

## Irrigation des arbres fruitiers

### Auteurs

Philippe Monney, Esther Bravin

Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de  
l'économie DFE

**Station de recherche  
Agroscope Changins-Wädenswil ACW**

## Mentions légales

Éditeur	Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW
Illustration	Marianne Engeli
Copyright	Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW

# Table des matières

<b>1 Introduction</b> .....	<b>4</b>
<b>2 La réserve en eau du sol</b> .....	<b>4</b>
<b>3 Systèmes d'irrigation</b> .....	<b>4</b>
3.1 Irrigation de surface en plein .....	7
3.1.1 Aspersions sur frondaison.....	7
3.1.2 Aspersions sous frondaison .....	9
3.2 Irrigation localisée.....	11
3.2.1 Micro-aspersion .....	11
3.2.2 Goutte à goutte .....	13
<b>4 Principes de gestion de l'irrigation</b> .....	<b>15</b>
4.1 Irrigation à déficit constant.....	15
4.2 Irrigation à fréquence constante .....	15
4.3 Irrigation déficitaire.....	15
4.3.1 Irrigation déficitaire avec système en plein .....	15
4.3.2 Irrigation déficitaire avec système localisé.....	16
<b>5 Bilan hydrique</b> .....	<b>16</b>
<b>6 Utilisation de sondes</b> .....	<b>17</b>
6.1 Irrigation de surface ou micro-aspersion .....	17
6.2 Positionnement des sondes.....	18
6.3 Irrigation au goutte à goutte.....	18
6.4 Positionnement des sondes.....	19
<b>7 Les différents types de sonde</b> .....	<b>19</b>
7.1 Sondes tensiométriques.....	19
7.2 Sondes capacitives .....	21
<b>8 Transfert des données</b> .....	<b>22</b>
8.1 Données enregistrées .....	22
8.2 Transmission sans fil (réseau de capteurs) .....	23
<b>9 Automatisation</b> .....	<b>24</b>
9.1 Irrigation automatique .....	24
<b>10 Cas pratiques</b> .....	<b>25</b>
10.1 Gestion de l'irrigation au goutte à goutte, 1 apport par jour .....	25
10.2 Gestion de l'irrigation au goutte à goutte, 2 apports par semaine .....	26
10.3 Gestion de l'irrigation au goutte à goutte, rationnement .....	26

# 1 Introduction

De nombreux aspects d'ordre climatique, pédologique législatif, économique et humain déterminent l'importance du choix du système d'irrigation. Une gestion correcte de l'eau passe par l'utilisation d'outils de mesure et de méthodes d'application raisonnées. Cette gestion est liée à des contraintes de temps supplémentaires, d'investissement en matériel adapté et de nouvelles connaissances.

Ce guide est une instruction pour un pilotage correct de l'irrigation. Il présente les principales techniques, leur principe de fonctionnement et de gestion ainsi qu'une fourchette de prix pour des produits disponibles sur le marché. Pour les usagers avertis, il signale également quelques innovations techniques.

## 2 La réserve en eau du sol

Seule une partie de la réserve en eau contenue dans le sol peut être utilisée par les plantes. On considère généralement 2 niveaux de **réserve utile (RU)** (voir fig. 2):

a: La **réserve facilement utilisable (RFU)**, soit l'eau contenue dans les pores grossiers du sol, que la plante peut absorber sans difficulté.

b: La **réserve de survie (RU – RFU)** soit le solde de la RU lorsque la RFU est consommée. L'épuisement de la RFU provoque graduellement l'apparition de stress pour les plantes.

## 3 Systèmes d'irrigation

On classe les systèmes en deux catégories, elles-mêmes subdivisées en deux groupes (fig. 1). Chacun constitue une solution plus ou moins bien adaptée à une situation donnée et

possède des caractéristiques techniques précises. Le tableau 1 résume les différents critères à prendre en compte.

Figure 1: Systèmes d'irrigation

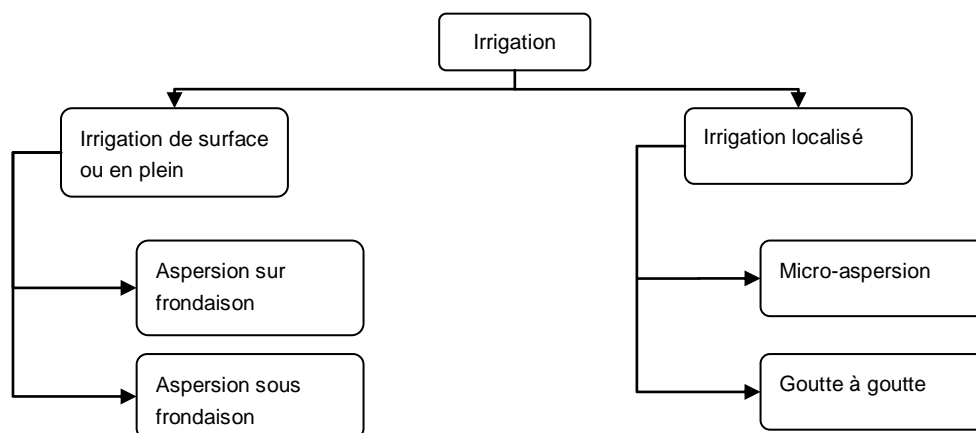


Figure 2: Réserve du sol

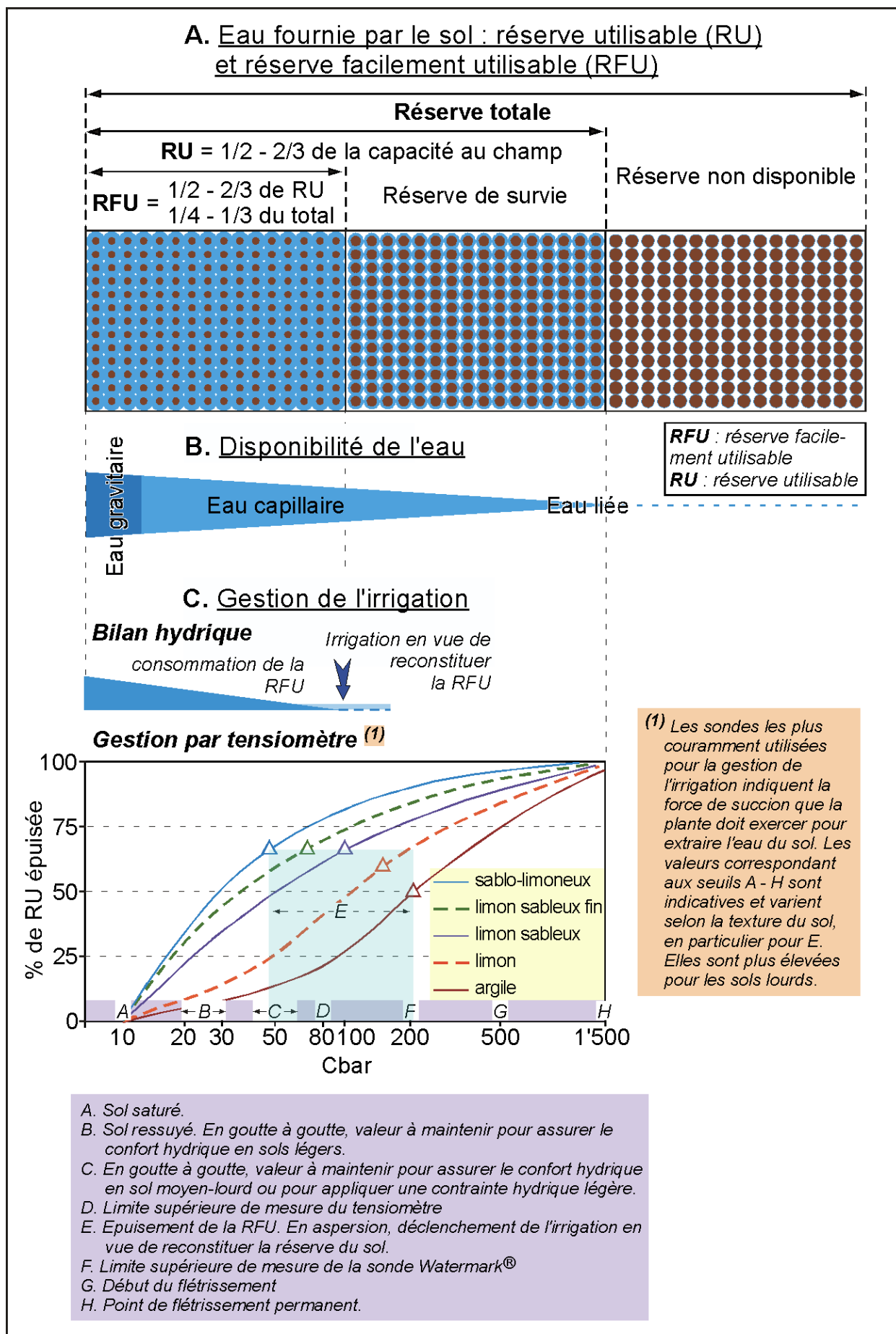


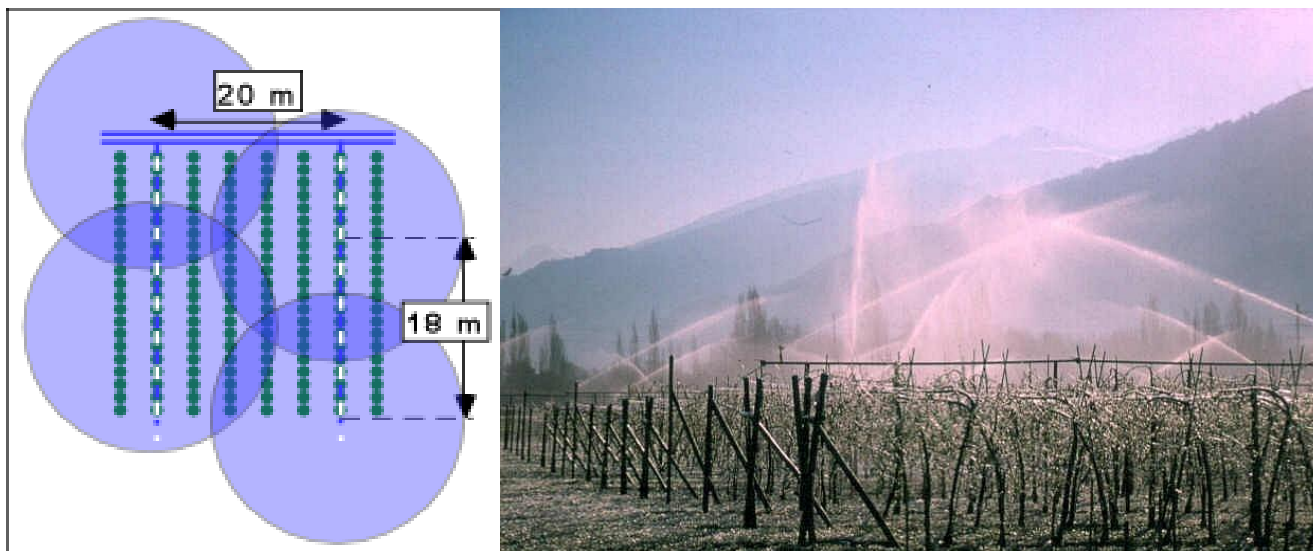
Tableau 1: Présentation synoptique

	Irrigation de surface ou en plein		Irrigation localisée	
	Aspersion sur frondaison	Aspersion sous frondaison	Micro-aspersion	Goutte à goutte
<b>Conditions requises</b>				
<b>Cultures arboricoles</b>	Toutes les cultures Attention aux variétés sensibles à l'éclatement	Toutes les cultures	Toutes les cultures	Toutes. Adaptation pas liée à l'espèce mais au système. 2 goutteurs/arbre pour faibles densités de plantation.
<b>Type de sol</b>	Tous types de sol	Tous types de sol	Tous types de sol	Sols à bonne conductivité hydrique. A éviter, ou multiplier le nb. de goutteurs à faible débit dans sols très lourds, compacts, à structure dégradée, avec horizon superficiel peu perméable ou dans sols très sableux/caillouteux.
<b>Tours d'eau</b>	5-15 jours	5-15 jours	3-7 jours	1 – 3 jours (voir 4.2, irrigation à fréquence constante)
<b>Débit de l'installation</b>	Elevé (en moyenne 40 m <sup>3</sup> /h/ ha)	Moyen à très élevé, p.ex. 400 arbres/ha: 20-30 m <sup>3</sup> /ha/h 2000 arbres/ha: 35-100 m <sup>3</sup> /ha/h	Moyen à élevé, p.ex. 400 arbres/ha: 15-25 m <sup>3</sup> /ha/h 2000 arbres/ha: 35-50 m <sup>3</sup> /ha/h	Faible, p. ex pommier 2000 arbres/ha Goutteurs dérivation 2l/h: 4 m <sup>3</sup> /ha/h Double gaine 0.75m/2.3l/h : 15 m <sup>3</sup> /ha/h
<b>Pression de service</b>	4 bars	1.5-3 bars	1.5 bars	1 bar 1-4 bars (goutteurs autorégulés)
<b>Qualité de l'eau</b>	En cas de présence de limon, taches sur les fruits	Rôle mineur	Filtration fine, 130µ	Filtration très fine, 100µ, En cas d'eau très trouble, double filtration.
<b>Avantages / désavantages</b>				
<b>Effets accessoires favorables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lutte contre le gel</li> <li>- Bassinage (folletage, coloration des fruits)</li> <li>- Lutte contre psylle du poirier</li> <li>- Favorise l'humidité ambiante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Favorise l'humidité ambiante, mais effet inférieur à celui de l'aspersion sur frondaison.</li> <li>- Pas de lessivage des produits phytosanitaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ferti-irrigation possible</li> <li>- Pas de lessivage des produits phytosanitaires</li> <li>- Automatisation possible</li> <li>- Limite l'érosion du sol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ferti-irrigation possible</li> <li>- Pas de lessivage des produits phytosanitaires</li> <li>- Automatisation possible</li> <li>- Limite l'érosion du sol</li> </ul>
<b>Eléments négatifs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Favorise certaines maladies</li> <li>- Contribue au lessivage des produits phyto.</li> <li>- Accentue l'érosion du sol</li> <li>- Médiocre répartition de l'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accentue l'érosion du sol</li> <li>- Médiocre répartition de l'eau</li> <li>- Pas adapté à la lutte contre le gel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas adapté à la lutte contre le gel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas adapté à la lutte contre le gel</li> </ul>
<b>Consommation d'eau</b>	Elevée en raison des pertes par mauvaise répartition, évaporation, ruissellement, absence de localisation.	Idem que sur frondaison	Economie possible par rapport à l'irrigation en plein.	Importante économie par rapport à l'irrigation en plein. Economie possible par rapport à la micro-aspersion.
<b>Gestion</b>				
<b>Méthode recommandée</b>	Déficit constant	Déficit constant	Déficit constant	Fréquence constante Fréquence et doses à ajuster si besoin 1 fois par semaine.
<b>Bilan hydrique</b>	Oui	Oui	Pas recommandé	Non
<b>Tensiométrie</b>	Complément ou alternative au bilan hydrique	Idem que sur frondaison	Oui	Oui
<b>Sondes capacitives</b>	Oui	Oui	Oui	Expérience limitée
<b>Irrigation déficitaire</b>	Possible mais risquée	Possible mais risquée	Possible	Possible
<b>Aspects économiques</b>				
<b>Investissement</b>	Elevé	Elevé	Moyen à élevé	Faible à moyen

## 3.1 Irrigation de surface en plein

### 3.1.1 Aspersion sur frondaison

Figure 3: Répartition de l'eau en aspersion



<b>Matériel</b>	Portée des asperseurs de 14 à 15 m Diamètre des buses de 4-5 mm
<b>Débit des asperseurs</b>	1200 à 1800 l/h
<b>Débit des installations</b>	35-50 m <sup>3</sup> /ha/h
<b>Pression de service</b>	3,5-4,5 bars
<b>Exemple de calcul</b>	Débit nominal donné par le constructeur (Rolland, type 17C) Pour diamètre de buse = 4,2 mm et pression = 4 bars → 1360 l/h Nb asperseurs/ha : 10'000 / (20 * 18) = 27,8 Pluviométrie : (1360 * 27,8) / 10000 = 3,8 mm/h, soit 38 m <sup>3</sup> /ha/h

Tableau 2: Exemples de pluviométries calculées pour différentes configurations

Diamètre des buses (mm ou ")	Pression bars	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Pluviométrie (mm) en fonction de la distance entre les jets (m)		
			16 x 20	18 x 20	20 x 20
3.97 (5/32")	3.5	1.14	3.6	3.2	2.9
	4	1.22	3.8	3.4	3.1
	4.5	1.32	4.1	3.7	3.3
	5	1.36	4.3	3.8	3.4
4.37 (11/64")	3.5	1.39	4.3	3.9	3.5
	4	1.47	4.6	4.1	3.7
	4.5	1.57	4.9	4.4	3.9
	5	1.66	5.2	4.6	4.2
4.76 (3/16")	3.5	1.65	5.2	4.6	4.1
	4	1.77	5.5	4.9	4.4
	4.5	1.87	5.8	5.2	4.7
	5	1.96	6.1	5.4	4.9

(Source: donnée du constructeur, Rainbird modèle 30H)

Diamètre des buses (mm)	Pression (bars)	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Pluviométrie (mm) en fonction de la distance entre les jets (m)		
			16 x 20	18 x 20	20 x 20
4	3.5	1.15	3.6	3.2	2.9
4.2	3.5	1.26	3.9	3.5	3.2
	4	1.36	4.3	3.8	3.4
4.5	3.5	1.4	4.4	3.9	3.5
	4	1.5	4.7	4.2	3.8
5	3.5	1.6	5.0	4.4	4.0
	4	1.7	5.3	4.7	4.3

(Source: donnée du constructeur, Rolland type 17C)

Les zones encadrées en rouge représentent les pluviométries usuelles. Les données du constructeur prévoient également un intervalle maximum de 21m entre les asperseurs pour une disposition en quinconce (figure 3).

Gestion de l'irrigation: à déficit constant. La méthode la plus courante est celle du bilan hydrique. L'utilisation de tensiomètres est possible en tant qu'alternative ou complément.

Disposition des asperseurs: Une disposition optimale est nécessaire pour assurer une homogénéité acceptable de la répartition de l'eau. La disposition en quinconce donne les meilleurs résultats. Malgré cela, la répartition de l'eau reste un point faible du système. Les pertes par évaporation sont importantes et une partie de l'eau qui tombe dans l'interligne n'est pas valorisée par la culture. L'efficacité des irrigations (part consommée / total des apports) dépasse donc rarement 70 %. Le contre-jour à la figure 3 illustre la part importante de fines gouttelettes en suspension dans l'air, particulièrement sensibles à la dérive en cas de vent.

Méthode pratique de mesure de l'uniformité de l'arrosage:

Des récipients sont disposés dans la culture selon un quadrillage uniforme et répétés à différents emplacements. Les mesures des hauteurs d'eau sont utilisées dans la formule de Christiansen. Une valeur égale ou supérieure à 85% est requise pour une lutte antigel optimale.

$$CUc = 100 \left( 1 - \frac{\Delta}{H} \right)$$

CUc: coefficient d'uniformité de Christiansen  
 $\Delta$  : valeur absolue de l'écart moyen à la moyenne  
H : moyenne des mesures



Figure 4: Lutte contre le gel: Une pluviométrie de 4 mm/h (40 m<sup>3</sup>/ha/h) et une vitesse de rotation des asperseurs de 1 tour/min garantissent une bonne protection jusqu'à -7 voire -8 C°. Lorsque l'aspersion est utilisée contre les gelées printanières, le dimensionnement des installations doit permettre une couverture simultanée de toutes les parcelles.



## Investissement

Pour l'aspersion sur frondaison l'investissement par hectare comprend les postes suivants:

Exemple 1 ha avec plantation 4 m x 1.25 m

Tableau 3: Aspersion sur frondaison

Aspersion sur frondaison	Montant (Fr.)
Nourrice	800 .-
Conduites	4'400 .-
Cannes et asperseurs	3'000 .-
Total	<sup>1</sup> 8'200 .-

<sup>1</sup> Sans rabais, TVA incluse

Les valeurs d'investissement ont été calculées par plusieurs entreprises suisses. Le tableau représente l'une des propositions obtenues suite à cette enquête avec le détail des principaux postes, soit nourrices, rampes et jets.

La fourchette présentée plus bas (coût total du système) indique respectivement l'offre la plus basse et la plus élevée. Les valeurs correspondant au temps de travail et de maintenance proviennent d'une enquête d'ACW auprès d'un groupe de producteurs valaisans et d'informations transmises par les conseillers techniques de Suisse orientale.

Le coût total du système varie entre 6'000 et 10'000 Fr./ha en fonction du fournisseur et de la qualité des produits utilisés.

Pour l'installation, il faut compter environ 100 heures de travail. Pour l'utilisation de l'aspersion sur frondaison, l'eau doit avoir une pression de 3-5 - 4.5 bars. L'installation d'une pompe pourrait donc être nécessaire. L'installation d'une pompe peut coûter jusqu'à 6'000 Fr./ha.

Pour les travaux annuels d'entretien et de maintenance (contrôle et rinçage), calculer environ 15 heures de travail.

### 3.1.2 Aspersion sous frondaison

#### Répartition de l'eau

La répartition est la même que pour l'aspersion sur frondaison avec toutefois des jets d'une portée plus faible et une densité de jets plus élevée.

#### Matériel

Portée des asperseurs de 7.0 à 10.8 m

Diamètre des buses de 2.5 – 3.5 mm

#### Débit des asperseurs

350 à 990 l/h

#### Débit des installations

30-70 m<sup>3</sup>/ha/h

#### Pression de service

3,5 - 4,5 bars

#### Exemple de calcul

Débit nominal donné par le constructeur (Rolland, type 8 C)

Pour diamètre de buse = 2,5 mm et pression = 3,0 bars → 426 l/h

Nb asperseurs / ha : 10'000 / (8 \* 8) = 156

Pluviométrie : (426 \* 156) / 10000 = 6,6 mm/h, soit 66 m<sup>3</sup>/ha/h



Figure 5: Irrigation sous frondaison avec asperseurs métalliques à balancier en culture d'abricotier

A côté des modèles en laiton, relativement coûteux (env. Fr. 25.-), il existe des modèles en plastique, plus économiques (env. Fr. 9.- pour le Rolland, type 10.9) qui, bien que plus fragiles, donnent satisfaction. Les modèles meilleur marché sont à déconseiller en raison de la mauvaise stabilité de leur système de fixation au sol.

D'une manière générale, on utilise l'aspersion sous frondaison pour les espèces dont les fruits supportent mal l'humectation (abricots, cerises).

Tableau 4: Exemples de pluviométries calculées pour différentes configurations

Buse (mm)	Pression (bars)	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Distance entre les jets (m)		
			8 x 8	6 x 12	12 x 12
2.5	2.0	0.348	5.4	4.8	2.4
	3.0	0.426	6.7	5.9	3.0
	4.0	0.485	7.6	6.7	3.4
2.8	2.0	0.417	6.5	5.8	2.9
	3.0	0.503	7.9	7.0	3.5
	4.0	0.580	9.1	8.1	4.0
3.0	2.0	0.485	7.6	6.7	3.4
	3.0	0.580	9.1	8.1	4.0
	4.0	0.674	10.5	9.4	4.7
3.5	2.0	0.633	9.9	8.8	4.4
	3.0	0.775	12.1	10.8	5.4
	4.0	0.992	15.5	13.8	6.9

Source: données du constructeur, Rolland type 8C

Buse (mm ou ")	Pression (bars)	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Distance entre les jets (m)		
			8 x 8	6 x 12	12 x 12
2.78 (7/64")	1.7	0.41	6.4	5.7	2.8
	2.0	0.44	6.9	6.1	3.1
	2.5	0.49	7.7	6.8	3.4
	3.0	0.54	8.4	7.5	3.8
	3.5	0.58	9.1	8.1	4.0
3.18 (1/8")	1.7	0.54	8.4	7.5	3.8
	2.0	0.58	9.1	8.1	4.0
	2.5	0.64	10.0	8.9	4.4
	3.0	0.71	11.1	9.9	4.9
	3.5	0.76	11.9	10.6	5.3

Source: données du constructeur, Rainbird modèle L20 H

Figure 6: Irrigation sous frondaison avec micro-asperseurs tournants en plastique



Jets tournants en culture de cerisier. Suspendus ou montés "tête en-haut" sur des supports plantés dans le sol, ces micro-jets tournants constituent une alternative bon marché, mais moins robuste et moins fiables que les classiques asperseurs à balancier.



## Investissement

Avec l'aspersion sous frondaison, 2 options sont possibles: asperseurs en plastique ou asperseurs en métal.

Pour l'aspersion sous frondaison avec asperseurs en plastique, l'investissement par hectare comprend les postes suivants:

Tableau 5: Exemple 1 ha avec plantation à 4 m x 1.25 m

Aspersion sous frondaison avec asperseurs en plastique	Montant (Fr.)
Nourrice	900.-
Tubes	7'200.-
Jets	1'300.-
Total	<sup>1</sup> 9'400.-

Pour l'aspersion sous frondaison avec arroseurs métalliques l'investissement par hectare comprend les postes suivants:

Tableau 6: Exemple 1 ha avec plantation 4 m x 1.25 m

Aspersion sous frondaison avec asperseurs métalliques	Montant (Fr.)
Nourrice	1'000.-
Tubes	6'500.-
Asperseur	3'000.-
Total	<sup>1</sup> 10'500.-

<sup>1</sup> Sans rabais, TVA incluse

Les valeurs d'investissement ont été calculées par plusieurs entreprises suisses. Le tableau représente l'une des propositions obtenues suite à cette enquête avec le détail des principaux postes, soit nourrices, rampes et jets. La fourchette présentée indique respectivement l'offre la plus basse et la plus élevée. Les valeurs correspondant au temps de travail et de maintenance proviennent d'une enquête d'ACW auprès d'un groupe de producteurs valaisans et d'informations transmises par les conseillers techniques de Suisse orientale.

Le coût total varie entre 8'500 et 11'000 Fr./ha en fonction du fournisseur et de la qualité des produits utilisés.

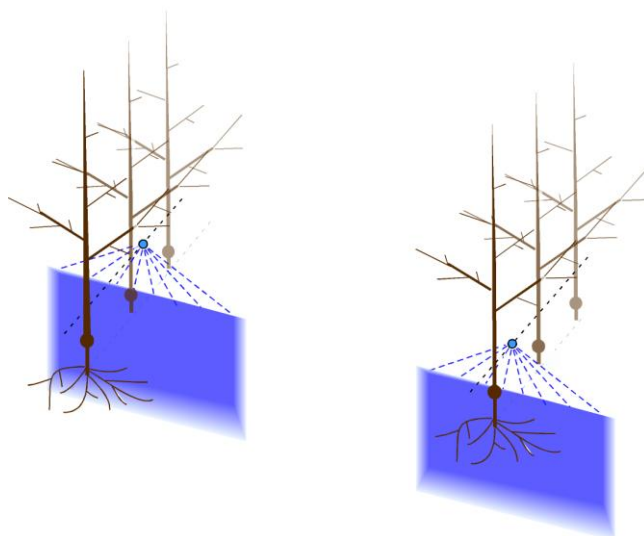
Pour l'installation, il faut compter environ 100 heures de travail. Pour les travaux annuels d'entretien et maintenance (contrôle et rinçage), calculer environ 15 heures de travail.

## 3.2 Irrigation localisée

### 3.2.1 Micro-aspersion



Figure 7: Répartition de l'eau avec microjets en culture de pommier



<b>Matériel</b>	Portée des émetteurs de 1 à 3 m Diamètre des buses de 0.8 – 1.6 mm
<b>Débit des asperseurs</b>	20 à 50 l/h
<b>Débit des installations</b>	35-50 m <sup>3</sup> /ha/h
<b>Pression de service</b>	1 - 2 bars
<b>Exemple de calcul</b>	Débit donné par le constructeur (Rolland, type DJet, non autorégulé) Pour diamètre de buse = 1,0 mm et pression = 1,5 bars → 45 l/h Nb asperseurs / ha : 10'000 / (4 * 2,5) = 1000 Pluviométrie : (45 * 1000) / 10000 = 4,5 mm/h, soit 45 m <sup>3</sup> /ha/h

Dans de nombreux cas, le choix de modèles autorégulés (p. ex. Supernet, buse 1.17 mm, 35 l/h) peut s'avérer plus intéressant, d'une part en raison d'une meilleure homogénéité de distribution de l'eau, d'autre part en raison du coût légèrement inférieur de l'installation obtenu grâce à l'économie d'investissement sur le diamètre des rampes.

### Investissement

L'option micro-jets autorégulés avec alimentation de la parcelle en 2 secteurs a été choisie, car elle réduit l'investissement de manière significative et permet de maintenir le débit de l'installation au-dessous de 20 m<sup>3</sup>/h. Dans ce cas, les 2 secteurs ne peuvent être irrigués simultanément.

Les valeurs d'investissement ont été calculées par plusieurs entreprises suisses. Le tableau représente l'une des propositions obtenues suite à cette enquête avec le détail des principaux postes, soit nourrices, rampes et jets. La fourchette présentée indique respectivement l'offre la plus basse et la plus élevée. Les valeurs correspondant au temps de travail et de maintenance proviennent d'une enquête d'ACW auprès d'un groupe de producteurs valaisans et d'informations transmises par les conseillers techniques de Suisse orientale.

Le coût total varie entre 8'500 et 12'600 Fr./ha en fonction du fournisseur et du type de produit utilisé.

Pour l'installation, il faut compter environ 100 heures de travail par hectare.

Pour les travaux annuels (contrôle et rinçage), calculer environ 15 heures de travail par hectare.

Tableau 7: Exemple 1 ha avec plantation 4 m x 1.25 m

Micro-jets 35l/h, autorégulés, suspendus	Montant (Fr.).
Station de tête (capacité max. 25 m <sup>3</sup> /h)	1'800 .-
Nourrices	750 .-
Tubes	4'850 .-
Asperseurs	5'200 .-
Total	<sup>1</sup> 12'600 .-

<sup>1</sup> Sans rabais, TVA incluse

### 3.2.2 Goutte à goutte

Figure 8: Répartition de l'eau pour deux types de goutte à goutte



**Matériel**

Tubes PE (rampe) avec goutteurs en dérivation. La pose des goutteurs est effectuée après la mise en place des rampes. 1 goutteur par arbre pour les densités de plantation supérieures à 1'200 arbres/ha, à placer au milieu de l'intervalle entre les arbres.

**Débit des asperseurs**

2-4 l/h. Préférer les goutteurs à bas débit qui permettent une meilleure diffusion de l'eau dans le sol.

**Débit des installations**

Pour un verger standard de pommier à 2'000 arbres/ha, 1 goutteur/arbre, soit un débit de 4-8 m<sup>3</sup>/ha/h. L'utilisation de gaines avec goutteurs intégrés est également possible, mais dans ce cas, la distribution de l'eau se fera à une distance variable par rapport au pied de l'arbre.

**Pression de service**

1-1,5 bar. Pour les modèles autorégulés, généralement 1-4 bars.



**Matériel**

Tubes PE avec goutteurs intégrés. Différentes options d'intervalles entre les goutteurs sont possibles, généralement de 0,5 à 1,0 m.

**Débit des asperseurs**

0,7-4,0 l/h selon modèle et fabricant. Préférer les goutteurs à bas débit qui permettent une meilleure diffusion de l'eau dans le sol.

**Débit des installations**

Pour un verger standard de pommier à 2'000 arbres/ha avec une installation à double-gaine enterrée, intervalle entre goutteur de 0,75 m et débit par goutteur de 2,3 l/h : 15 m<sup>3</sup>/ha/h. Variante à bas débit (1,0 m / 1,6 l/h) : 8 m<sup>3</sup>/ha/h. Gaine enterrée simple possible (économie d'investissement).

**Pression de service**

1-1,5 bar pour les goutteurs non autorégulés, 1-4 bars pour les autorégulés.

**Différentes options disponibles**

Système anti-intrusion par les racines, anti-vidange, anti-siphon, etc.

Le goutte à goutte est le système le plus utilisé dans les régions où les coûts de l'irrigation représentent une part non négligeable des frais d'exploitation. Bien géré, il permet en effet de réaliser des économies d'eau importantes par rapport à l'aspersion et même par rapport aux micro-jets. Par rapport au goutte à goutte classique, une économie supplémentaire est possible avec la gaine enterrée en raison de l'absence quasi totale de pertes par évaporation et d'une distribution optimale de l'eau par rapport aux racines.

### Investissement

Pour le système goutte à goutte, différentes options sont possibles:

A. Tube semi-rigide avec goutteurs montés en dérivation, autorégulés, débit 2,0 l/h. Distance entre goutteurs: 1,25 m.

B. Tube semi-rigide avec goutteurs intégrés, autorégulés, débit 2,3 l/h. Distance entre goutteurs : 0,75 m.

C. Gaine souple avec goutteurs intégrés, non autorégulés, débit de 1,0 l/h. Distance entre goutteurs : 0,30 m.

Pour ces 3 options, l'investissement par hectare comprend les postes suivants:

Tableau 8: Exemples 1 ha avec plantation 4 m x 1.25 m

A. Goutteurs en dérivation	Montant (Fr.)
Station de tête (capacité max. 5m <sup>3</sup> )	600 .-
Nourrice	300 .-
Tube	3'800 .-
Total	<sup>1</sup> 4'700 .-

B. Goutteurs intégrés	Montant (Fr.)
Station de tête (capacité max. 11m <sup>3</sup> )	1'100 .-
Nourrice	300 .-
Tube	2'100 .-
Total	<sup>1</sup> 3'500 .-

C. Gaine avec goutteurs intégrés	Montant (Fr.)
Station de tête (capacité max. 11m <sup>3</sup> )	1'150 .-
Nourrice	350 .-
Gaine	800 .-
Total	<sup>1</sup> 2'300 .-

<sup>1</sup> Sans rabais, TVA incluse

Les valeurs d'investissement ont été calculées par plusieurs entreprises suisses. Le tableau représente l'une des propositions obtenues suite à cette enquête avec le détail des principaux postes, soit station de tête, nourrices, tubes ou gaines. La fourchette présentée indique respectivement l'offre la plus basse et la plus élevée. Les valeurs correspondant au temps de travail et de maintenance proviennent d'une enquête d'ACW auprès d'un groupe de producteurs valaisans et d'informations transmises par les conseillers techniques de Suisse orientale.

Le coût total du système varie entre 2'300 et 6'000 Fr./ha en fonction du fournisseur et du type de produit utilisé.

Pour l'installation, il faut compter environ 100 heures de travail par hectare.

Pour les travaux annuels (contrôle et rinçage), calculer environ 15 heures de travail par hectare.

## 4 Principes de gestion de l'irrigation

### 4.1 Irrigation à déficit constant

Cette méthode consiste à déclencher les apports lorsqu'un déficit en eau prédéterminé est constaté. Ce déficit peut être calculé à partir des données climatiques qui déterminent l'ETp (évapotranspiration potentielle) ou mesuré à l'aide de sondes d'humidité du sol indiquant un niveau d'épuisement des réserves critique pour la culture. Dans le premier cas, l'opération consiste à réunir les données suivantes :

- profondeur d'enracinement de la culture
- valeurs d'ETp journalières pour la période écoulée (jusqu'au dernier bilan ou jusqu'à la dernière irrigation)
- valeurs de coefficient k (coefficient cultural de l'espèce cultivée) pour cette même période
- précipitations durant la période considérée et détermination de la part dite utile (pluies > 10 mm ou > 5 mm par exemple).

### 4.2 Irrigation à fréquence constante

Cette méthode implique le déclenchement des irrigations à un rythme régulier. La même fréquence est le plus souvent valable pendant au moins une semaine (voir chapitre automatismes), période durant laquelle la consommation évolue généralement peu. En goutte à goutte ou gaine enterrée, la fréquence d'apport varie de 2 fois par semaine en début de saison à 2 fois par jour (périodes très chaudes en été).

La fréquence et la quantité des apports sont réglés en fonction de l'évolution des courbes d'humidité des sondes. Le dispositif de mesure est identique à celui décrit pour l'irrigation à déficit constant.

Les cas de mauvais fonctionnement sont le plus souvent dus à un déclenchement trop tardif des premières irrigations ou à une fréquence d'irrigation insuffisante. Pour remédier au premier problème, il faut veiller à une installation correcte des sondes et à leur bon fonctionnement dès le début avril et déclencher les apports dès que les valeurs de tension dépassent 25-30 centibars à 25-30 cm de profondeur. Ainsi, une zone humide stable appelée bulbe se met en place avant que les premières fentes de retrait provoquées par le dessèchement du sol ne perturbent la diffusion capillaire de l'eau dans le sol. Ces irrigations, dites "techniques" consomment relativement peu d'eau. Des apports de 2l/goutteur au rythme de 2 fois par semaine sont généralement suffisants durant une partie du printemps. Vouloir en faire l'économie n'allège en rien la facture d'eau, car en cas de démarrage des irrigations sur un sol trop sec, des apports massifs sont nécessaires pour rétablir la situation. Avec des quantités importantes, on court également le risque de créer des engorgements et des blocages par asphyxie.

### 4.3 Irrigation déficitaire

Dans les pays où les ressources en eau atteignent un niveau critique, plusieurs concepts d'irrigation dite "déficitaire" ont été

développés. Ceux-ci consistent à déterminer de manière raisonnée des doses d'irrigation inférieures aux besoins de confort de la plante, n'affectant ni le rendement ni la qualité de la production. Sachant qu'une alimentation non restreinte favorise en priorité la croissance végétative et un grossissement parfois exagéré des fruits, une économie non négligeable peut ainsi être réalisée. Une certaine amélioration de la qualité des fruits peut même être enregistrée, notamment pour le sucre et la fermeté. Deux facteurs ont été étudiés : la période la plus favorable au rationnement et la diminution supportable des doses.

Concernant la période, considérons que le développement du fruit se déroule selon 3 phases :

1. La phase de multiplication cellulaire, de la nouaison à environ mi-juin pour le pommier.
2. La phase de grossissement lent des cellules, de la mi-juin jusqu'à 2-4 semaines avant la récolte.
3. La phase de grossissement rapide des cellules, durant les 2-4 semaines précédant la récolte.

Les espèces à noyau ainsi que la poire fonctionnent selon ce schéma. Pour la pomme, le diamètre des fruits augmente plus vite durant la phase 2 mais l'augmentation du poids est pratiquement linéaire durant toute la période de grossissement (phases 2 et 3). Malgré cette distinction, l'irrigation déficitaire a donné de bons résultats sur pommier également.

Le régime d'irrigation applicable pour chacune des 3 phases est le suivant :

- Phase 1: régime de confort = pas de restriction. Une contrainte hydrique durant cette période aurait des effets néfastes sur le verger : limitation de la surface foliaire, perturbation de la division cellulaire entraînant une perte de calibre irrémédiable et enfin, un risque accru d'alternance dû à une mauvaise induction florale.
- Phase 2: mise en place progressive d'un régime de restriction. La restriction a pour effet de limiter l'allongement des pousses et d'éviter le redémarrage de la végétation. Les arbres sont mieux éclairés, ce qui compense la limitation de développement de la surface foliaire. Dans certains cas, une meilleure mise à fruits a été observée, suite à une meilleure maîtrise de la végétation.
- Phase 3: retour progressif à un régime de confort. Il faut éviter durant cette phase d'induire une humidité du sol exagérée en augmentant trop les doses. L'éventuelle légère perte de calibre provoquée par la restriction peut être compensée. Le confort en phase 3 évite qu'un processus de maturation accéléré par la sécheresse ne provoque une irrégularité de maturité des fruits et une mauvaise conservation.

#### 4.3.1 Irrigation déficitaire avec système en plein

Avec des doses et fréquences déterminées selon la méthode du bilan hydrique, on procède de la manière suivante durant la phase 2:

Lorsque le déficit atteint un niveau nécessitant le déclenchement d'une irrigation, apporter une dose équivalente à  $\frac{2}{3}$  –  $\frac{3}{4}$  de la dose normale. Pour les calculs, on simule l'apport d'une dose normale, afin de déterminer la date de l'apport suivant. Ainsi, par exemple, la quantité correspondant à la RFU pour une profondeur de 60 cm sur un sol sablo-limoneux ( $A / S / Sa = 16\% / 32\% / 52\%$ ) étant de 0,9 mm, la dose optimale est de 54 mm. En irrigation déficitaire, les apports sont appliqués au même rythme que si le dosage n'était pas réduit, mais avec des apports de 35 à 40 mm.

#### 4.3.2 Irrigation déficitaire avec système localisé

La restriction est déterminée par l'utilisation de seuils d'humidité variables en fonction de la phase de

développement du fruit. L'efficacité des irrigations est en principe améliorée par le fractionnement (plusieurs apports journaliers). Au Tyrol du Sud, on recommande de maintenir un seuil de 30 cbars à 30 cm de profondeur durant la phase 1, puis de passer progressivement à 50 cbars en maintenant cette valeur durant la phase 2, ensuite de revenir aux seuils de confort en augmentant progressivement les irrigations durant une brève période et enfin de maintenir le seuil de 30 cbars durant la phase 3 jusqu'à la récolte. Il est probable que durant la phase de restriction, des valeurs supérieures puissent être appliquées. Toutefois, il n'est pas encore possible de donner d'indications précises de seuils (voir chap. 10.3).

## 5 Bilan hydrique

On réalise le bilan hydrique, par exemple pour les 10 derniers jours, en indiquant pour chaque jour les valeurs

correspondant aux "sorties" (consommation calculée) et les «entrées» (pluies utiles et irrigations).

Tableau 9: Exemple de bilan hydrique réalisé sur tableur

Date	Calcul des entrées				Calcul des sorties			Bilan	
	Précipitations	Pluies utiles	Irrigations	Apports	ET <sub>p</sub> <sup>2</sup>	K <sub>c</sub> <sup>3</sup>	Et <sub>c</sub> <sup>4</sup> (= ET <sub>p</sub> * K <sub>c</sub> )	Apports - Et <sub>c</sub>	RFU
27.06									3.8 <sup>5</sup>
28.06	0	0	45	45	5.5	0.85	4.7	40.3	44.1
29.06	0	0	0	0	4.7	0.85	4.0	-4.0	40.1
30.06	0	0	0	0	4.2	0.85	3.6	-3.6	36.6
1.07	1.5	1.5	0	1.5	4	1	4.0	-2.5	34.1
2.07	17.2	17.2	0	17.2	5.5	1	5.5	11.7	45.8
3.07	0	0	0	0	5.1	1	5.1	-5.1	40.7
4.07	0	0	0	0	3.9	1	3.9	-3.9	36.8
5.07	0	0	0	0	4.9	1	4.9	-4.9	31.9
6.07	4.2	0 <sup>1</sup>	0	0	5.2	1	5.2	-5.2	26.7
7.07	0	0	0	0	3.8	1	3.8	-3.8	22.9 <sup>6</sup>

<sup>1</sup> précipitation non comptabilisée comme pluie utile

<sup>2</sup> données accessibles via <http://www.agrometeo.ch/>

<sup>3</sup> coefficient indiquant la proportion de l'ET<sub>p</sub> d'une culture en fonction de l'espèce et de la saison. Les valeurs sont minimales en début et fin de saison et atteignent leur maximum en plein été (espèces à pépins) ou 3-4 semaines avant récolte (espèces à noyau).

<sup>4</sup> L'ET<sub>c</sub> correspond à une consommation d'eau estimée, dont la valeur est proche de l'ET<sub>réelle</sub> pour autant que la culture ne subisse pas de stress dus à la sécheresse ou à des conditions climatiques extrêmes (canicule, vent, humidité de l'air très basse) qui obligent la culture à réduire sa consommation (fermeture des stomates durant une partie de la journée).

<sup>5</sup> L'état de la RFU au début de la période considérée est le résultat du précédent bilan au 27.06 et la valeur obtenue au 7.07<sup>[6]</sup> constitue le point de départ pour la prochaine tranche de 10 jours. Un tel tableau peut être mis à jour régulièrement (1 à 2 fois / semaine) pour les parcelles de l'exploitation servant de référence. Il peut également être obtenu facilement grâce à un module de calcul sur <http://www.agrometeo.ch/arboriculture/irrigation> moyennant l'introduction des paramètres-clés (station météo de référence, nature du sol, profondeur d'enracinement, % de terre fine, espèce cultivée, date de floraison et irrigations effectuées).



## 6 Utilisation de sondes

### 6.1 Irrigation de surface ou micro-aspersion

Le moment critique correspondant à l'épuisement de la RFU peut également être déterminé à l'aide de sondes type tensiomètre ou Watermark®. L'humidité du sol varie fortement avec la profondeur, raison pour laquelle les sondes sont placées à au moins 2 profondeurs. 6 sondes (4 au minimum) sont nécessaires pour obtenir une image correcte de la parcelle. Le cas échéant, il est conseillé d'installer les 3 paires de sondes dans une zone limitée, homogène et représentative du verger en fonction des critères de sol, de vigueur et de charge en fruits afin de limiter les sources de variabilité.

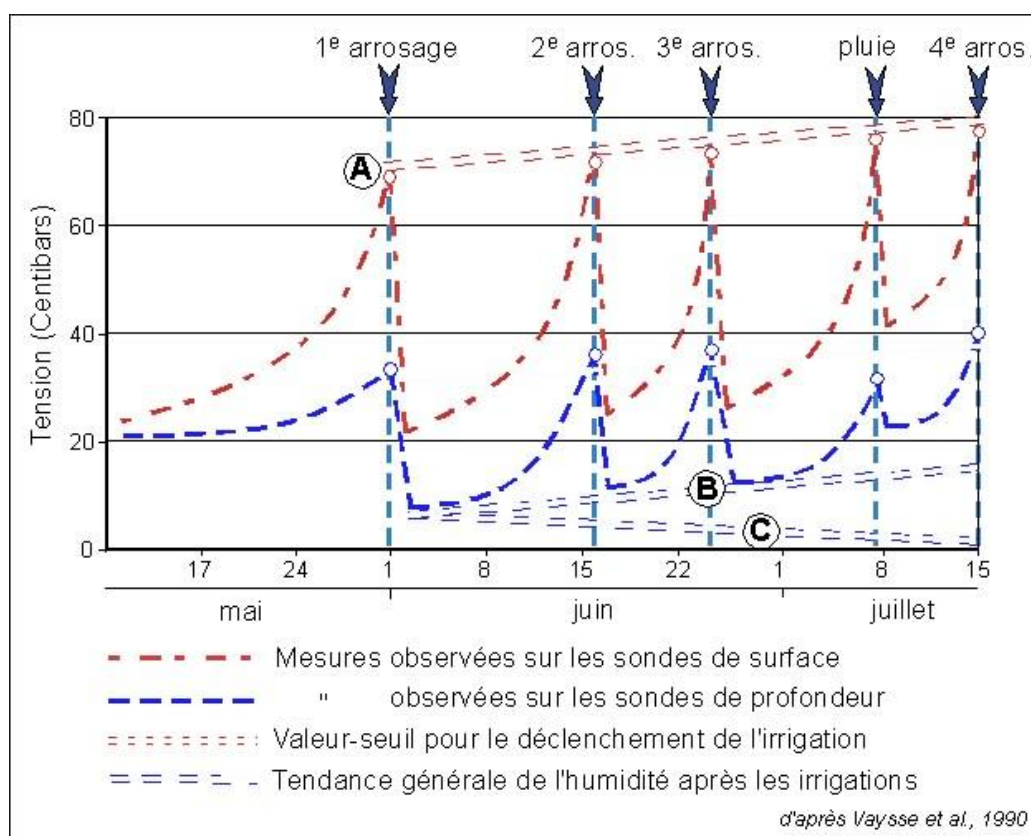
Lorsque 3 sondes par profondeur ont été installées, les valeurs médianes servent de base de décision.

Lorsque la courbe atteint une valeur critique (A), il faut déclencher la première irrigation. La valeur-seuil augmente légèrement au fil de la saison.

En profondeur également, la valeur atteinte après chaque irrigation devrait être légèrement supérieure à la précédente (tendance indiquée par B), signe que les doses appliquées sont correctes. Une tendance descendante (C) révélerait des apports exagérés.

Ce mode de gestion est recommandé pour l'irrigation en plein (aspersion sur- et sous-frondaison), ainsi que pour l'irrigation à l'aide de micro-jets.

Figure 9: Utilisation des courbes de tension pour le pilotage de l'irrigation par aspersion ou micro-aspersion



## 6.2 Positionnement des sondes

En aspersion, il faut éviter de placer les sondes près d'un asperseur, dans une zone de fort recoupement des asperseurs ou à un endroit où une très faible pluviométrie est observée à cause de l'interception de l'eau par la couronne des arbres. Choisir délibérément une zone faiblement irriguée conduit à augmenter les irrigations. A l'inverse, un positionnement sur un emplacement qui reçoit plus d'eau que la moyenne conduit à limiter les arrosages.

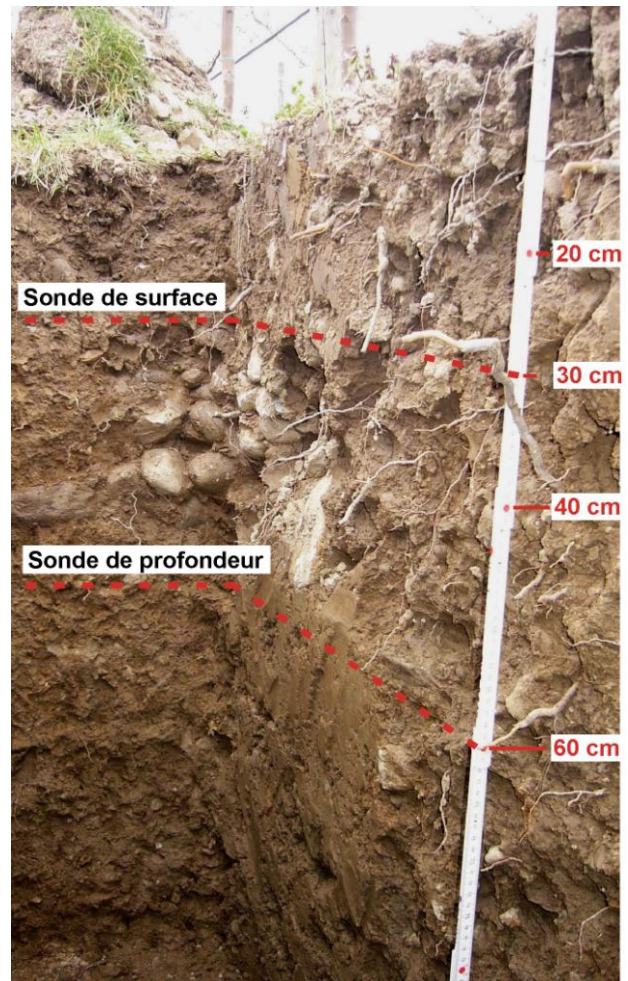
Pour l'irrigation au moyen de micro-jets, la conduite de l'arrosage est réalisée selon le même principe. La répartition dans la zone couverte par un jet étant très variable, il faut choisir la position des sondes en toute connaissance de cause. Si l'on souhaite garantir une alimentation abondante, choisir un emplacement en bordure de la zone humidifiée ( $\frac{3}{4}$  –  $\frac{4}{5}$  de la portée du distributeur). Si l'on souhaite au contraire rationner, préférer la zone où la pluviométrie est la plus élevée ( $\frac{1}{2}$ – $\frac{2}{3}$  de la portée).

La profondeur des sondes dépend du type de sol et de la distribution des racines dans les différentes couches exploitées par la plante. La réalisation d'un profil d'enracinement est recommandée si l'on veut éviter des erreurs.

La sonde de surface est placée à une profondeur correspondant à  $\frac{1}{2}$ – $\frac{2}{3}$  de la zone occupée par les racines de gros diamètre. La sonde de profondeur, 20-30 cm plus bas.

En cas d'horizon imperméable, clairement repérable par l'absence de racines ou la présence de traces d'hydromorphie (taches de fer oxydé indiquant la stagnation d'eau pendant une partie de la saison) à partir d'une certaine profondeur, positionner la sonde de profondeur au moins 10 cm plus haut que la zone suspecte. Dans ce cas, la sonde de surface se place à mi-distance entre la sonde de profondeur et la surface.

Figure 10: Positionnement des sondes

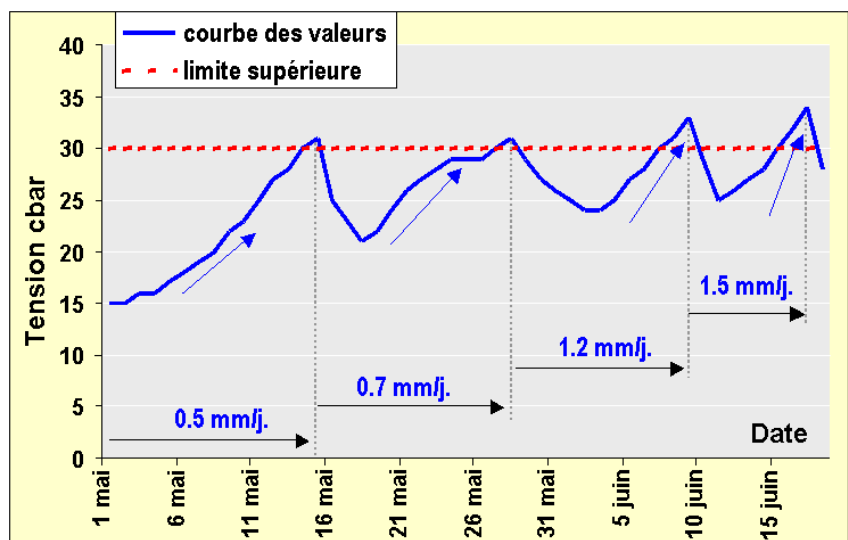


## 6.3 Irrigation au goutte à goutte

L'augmentation des tensions révèle un accroissement journalier des besoins en eau avec le développement de la surface foliaire et les températures croissantes. Les doses sont périodiquement adaptées aux besoins dès que le seuil est dépassé. Le report des valeurs sur un graphique permet de visualiser aisément les tendances et la mesure des modifications à apporter. Par exemple, une montée rapide des tensions indique que la correction doit être importante. Il est possible de tenir compte des prévisions météo en anticipant par exemple la réaction à de fortes précipitations, pour autant que leur fiabilité soit jugée suffisante. Il est inutile de modifier les doses à une fréquence supérieure à 1 fois par semaine, sauf en cas de contraintes climatiques extrêmes ou de changement brutal des conditions météorologiques. En cas de faibles précipitations (< 20 mm), mieux vaut éviter de stopper les irrigations, mais éventuellement renoncer à augmenter le dosage si les valeurs sont proches du seuil. En cas d'arrêt des installations suite à de fortes pluies (valeurs

proches de 0), contrôler régulièrement les sondes et remettre les installations en route dès que la courbe indique une évolution rapide des tensions, dans tous les cas, avant que le seuil des 30 cbar ne soit atteint.

Figure 11: Utilisation des courbes de tension pour le pilotage de l'irrigation au goutte à goutte



## 6.4 Positionnement des sondes

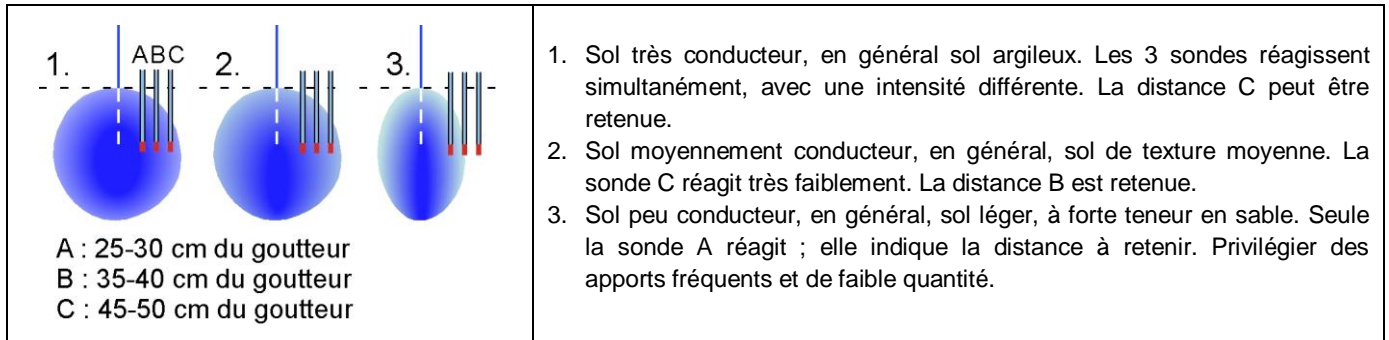
La fiabilité des mesures n'est le plus souvent pas liée à la précision des appareils mais à la qualité du travail d'installation des sondes ainsi qu'à leur position par rapport à l'émetteur (goutteur ou micro-jet). La distance entre la sonde et le goutteur dépend de la diffusion latérale de l'eau, laquelle varie d'un sol à l'autre. Dans les sols lourds, le bulbe prend naturellement une forme sphérique. Dans les sols légers, au contraire, la faible capillarité détermine la formation d'un bulbe ovale, de forme plus ou moins allongée selon la teneur en sable ou en éléments grossiers. Une fréquence élevée des apports favorise la diffusion latérale de l'eau.

### Distance horizontale sonde-goutteur

Idéalement, la distance optimale devrait être testée au moyen de 3 sondes au minimum, placées à des distances variant entre 25 et 50 cm. On retient celle qui traduit le mieux des variations de régime appliquées comme suit :

Lorsque le sol est uniformément humide (< 10 cbars), vérifier régulièrement les tensions et enclencher les irrigations lorsque celles-ci atteignent 20 à 30 cbars. Appliquer des doses progressives, jusqu'à ce que la sonde la plus proche réagisse (baisse de la tension).

Figure 12: Détermination de la distance optimale des sondes par rapport au goutteur



La sonde de profondeur (P) est placée à la moitié de la distance horizontale retenue pour la sonde de surface (S).

### Profondeur des sondes

25-30 cm pour la sonde de surface (S) et 50-60 cm pour la sonde de profondeur conviennent dans la majorité des cas.

### Vergers en pente

Le bulbe ne se forme pas symétriquement sous le goutteur. La dérive peut être limitée si le débit des goutteurs ne dépasse pas la vitesse d'infiltration dans le sol. Il vaut donc mieux privilégier des goutteurs à 2l/h (ou moins) et placer les sondes en aval de ceux-ci.

## 7 Les différents types de sonde

### 7.1 Sondes tensiométriques

Un suivi régulier de l'humidité du sol est indispensable pour la bonne gestion de l'irrigation localisée (goutte à goutte, gaine enterrée, micro-jets). Les sondes les plus simples et les moins coûteuses mesurent la force avec laquelle l'eau est retenue par les particules du sol. Plus le sol est sec, plus cette force est importante. La plante doit donc exercer une succion au moins équivalente à la force d'attraction de l'eau dans le sol pour s'alimenter. Plusieurs types de sondes existent sur le marché.

Le tensiomètre est un instrument précis et fiable. Ses principaux désavantages sont :

- la sensibilité au gel (les sondes doivent impérativement être mises à l'abri en automne et réinstallées chaque printemps)
- la maintenance (surveillance du niveau d'eau)
- l'absence de dispositif d'enregistrement automatique des valeurs
- la plage de mesure limitée à 0-80 cbars qui ne permet pas de gérer l'irrigation déficitaire.

Le prix d'un set de mesure pour 1 parcelle (6 sondes) est d'environ Fr. 1'000.-

Figure 13: Position optimale des 2 sondes en goutte à goutte

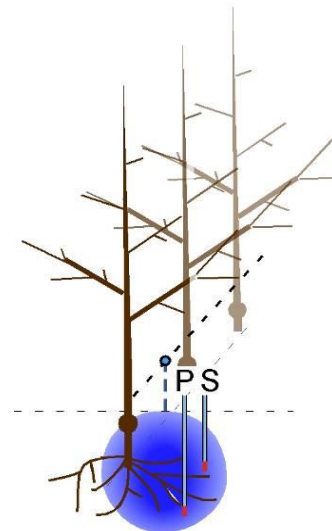


Figure 14: Mise en place et remplissage des tensiomètres

Les tensiomètres sont de plus en plus souvent remplacés par des sondes mesurant le potentiel hydrique du sol par conductivité électrique. La mesure est également exprimée en cbars, ce qui est un avantage car cette unité représente la disponibilité de l'eau pour la plante et les seuils indiquant un niveau de confort hydrique satisfaisant pour nos espèces fruitières sont bien connus. Les sondes commercialisées sous la marque Watermark® sont bon marché, relativement fiables et précises ainsi qu'insensibles au gel. Leur durée de vie est de 3-5 ans.



Figure 15: L'une des 3 paires de sondes Watermark® formant un ensemble conçu pour gérer l'irrigation d'une parcelle. La distance au goutteur est ici de 30 cm et les profondeurs sont de 30 et 60 cm



L'avantage d'une mesure électrique réside dans la possibilité de réaliser un système d'enregistrement peu coûteux. Le boîtier bleu (fig. 16) relié à 6 sondes d'humidité + 1 sonde de température possède une capacité d'enregistrement de plusieurs mois et une autonomie d'énergie (1 pile 9V) largement suffisante pour couvrir la saison.

## 7.2 Sondes capacitives

Figure 16: Sondes capacitives



Sonde Aquapro-sensor pour la mesure capacitive manuelle de l'humidité du sol. La sonde est glissée à l'intérieur du tube d'accès aux différentes profondeurs de mesure souhaitées. Les repères (anneaux noirs) indiquent des profondeurs usuelles (12.5, 25, 30, 45, 60, 75 et 90 cm).



Sonde capacitive fixe Aquacheck. 2 sondes d'une longueur de 1 mètre permettent d'enregistrer les variations d'humidité à 40, 60 et 100 cm. Le dispositif d'enregistrement et transmission des données (Adcon Telemetry System) est utilisé pour gérer l'irrigation par micro-jets sur un verger expérimental d'abricotiers.

Une nouvelle génération de sondes a vu le jour plus récemment. Ces appareils indiquent la teneur en eau du sol. Cette valeur est difficile à interpréter, les seuils déterminants pour la gestion de l'irrigation étant très variables selon le type de sol. Néanmoins, ces sondes connaissent un succès croissant en raison de leur grande précision. Sensibles aux variations d'humidité dans une zone de plusieurs centimètres autour du capteur, elles se montrent également moins influencées par certains facteurs d'hétérogénéité du sol et, contrairement aux sondes tensiométriques, réagissent immédiatement aux changements. Un logiciel, fourni avec le matériel, est indispensable pour l'interprétation correcte des données. Il existe 2 types de sondes capacitives :

- A lecture directe, qui nécessitent des relevés fréquents (jusqu'à plusieurs fois / semaine) selon la saison et le

système d'irrigation. Elles offrent l'avantage de pouvoir enregistrer manuellement l'humidité du sol à plusieurs profondeurs et sur un grand nombre de tubes d'accès. L'investissement est limité à un seul dispositif de mesure constitué de la sonde et d'un PC de poche (fig. 15) ainsi qu'à un nombre de tubes d'accès correspondant aux points de mesure souhaités. Les prix varient entre de Fr. 1'300.- et Fr. 2'000.- pour les appareils et entre Fr. 25.- et Fr. 100.- pour les tubes en fonction de leur origine et de leur longueur.

- Les modèles, fixes qui possèdent généralement plusieurs capteurs, répartis à différentes profondeurs. Ils sont conçus pour être reliés à un dispositif d'enregistrement (fig.15).

## 8 Transfert des données

### 8.1 Données enregistrées

Actuellement, la plupart des sondes disponibles sur le marché peuvent être équipées d'un système d'enregistrement. C'est le cas notamment pour les Watermark® qui sont actuellement les plus répandus en Suisse.

Le transfert des données au champ sur ordinateur portable dure quelques dizaines de secondes. Il est automatiquement suivi d'une représentation graphique (fig. 16). L'ensemble

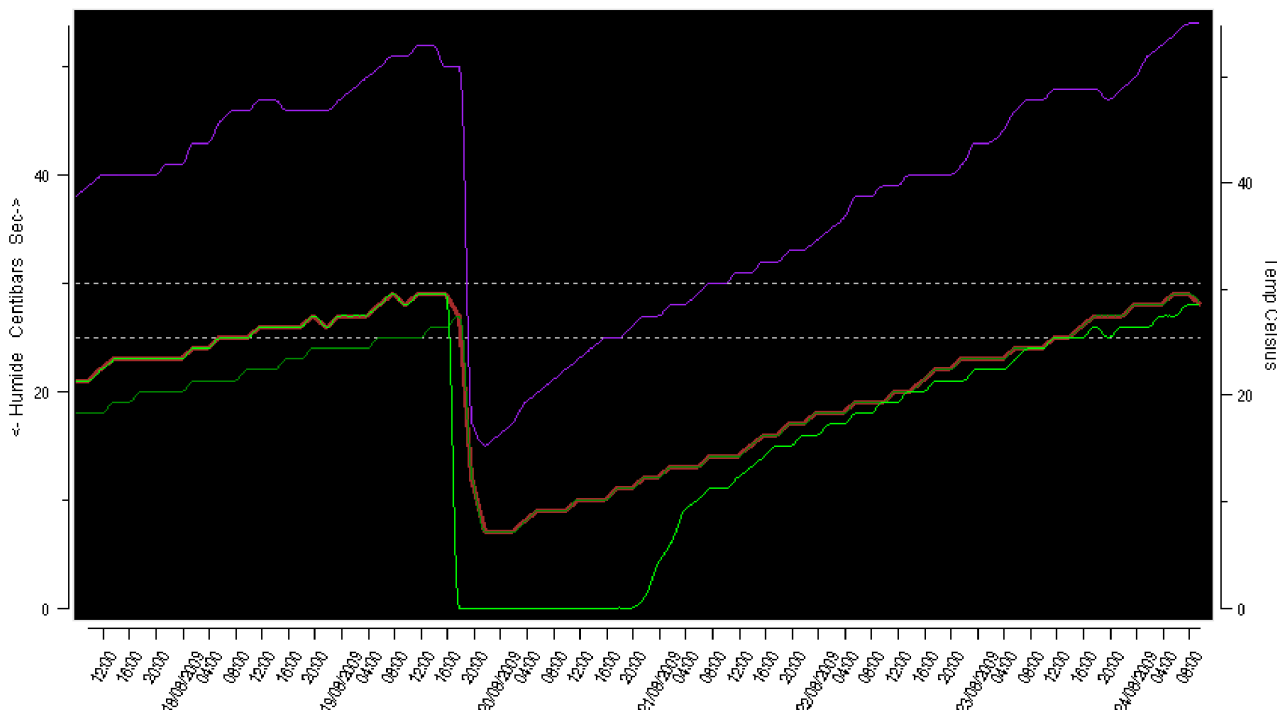
est à peine plus cher qu'un dispositif comprenant le même nombre de tensiomètres, soit environ 1'200 Fr. Une solution plus économique est envisageable avec la lecture manuelle de chaque sonde, mais cette variante suppose -comme pour les tensiomètres- une visite fréquente des points de mesure et la saisie manuelle des données dans un tableur pour obtenir une visualisation graphique des tendances.

Figure 17: Datalogger et représentation graphique des données enregistrées

Boîtier étanche contenant la mémoire pour l'enregistrement des données de 6 sondes d'humidité.



La représentation graphique des données est facilitée par un logiciel. Sur demande, la courbe représentant la médiane apparaît en gras, facilitant ainsi la lecture et la prise de décision.



## 8.2 Transmission sans fil (réseau de capteurs)

Figure 18: Emetteur radio relié à 6 sondes Watermark®



L'émetteur placé au sommet d'un mât métallique est relié à 6 sondes Watermark® regroupées par paires selon le même principe qu'exposé plus haut. L'appareil transmet les données par ondes radio vers l'utilisateur qui peut en tout temps et lieu les consulter en se connectant à un site web sécurisé (Adcon Telemetry Systems).

La contrainte la plus coûteuse en temps pour la gestion de l'irrigation est sans doute la collecte des données. Même si, malgré la baisse des prix, la télémétrie reste une technologie relativement chère, elle connaît un succès grandissant en raison de ses nombreux avantages :

- Gain de temps pouvant atteindre plusieurs heures par semaine, en particulier en comparaison avec un système de relevé manuel des données.

- Possibilité de consulter les données via n'importe quel accès internet et de recevoir des messages d'alerte par téléphone mobile.
- Possibilité de permettre l'accès aux données à une entreprise spécialisée qui avertit son client lorsqu'il y a lieu de modifier les consignes d'irrigation.

Des solutions commerciales existent actuellement pour les sondes Watermark® ainsi que pour la plupart des sondes capacitatives.

## 9 Automatisation

Il existe différents niveaux d'automatisation. Les automates les plus simples permettent de programmer l'heure et la durée d'ouverture des vannes. Ils sont pratiquement indispensables pour la gestion à intervalle constant, en particulier pour le goutte à goutte nécessitant des fréquences élevées. Ils constituent la garantie d'une régularité parfaite des doses et fréquences d'irrigation et permettent un gain de temps important. Ce sont des produits aussi bien destinés aux professionnels qu'au grand public et leur démocratisation au cours de ces dernières années a rendu leur prix accessible.

Les modèles les plus évolués autorisent jusqu'à 8 départs/jour. Couplés à des vannes de taille moyenne (1"-3"), ils sont capables de gérer l'irrigation de parcelles de plusieurs hectares. Ils possèdent généralement des fonctions permettant une régulation relativement sophistiquée, amplement suffisante pour les besoins de n'importe quel verger (irrigation les jours pairs/impairs, à intervalle fixe -1 jour à plusieurs semaines- ou en fonction des jours de la semaine.

Certains modèles sont conçus pour gérer plusieurs vannes selon des programmes différents et donc d'appliquer des régimes d'irrigation adaptés à plusieurs secteurs. On trouve par exemple des modèles conçus pour commander jusqu'à 9 vannes pour environ Fr. 250.-

Toutefois, une fréquence d'irrigation élevée implique logiquement une diminution des apports unitaires. Ceux-ci ne peuvent être réduits à l'infini car, entre 2 irrigations, la vidange partielle ou totale des conduites entraîne un retard plus ou moins important de remise en fonction des goutteurs les plus éloignés de la station de tête. Les fréquences d'irrigation élevées augmentent donc l'irrégularité de distribution de l'eau dans la parcelle. Le test suivant permet de définir la durée d'irrigation minimale pour chaque apport : Lors de l'enclenchement de l'irrigation, mesurer le temps qui sépare l'ouverture de la vanne principale de l'écoulement d'eau au goutteur le plus éloigné. Une valeur 10 fois supérieure représente la durée minimale acceptable. L'utilisation de goutteurs anti-vidange permet d'éviter cet inconvénient (voir chap. 3.2.2).

### 9.1 Irrigation automatique

L'idée de gérer l'irrigation de manière totalement automatique existe depuis plusieurs années. Les premiers tests se sont révélés assez peu concluants, ce qui a conduit à une certaine méfiance vis à vis du principe, en particulier lorsque les commandes de déclenchement et d'arrêt étaient données par une seule sonde, ce qui revenait finalement à un pilotage de l'irrigation à déficit constant.

Actuellement, un appareil commercialisé par le concepteur des sondes Watermark® semble présenter de meilleures garanties de fiabilité. Un appareil relié à 3 sondes autorise ou suspend le déroulement d'un programme d'irrigation en fonction de la moyenne des valeurs enregistrées. Le principe de base est à fréquence constante. Ainsi, le programme

Figure 19: Automate d'irrigation



Automate d'irrigation conçu pour le pilotage de plusieurs vannes. Dans ce cas précis, la vanne 1 est commandée par un programme spécifique et déclenchée 1 fois par jour avec des doses ajustées 1 fois par semaine en fonction des courbes de tension enregistrées à partir des sondes Watermark®. La vanne 2 est commandée par un deuxième programme qui prévoit 2 irrigations par semaine. Les vannes 3-5 sont commandées par un troisième programme qui prévoit des périodes d'irrigation identiques mais des durées réglables individuellement.

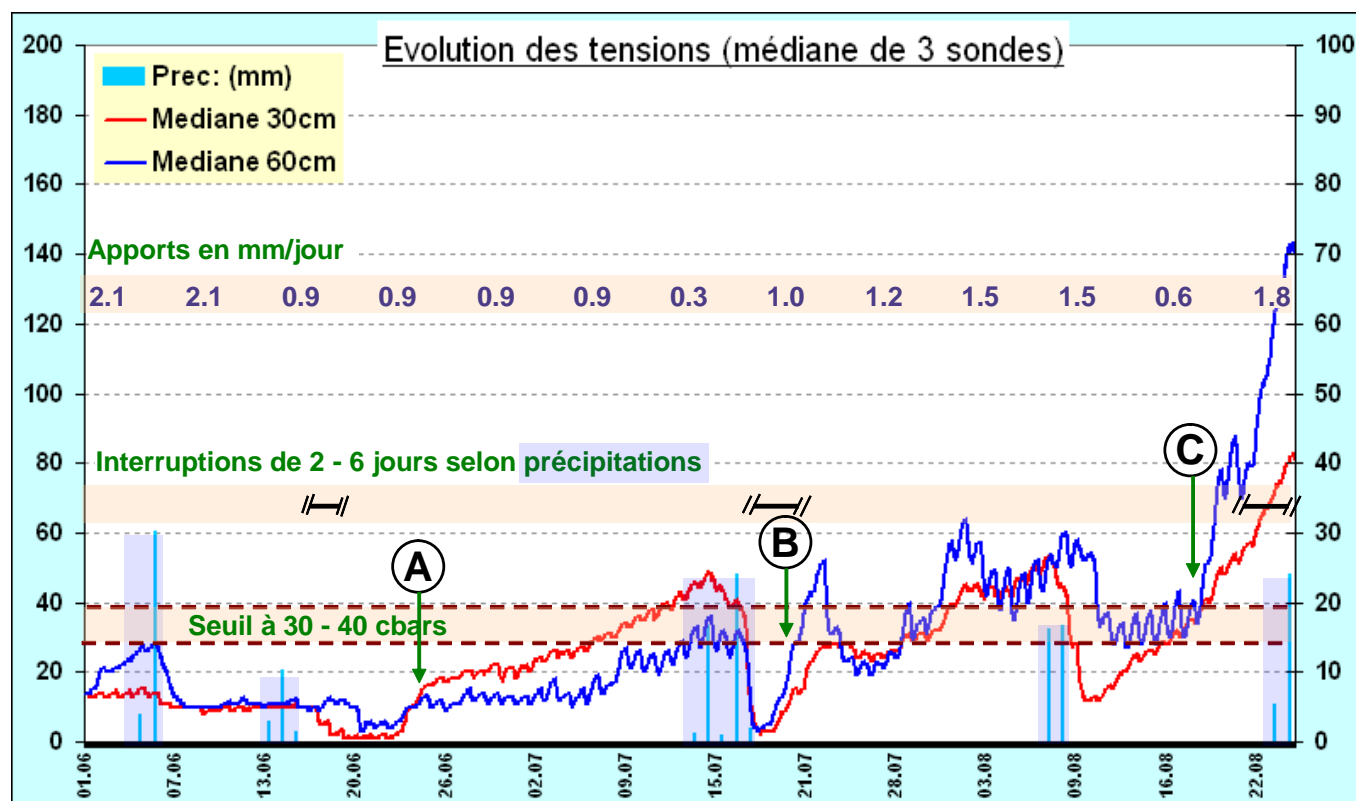
prévoit par exemple 4 irrigations quotidiennes dont le déclenchement n'est autorisé que si l'humidité du sol dépasse un seuil fixé par l'utilisateur. Cette solution présente l'avantage de privilégier des régimes à faible quantité par apport unitaire et fréquence élevée, en principe favorables à une diffusion optimale de l'eau dans le sol. Un ensemble complet, comprenant le programmeur, une électrovanne 1", le module connecté aux sondes et au programmeur et enfin 3 sondes Watermark® est actuellement livrable pour environ Fr. 750.- Toutefois, il faudra attendre les résultats des premiers tests, prévus à partir de 2010, avant de pouvoir se prononcer sur la fiabilité de ce matériel.



## 10 Cas pratiques

### 10.1 Gestion de l'irrigation au goutte à goutte, 1 apport par jour

Figure 20: Evolution des tensions à 2 profondeurs, précipitations et irrigations effectuées

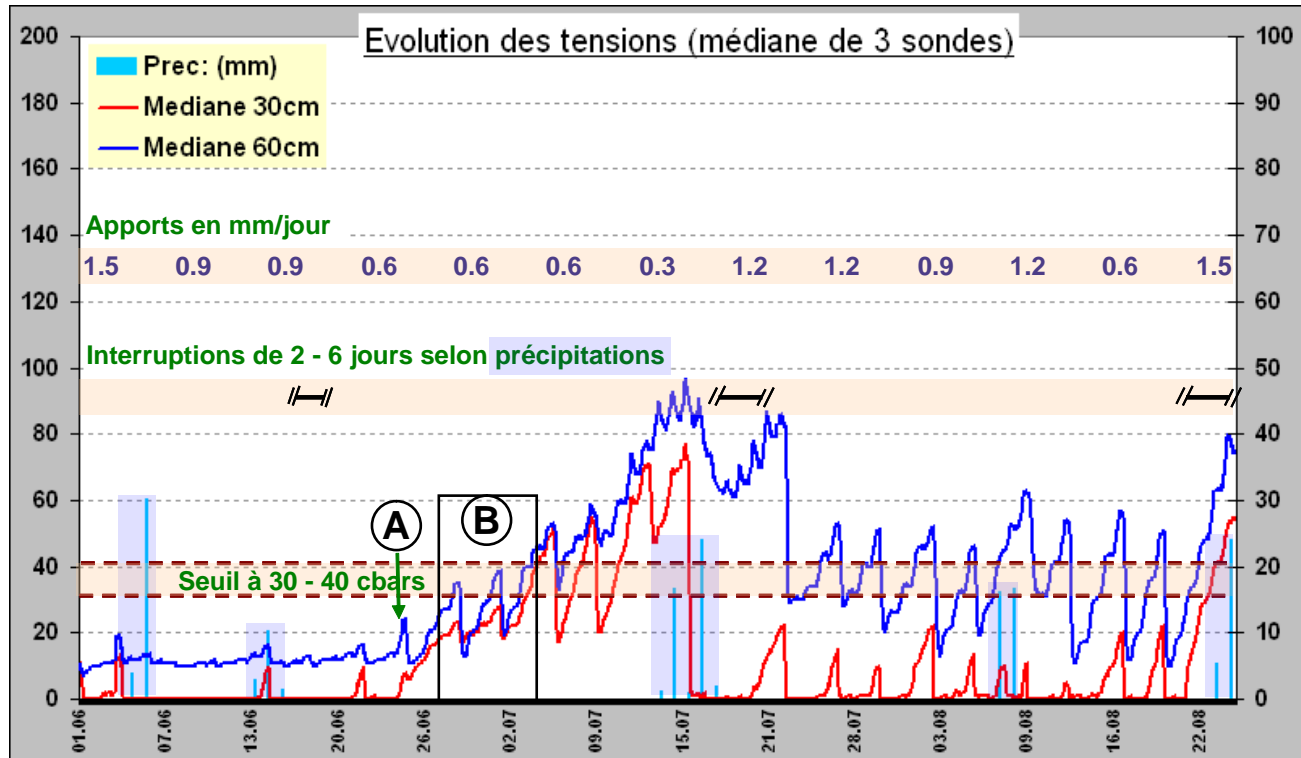


Les variations des courbes traduisent des changements de volume du bulbe, qui, dans ce cas, évolue très lentement. Ceci permet une lecture aisée des tendances et facilite la prise de décision. Les apports relativement importants en début de saison (jusqu'au point A) sont dus à un enclenchement tardif des irrigations et à un mois de mai très sec et chaud. Néanmoins, des apports plus faibles et plus espacés auraient probablement été suffisants à partir des pluies du 5-6 juin. Par la suite, la gestion des apports est correcte jusqu'aux pluies du 15-17 juillet. La reprise des irrigations au point B aurait dû intervenir plus tôt. Une interruption de 2-3 jours au lieu de 6 aurait été mieux adaptée

à la situation. L'absence d'interruption lors de l'épisode suivant du 7-8 août montre qu'une absence d'interruption lors d'une précipitation d'environ 30 mm ne provoque pas de saturation du sol et que les courbes reprennent rapidement leur évolution à la hausse. La brusque variation intervenue au point C est la conséquence d'une panne d'alimentation sur le réseau. Survenue en pleine canicule, elle fait rapidement monter les tensions, en particulier dans le sous-sol où les arbres d'un verger adulte prélèvent l'essentiel de l'eau. L'augmentation est d'autant plus rapide que l'humidité du sol à 60 cm avait été maintenue proche de la limite du seuil de 30-40 cbars depuis B.

## 10.2 Gestion de l'irrigation au goutte à goutte, 2 apports par semaine

Figure 21: Evolution des tensions à 2 profondeurs, précipitations et irrigations effectuées



Cette fréquence est suffisante jusqu'au point A (25 juin). A partir de cette date, les fortes oscillations des courbes indiquent une fréquence insuffisante. La lecture des tendances à l'échelle d'une semaine (B) devient difficile. Augmenter les apports sans corriger la fréquence risquerait

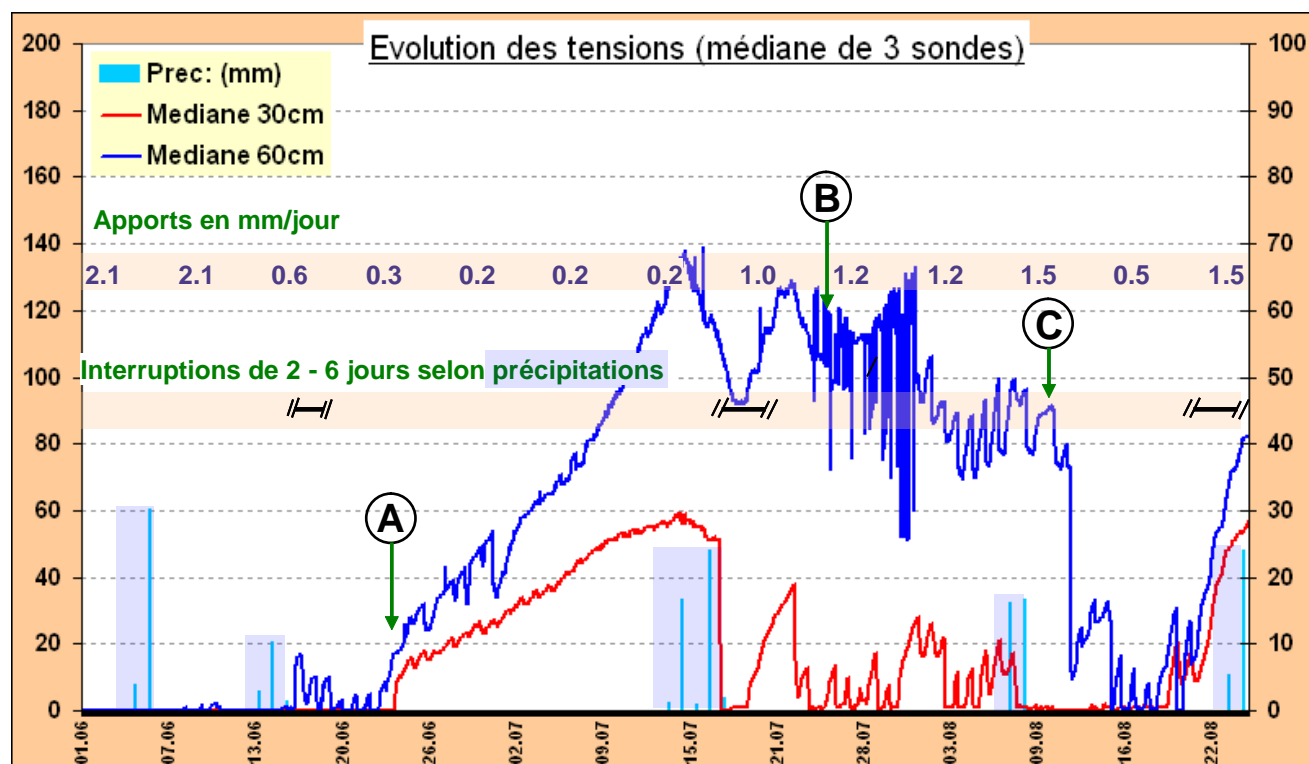
de provoquer une saturation du sous-sol. Les apports réalisés depuis le 20 juillet entretiennent un niveau d'humidité globalement correct.

## 10.3 Gestion de l'irrigation au goutte à goutte, rationnement

Une restriction d'environ 50% de la dose journalière est appliquée depuis le 20 juin (point A). A partir du 28 juillet (point B), des doses normales sont appliquées. A 3 semaines de la récolte, soit au 10 août (point C) une légère augmentation de la dose journalière accompagnée d'un fractionnement en deux apports sont programmés pour accélérer la baisse des tensions. La dose journalière est alors comparable à celle appliquée au chap. 10.1 dans les mêmes conditions.

La courbe bleue, qui devrait normalement indiquer des valeurs de 20 à 30 % inférieures à celle de la courbe rouge monte rapidement, ce qui traduit bien le phénomène d'assèchement progressif du sous-sol. Une dose journalière de 0.6 à 0.9 mm aurait sans doute permis une stabilisation des valeurs proche du seuil initialement prévu pour la phase 2, soit 50 à 70 cbars.

Figure 22: Evolution des tensions à 2 profondeurs, précipitations et irrigations effectuées



#### Economie d'eau avec le goutte à goutte

Sans irrigation déficitaire (10.1 et 10.2) l'économie d'eau est de l'ordre de 30% par rapport aux besoins calculés à l'aide du bilan hydrique. Une économie supplémentaire de 20% a été obtenue pour la variante soumise à l'irrigation déficitaire. Aucune perte de calibre n'a été observée par rapport au régime normal.

Relevons que ces résultats confirment ceux d'une enquête australienne, où, par rapport à des vergers arrosés par aspersion, la quantité d'eau saisonnière utilisée pour les vergers irrigués au goutte à goutte est inférieure de 45%. Une source française indique une économie de 20-50 %.

Nous adressons nos remerciements

- à MM. Christoph Carlen et Danilo Christen pour les corrections apportées au manuscrit ainsi qu'à la révision du texte dans la version allemande.
- à M. Christian Blaser pour ses conseils concernant la présentation des systèmes d'irrigation
- aux entreprises qui ont eu l'amabilité de nous fournir les données économiques relatives aux différents systèmes d'irrigation

CCD SA  
Route cantonale  
1906 Charrat

Henri & Thierry Evard S.A.  
Route du Prieur 55  
1257 La Croix-de-Rozon

Irrip, Irrigation en tous genres  
Rte de Corsy 5  
1093 La Conversion