire (°F)	Taux d'évapotranspiration	
	Quotidien	Hebdomadaire
52	.072	.50
54	.090	.63
56	.100	.70
58	.109	.76
60	.120	.84
62	.131	.92
Moy. 64	.141	.98
66	.150	1.05

68	.160	1.12
70	.170	1.19
72	.180	1.26
74	.192	1.34
Max. 76	.203	1.42

* Basé sur des observations météorologiques à l'Université du Massachusetts, Amherst.

Détermination de l'intervalle d'irrigation

L'intervalle d'irrigation est trouvé en déterminant le nombre de jours requis pour réduire l'humidité du sol de la capacité d'absorption au point d'irrigation.

Alors que l'intervalle (jours) d'irrigation augment, la superficie à irriguer diminue. C'est donc dire qu'un intervalle de deux jours permet l'arrosage de la moitié de la superficie par jour (ou nuit); un intervalle de 3 jours 1/3 de la superficie, etc. Également, alors que le temps d'irrigation par jour (ou nuit) augmente, le nombre de gicleurs requis pour opérer en un temps donné diminue.

L'intervalle d'irrigation rend alors possible l'achèvement d'un cycle d'irrigation sur une longue période de temps sans dommage au gazon avec moins de gicleurs, moins de gallonnage, des dimensions de tuyaux et de pompes plus réduites, ce qui entraîne donc des coûts d'installation plus bas.

Résoudre pour l'intervalle d'irrigation (jours)

Formule:
$$I.I. = \frac{C.A. \text{ (pouces d'eau)} - P.I. \text{ (pouce d'eau)}}{\text{Taux quotidien d'E.-T.}}$$

Note: Utiliser le maximum pour votre superficie

Exemple:

Trouvez l'intervalle d'irrigation pour un terrain de golf constitué d'un sol partiellement sablonneux (capacité d'absorption = 2.0") et d'un sol de glaise sablonneuse (capacité d'absorption = 4.0"). Le taux d'évapotranspiration = 0.20" par jour. ????

Chapitre 9 - Vanne en détail

Valves hydrauliques

Cette section a pour but de définir les différences fondamentales entre les valves utilisées communément dans l'industrie de l'irrigation. Nous définirons trois groupes de valves afin de vous familiariser avec chacun.

- Constructions des valves - montage de type avec diaphragme et de type avec piston
- Type d'opération des valves - définition de valve électrique, normalement ouverte et fonctionnement de valve « pin-type »
- Activation de la valve - description de l'activation hydraulique et électrique

a. Construction des valves

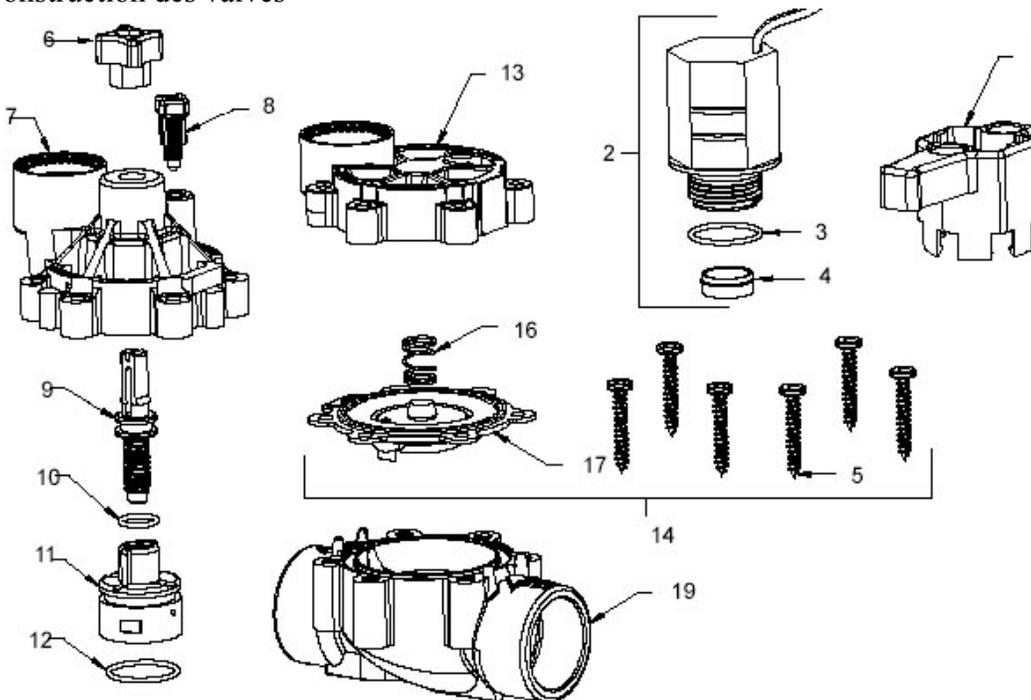


Figure 9.1 : Valves à diaphragme et fonctions clés

- Couvercle de la valve : Il fournit le plafond de la chambre hydraulique, permettant à la pression de se bâtir entre celui-ci et le diaphragme. Il fournit aussi un support au diaphragme en position ouverte.
- Le ressort : Aide à pousser le diaphragme en position fermée.
- Le diaphragme : Poussé par la pression ce chaque côté, celui-ci se meut verticalement. Le dessous du diaphragme lorsqu'en contact avec le siège du corps de la valve retient l'écoulement d'eau. La valve est alors en position fermée.
- Le support du diaphragme : Il fournit un support au diaphragme en position fermée.

5. Le corps de la valve : Il contient le siège à travers lequel l'eau s'écoule, son ouverture et sa fermeture sont contrôlés par le diaphragme. L'eau peut passer directement dans le corps de la valve ou en angle de 90 degrés selon l'utilisation que l'on veut en faire.



Figure 9.2 : Construction de valve à type à piston et fonctionnement des pièces clés.

1. Le cylindre de la valve : Il fournit le plafond et les murs de la chambre hydraulique, permettant à la pression d'eau de se bâtir entre celui-ci et le piston. Le piston se meut verticalement à l'intérieur des murs du cylindre et l'eau s'écoule autour de l'extérieur du cylindre.
2. Le ressort : Il aide à pousser le piston en position fermée.
3. Le piston : Il est poussé par la pression d'eau de chaque côté et se meut verticalement. Le caoutchouc isolant du piston est situé autour de celui-ci et scelle les murs du cylindre. Le caoutchouc isolant du dessous du piston entre en contact avec le siège du corps de la valve obstruant le passage de l'eau en position fermée.

b. Type d'opérations des valves

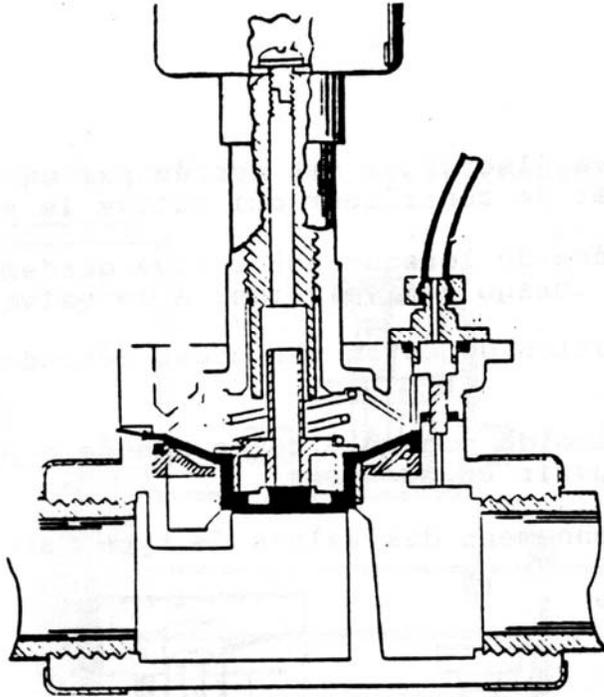


Figure 9.3 : Opération des valves normalement ouvertes

1. Les valves normalement ouvertes sont opérées par tube de contrôle venant de la valve de sélection du contrôleur.
2. Le tube de contrôle est pressurisé pour la fermeture de la valve et est aussi utilisé pour l'évacuation de la pression permettant à la valve d'ouvrir.
3. L'opération de la valve est dépendante d'une arrivée d'eau externe.
4. Cette valve n'utilise pas sa pression interne afin de contrôler son opération.

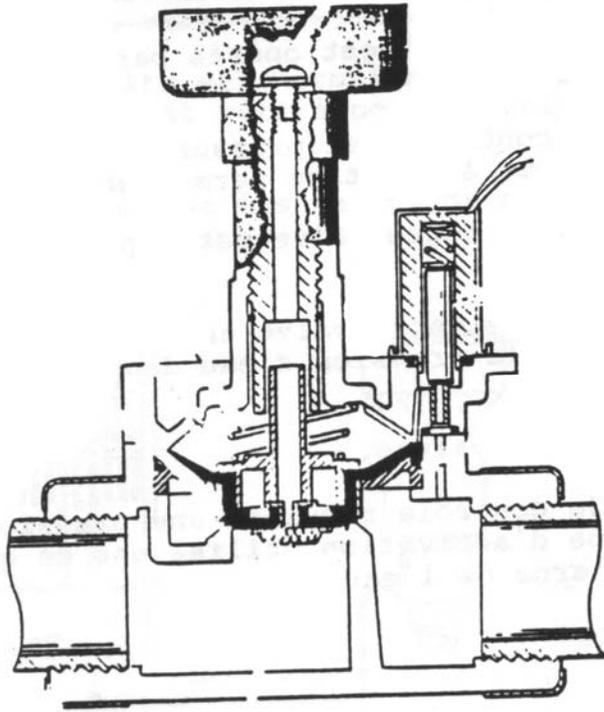


Figure 9.4 : Opération des valves électriques

1. La valve électrique est opérée par un voltage de 24 volts A.C. produit par le contrôleur qui active le solénoïde.
2. Le solénoïde lorsque non activé gardera la valve en position fermée et lorsqu'il est activé permet à la valve de s'ouvrir.
3. L'opération de cette valve est dépendante d'une amenée d'eau interne.
4. Le solénoïde contrôle cette amenée d'eau et permettra à la valve d'ouvrir et de fermer.

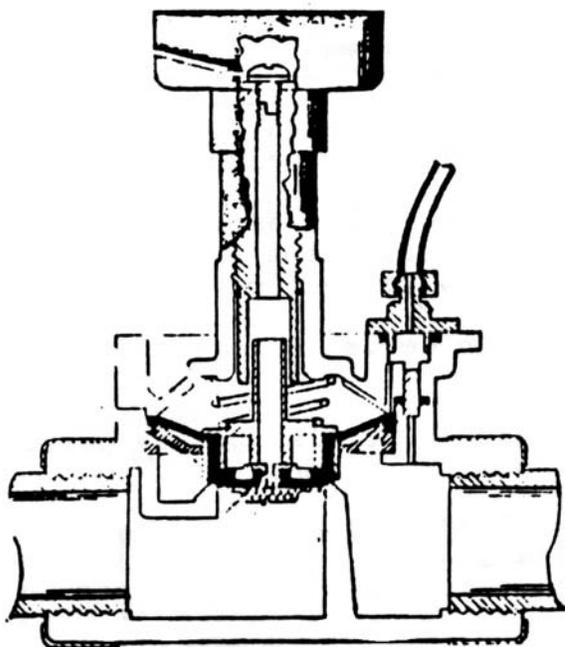


Figure 9.5 : Fonctionnement des valves de type « pin-type »

1. La valve « pin-type » est opérée par un tube de contrôle relié au contrôleur.
 2. Le tube de contrôle est pressurisé afin de fermer la valve et est utilisé comme évacuation permettant à la valve d'ouvrir.
 3. L'opération de cette valve est dépendante d'une amenée d'eau interne
 4. L'activation de cette valve est contrôlée par la retenue ou l'évacuation de la pression d'eau dans le tube de contrôle par le contrôleur.
- c. Activation des valves
- Toute valve de contrôle requiert une pression d'eau interne pour opérer. Le type d'activation utilisé est ce qui contrôle le mouvement interne de l'eau.

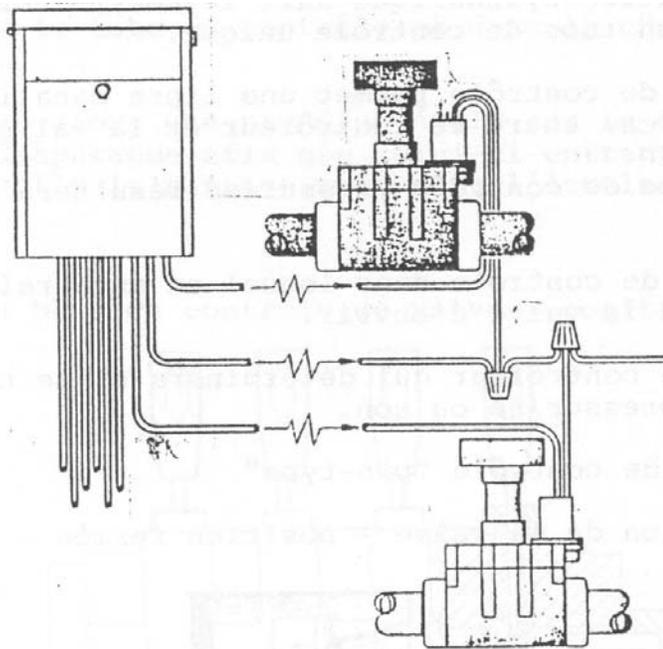


Figure 9.6 : Activation électrique des valves de contrôle

1. L'activation du 24 volts est reliée entre le contrôleur et la valve par une paire de fils, l'un est utilisé comme commun à toutes les valves et l'autre produit le 24 volts
2. Le contrôleur est la source de courant 24 volts
3. Le solénoïde est la partie activée par le 24 volts provenant du contrôleur à travers le filage.
4. Le bobinage du solénoïde permet au piston de se mouvoir verticalement, ouvrant ou fermant l'orifice d'évacuation situé dans le corps de la valve.
5. Le pouvoir 24 volts est normalement utilisé afin d'ouvrir la valve électrique et est retiré pour obtenir la fermeture de celle-ci.

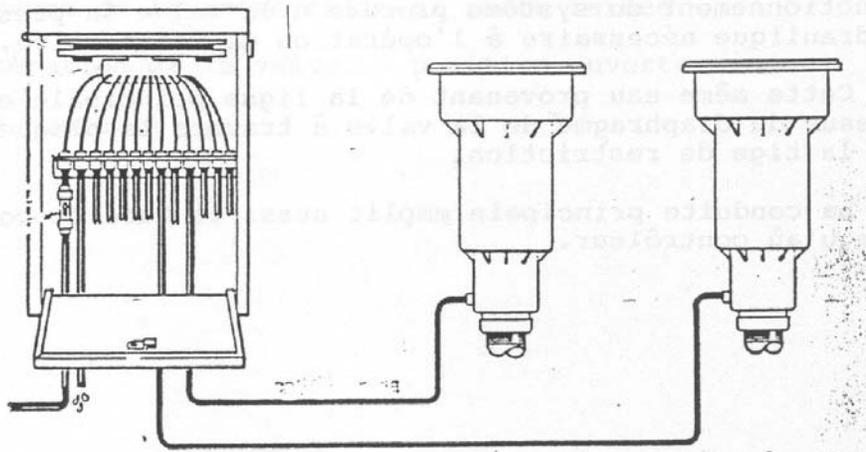


Figure 9.7 : Activation hydraulique des valves de contrôle

1. L'activation hydraulique unit le contrôleur à la valve utilisant un tube de contrôle unique.
2. Le tube de contrôle permet une libre canalisation de la pression d'eau entre le contrôleur et la valve.
3. D'un tube de contrôle pressurisé résultera la fermeture de la valve.
4. Un tube de contrôle dans lequel on aura relâché la pression permettra à la valve d'ouvrir.
5. C'est le contrôleur qui déterminera si le tube de contrôle doit être pressurisé ou non.

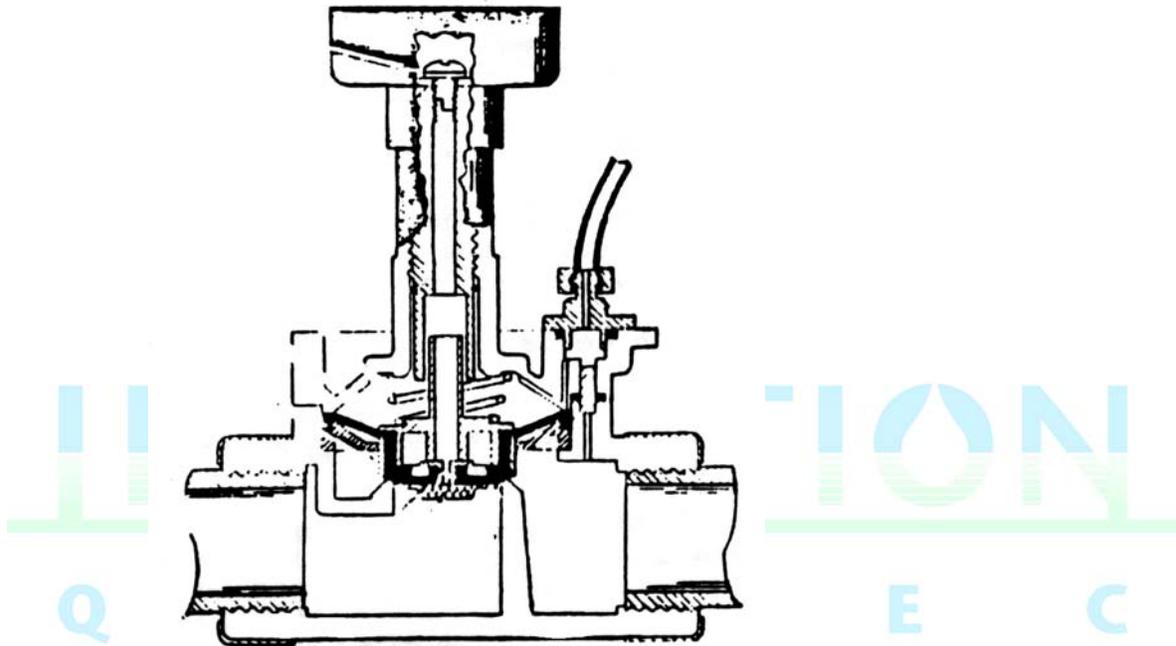


Figure 9.8 : Opération de la valve - position fermée

1. La conduite principale amenant l'eau nécessaire au fonctionnement du système procure à la valve la pression hydraulique nécessaire à l'opération de cette valve.
2. Cette même eau provenant de la ligne principale est amenée au-dessus du diaphragme de la valve à travers la plaque d'ouverture et la tige de restriction.
3. La conduite principale emplit aussi le tube de contrôle jusqu'au contrôleur.