



Agence de l'Eau
Adour Garonne



AIDE À LA CONDUITE DE L'IRRIGATION À PARTIR DE PARCELLES DE RÉFÉRENCES

Programme de gestion de l'eau et de maîtrise de l'irrigation

2006

**ACCORD D'INTERVENTION ENTRE L'AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE ET LA
CHAMBRE D'AGRICULTURE DU TARN ET GARONNE POUR LA REDUCTION DES
POLLUTIONS D'ORIGINE AGRICOLE, LA PROTECTION ET LA GESTION DES RESSOURCES
EN EAUX**

VIII ° programme de l'Agence 2003 - 2008

Chambre d'Agriculture du Tarn et Garonne 130 avenue Marcel Unal 82017 MONTAUBAN Cedex Tél. 05 63 63 30 25 –
Fax. 05 63 66 14 07

Sommaire

Thème et objectifs	4
Les interventions réalisées en Grandes Cultures	5
Les parcelles suivies	5
Caractéristiques des parcelles	5
Descriptif des parcelles suivies	6
Installation des tensiomètres	7
Lecture des données tensiométriques	8
Les règles de décisions en maïs	9
Les règles de décisions en soja	10
Relevés des données ETP, pluies et des apports d'eau	10
Arrêt des irrigations	11
Bulletin d'avertissement irrigation	12
Le déroulement de la campagne 2005	13
Conclusions	13
Les interventions réalisées en Arboriculture Fruitière	14
Description du réseau	14
Diffusion de l'information	17
Matériel de mesures	18
Les mesures réalisées sur les parcelles	25
Résultats et interprétations	26
Conclusions	33

Thème et objectifs

L'objectif de l'action est l'optimisation de la ressource en eau par un appui technique aux irrigants en grandes cultures et en arboriculture fruitière.

En grandes cultures l'opération était ciblée, en 2002, sur la zone du programme PRA Lomagne pour les céréales, et sur la zone du contrat de Rivière Aveyron aval/Lère pour le maïs.

En 2003, la zone d'intervention a été étendue à l'ensemble du département. Pour la campagne 2006, la zone reste inchangée.

La particularité outre le suivi des parcelles en maïs, comme pour la campagne 2005, la méthode d'optimisation de la ressource a été étendue à la culture de soja.

En arboriculture fruitière un réseau de parcelles de références, au nombre de 30 a été mis en place sur le Tarn et Garonne. Ces parcelles sont suivies par la Chambre d'Agriculture de Tarn et Garonne. Le matériel de mesure utilisé est constitué de sondes Watermark®.

A partir du réseau de parcelles de références suivies hebdomadairement, un bulletin de conseil irrigation est envoyé de début mai à fin septembre pour les arboriculteurs et de début Juin à fin Août pour les céréaliers.

Les interventions réalisées en Grandes Cultures

Le programme d'actions 2006 concerne deux types d'intervention :

- le suivi des parcelles irrigation maïs sur les bouldières moyennes à profondes des vallées et terrasses.
Il était prévu de suivre durant la campagne 2005 d'avoir un réseau de références de : 10 parcelles en maïs : 3 parcelles sur les terrasses superficielles et moyennes (Aveyron-Aval Lère) et 7 parcelles dans les zones de vallées et terrasses de Garonne.
Pour cette campagne 2006, le réseau de références comprenait également 3 parcelles en soja : l'ensemble se situant sur les terrasses superficielles et moyennes (Aveyron-Aval Lère).
- l'édition et la diffusion d'un avertissement irrigation hebdomadaire réalisé à partir des données recueillies sur les parcelles de références, les observations des stades relevés sur des parcelles agriculteur, et, à partir des données de Météo -France (ETP, pluies, prévisions...) .

Les parcelles suivies

En 2006, les parcelles suivies sont donc au nombre de 8 en maïs dont 5 sur les zones de vallées et terrasses de la Garonne et 3 sur les terrasses superficielles et moyennes de l'Aveyron et 3 en cultures de soja.

Le type de sol représenté pour ces différentes parcelles sont des bouldières moyennes à profondes.

Caractéristiques des parcelles suivies

Un entretien a été réalisé auprès de chaque agriculteur pour recueillir les données de chaque parcelle :

- le type de sol
- la date de semis
- les variétés
- l'itinéraire cultural
- le matériel d'irrigation utilisé
- le tour d'eau.
-

Descriptif des parcelles suivies en 2006

Parcelles suivies en maïs

<u>Lieu des parcelles</u>	<u>Date de semis</u>	<u>Variétés</u>	<u>Date de floraison</u>	<u>Type de boubène</u>	<u>Durée du tour d'eau</u>	<u>Matériel irrigation</u>
Négrepelisse	25 avril	PR34N43	18 juillet	Boulbènes moyennes à profondes	6 jours	Pivot
Aucamville	5 avril	PR34N43	30 juin	Boulbènes profondes	4 jours	Intégral
La Ville Dieu du Temple	28 avril	Mitic	12 juillet	Boulbènes moyennes	6 jours	Intégral
La Ville Dieu du Temple	4 mai	Paolis	12 juillet	Boulbènes moyennes	7 jours	Enrouleur
Cayrac	20 avril	Feiri	07 juillet	Boulbènes moyennes	5 jours	Intégral
Cayrac	16 avril	Réalis	04 juillet	Boulbènes moyennes	7 jours	Enrouleur
Cayrac	16 avril	Réalis	07 juillet	Boulbènes moyennes	7 jours	Enrouleur
Labourgade	10 mai	Paolis	25 juillet	Boulbènes moyennes	6 jours	Pivot

Parcelles suivies en soja

<u>Lieu des parcelles</u>	<u>Date de semis</u>	<u>Variétés</u>	<u>Type de boubène</u>	<u>Durée du tour d'eau</u>	<u>Matériel irrigation</u>
Bioule	10 mai	Paoki	Boulbènes moyennes à profondes	6 jours	Enrouleur
Cayrac	10 mai	Sapporo	Boulbènes profondes	7 jours	Enrouleur
Cayrac	10 mai	Sapporo	Boulbènes moyennes	6 jours	Intégral

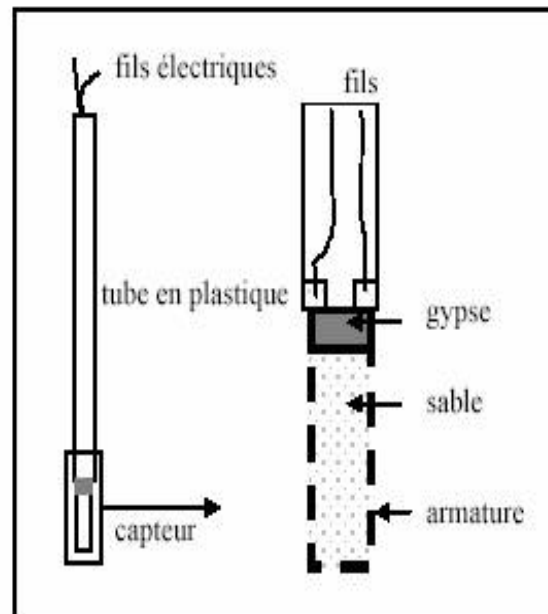
Installation des tensiomètres

Caractéristiques des sondes tensiométriques

Les sondes utilisées sont des sondes Watermark® donnant une lecture satisfaisante de 10 à 200 centibars .

La tension exprimée par ces sondes représente la force de liaison entre l'eau et le sol. Concrètement, lorsque l'eau est très facilement disponible dans le sol, la tension est faible. Quand sa disponibilité diminue, la tension augmente.

Schéma d'une sonde tensiométrique



Installation en fonction du type de sol

Les boubènes moyennes et profondes avec des sols non ou peu caillouteux (limoneux à limono-sableux) où l'enracinement est compris entre 70 et 90 cm, nous avons posé 6 sondes :

- 3 sondes à 30 centimètres
- 3 sondes à 60 centimètres

4 journées techniciens et 0,5 jours ingénieurs ont été nécessaires pour rechercher les parcelles et pour la pose des tensiomètres sur les 8 parcelles en maïs et les 3 parcelles en soja.

Positionnement dans la parcelle

La station de mesure a été implantée :

- sur une position de début de tour d'eau facilement accessible,
- dans le sol dominant de l'ensemble des parcelles du tour d'eau,
- selon le type de matériel utilisé pour l'irrigation :
 1. pour l'enrouleur : de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$ de l'écartement entre deux positions à au moins 60 m de la bordure.
 2. pour le pivot : entre deux arroseurs de la travée centrale, en évitant les bordures de la parcelle, à au moins 20 m de l'angle non arrosé si le pivot ne fait pas le tour complet.
 3. pour l'intégral : le risque d'hétérogénéité de répartition plus importante avec ce système rend le positionnement des sondes plus délicate.
 - entre deux lignes d'arroseurs d'une position de nuit impérativement : les sondes recevront ainsi la dose d'irrigation moyenne,
 - à $\frac{1}{3}$ de la diagonale entre deux arroseurs.

L'installation des sondes se fait le plus tôt possible sur sol frais, dès le stade 5 feuilles visibles (lorsqu'il n'y a pas de binage ou d'incorporation d'engrais avec un coutre après la levée) : un bon contact sol/sonde est impératif pour le bon fonctionnement des sondes.

Pour la campagne 2006, les sondes tensiométriques ont été placées entre 8 juin et le 4 juillet.

Lecture des données tensiométriques :

Le boîtier de lecture Watermark

Principe de fonctionnement : il permet de lire la tension dans le sol. Pour avoir une mesure précise, il est impératif d'afficher sur le boîtier la température du milieu dans lequel se trouve la sonde.

La lecture des sondes : elle s'effectue avec le boîtier Watermark®. Le principe est d'afficher la température du sol sur le boîtier : ces températures sont dépendantes de la région et de la période.

Tableau pour la région Midi-Pyrénées

Juin	Juillet	Août	Septembre
18 ° C	20° C	20°C	19° C



La fréquence de la lecture

La première lecture a été faite 3 à 5 jours après l'installation des sondes.

La fréquence de lecture avant la première irrigation a été d'une fois par semaine puis tous les 2-3 jours dès que les conditions climatiques devenaient sèches.

Au cours de la campagne d'irrigation, les tensions sont utilisées pour confirmer ou pas la reprise du tour d'eau, à deux conditions :

- les doses des irrigations précédentes reçues par les sondes sont proches des doses d'irrigations moyennes
- il n'y a pas plus de 30 cb de différence entre les différentes sondes d'une même profondeur.

Le carnet de terrain

Les données sont relevées sur un carnet. Elles sont ensuite saisies sur une feuille EXCEL afin de tracer les courbes pour les valeurs tensiométriques (30 et 60 cm) et les histogrammes pour les pluies et les apports d'eau des parcelles correspondantes.

(En annexe 1 : exemple d'un carnet de terrain)

Les règles de décision en maïs grain en sol de bouldènes moyennes à profondes :

Tour d'eau de 6 à 8 jours :

	10 feuilles	10 feuilles + 25 jours	Floraison femelle	Floraison femelle + 15 jours	Humidité du grain 50 %
Quand 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint	0-10cbar	20 cbar	40 cbar	50 cbar	70 cbar

	10 feuilles	10 feuilles + 25 jours	Floraison femelle	Floraison femelle + 15 jours	Humidité du grain 50 %
Quand 2 sondes sur 3 à 30 cm ont atteint	50 cbar	60 cbar	60 cbar	60 cbar	60 cbar

Tour d'eau de 3 à 5 jours :

	10 feuilles	10 feuilles + 25 jours	Floraison femelle	Floraison femelle + 15 jours	Humidité du grain 50 %
Quand 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint	0-10cbar	30 cbar	50 cbar	60 cbar	80 cbar
et 2 sondes sur 3 à 30 cm de profondeur ont dépassé la valeur de 70 cbar					

Ces seuils tiennent compte de la durée du tour d'eau : ainsi il n'y a pas eu d'anticipation.

(En annexe 2 : courbes de valeurs des tensiomètres)

Les règles de décision en soja en sol de boubènes moyennes à profondes :

Le coeur de la problématique réside dans la détermination :

- de la date de déclenchement de la première irrigation ;
- de la fréquence de retour des irrigations par la suite.

L'objectif était de tester des règles de décision dans le cadre de leur mise en œuvre à l'échelle d'exploitations agricoles, avec les contraintes liées à la disponibilité en eau et à la durée du tour d'eau.

En sols profonds

Déclenchement de l'irrigation :

Attendre le stade R1 (début floraison).

A partir du stade R1 (début floraison), déclencher le premier tour d'eau lorsque :

- les tensions de 2 sondes sur 3 à 30 cm sur la première position d'irrigation ont atteint le seuil de $120 \text{ cb} - (8 \text{ cb} \times (\text{durée du tour d'eau soja en jours} - 1))$; ou lorsque les tensions de 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint 30 cb.

Retour sans pluie ou avec pluies faibles à modérées

Les irrigations seront espacées d'au moins 5 jours pour une dose de 25 mm, 7 jours pour une dose de 35 mm...(1 j par tranche de 5 mm).

En cas d'épisode pluvieux ($P =$ cumul de 2 jours consécutifs > 10 mm) ne provoquant pas une chute durable des tensions à 30 et 60 cm sur la première position d'irrigation en dessous de 10 cb :

- retarder l'irrigation sur la position suivante de n jours ($n = P/5$: 1 j par tranche de 5 mm) puis enchaîner le tour d'eau suivant,
- ou finir le tour d'eau en cours sans délai et retarder le retour sur la première position d'irrigation de n jours ($n = P/5$: 1 j par tranche de 5 mm).

Dans tous les cas, chaque position sera irriguée, avec la même dose.

Retour avec pluies fortes

Si un gros épisode pluvieux provoque une chute « significative » des tensions à 30 et 60 cm en dessous de 30 cb, arrêter définitivement le tour d'eau, et ne reprendre

l'irrigation en commençant par la première position d'irrigation que lorsque 2 sondes sur 3 à 60 cm ont atteint le seuil de :

- 90 cb - (5 cb x (durée du tour d'eau soja - 1)) jusqu'à R3 (premières gousses) ;
- 120 cb - (5 cb x (durée du tour d'eau soja - 1)) de R3 (premières gousses) à R5 (premières graines) ;
- 140 cb - (5 cb x (durée du tour d'eau soja - 1)) après R5 (premières graines).

Arrêt d'irrigation

Poursuivre l'irrigation jusqu'au stade R7 (première gousse mûre) sur la première position d'irrigation (premières gousses mûres ; une gousse contenant au moins une graine sur la tige principale a atteint sa couleur de maturité ; la graine s'arrondit dans la gousse). Ne pas irriguer au-delà.

Début irrigation	Contrainte retour
Précoce R1+ seuil de 90 cbar à 30 cm	faible seuil de 90 cbar à 60 cm
Tardive R1+ seuil de 140 cbar à 30 cm	faible seuil de 90 cbar à 60 cm
Précoce R1+ seuil de 90 cbar à 30 cm	forte seuil de 120 cbar à 60 cm

R1 : début floraison

(En annexe 3 : courbes de valeurs des tensiomètres)

Relevés des données ETP, pluies et des apports d'eau :

L'agriculteur note les apports d'eau réalisés sur sa parcelle ainsi que la pluviométrie par parcelle. Ces données sont notées et saisies hebdomadairement.

Les données ETP et les pluies de la station météo locale sont renseignées avec le logiciel climathèque de Météo France. Cinq stations sont suivies hebdomadairement : Savenès, Montauban, Castelsarrasin, Caylus, Lauzerte.

22 journées techniciens ont été nécessaires pour le suivi technique : méthodologie du réseau, lecture de tensiomètres, saisies des données, suivi de la maturité et enlèvement des tensiomètres.

Arrêt des irrigations

La décision d'effectuer le dernier tour d'eau a été prise en fonction :

- du stade du maïs
- des tensions dans le sol à ce stade
- des prévisions météorologiques

Nous avons suivi les teneurs d'humidité du grain des épis de maïs sur les parcelles suivies. Selon la méthode IRRINOV®, le stade 50 % est déterminant pour l'arrêt des apports d'eau.

1ère situation : lorsque l'humidité du grain est à plus de 50 % : les tours d'eau ont continué ;

2ème situation : lorsque l'humidité du grain est proche de 50 % :

- lorsque les tensions des sondes étaient proches ou supérieures aux valeurs seuils : une dernière irrigation a été réalisée ;
- lorsque les tensions étaient inférieures aux valeurs seuils, une nouvelle mesure du stade et des tensions a été réalisée 4 à 5 jours après afin de prendre la meilleure décision;

3ème situation : lorsque l'humidité du grain était à moins de 50 % : nous avons suivies l'évolution des tensions ; lorsqu'elles avaient atteint les seuils dans les 6 jours qui suivaient la lecture, nous avons préconisés de réaliser un dernier tour d'eau à dose réduite : 15 à 20 mm.

4 ème situation : lorsque l'humidité du grain était à moins de 45 % : la campagne d'irrigation était terminée.

Les bulletins d'avertissement hebdomadaires ont été élaborés à partir des données parcelles du réseau de références, des observations des stades, et des données hebdomadaires Météo France (ETP, pluies, somme de températures, prévisions...).

En 2006, les dates de semis sont étalées ; en effet la pluviométrie des mois d'avril et mai a été relativement faible permettant des semis dans de bonnes conditions.

Le bulletin d'avertissement irrigation se veut être un outil d'aide à la décision. Il donne les points de repère pour la conduite d'irrigation, afin d'optimiser les pratiques par un bon pilotage : déclenchement, reprise des tours d'eau et arrêt des irrigations.

Les agriculteurs destinataires de ce bulletin d'avertissement irrigation ont plus de 10 ha de maïs ou plus de 8 ha de soja. Ce fichier a été établi à partir des déclarations d'assolement de Tarn et Garonne.

En 2006, 926 exploitations ont reçu les bulletins irrigation :

- 786 l'ont reçu par courrier individualisé dont 193 comprenaient les messages grandes cultures et arboriculture fruitière.
- 140 par télécopie.

Ces bulletins « irrigation » sont aussi accessibles sur le site Internet www.pleinchamp.com ».

En 2006, 12 bulletins « irrigation » ont été élaborés du 15 juin au 31 août (fin d'irrigation lorsque le stade 50% d'humidité du grain a été atteint sur une grande majorité des parcelles du département).

5,5 journées technicien et 4 jours ingénieur ont été nécessaires pour la synthèse des données, l'élaboration et la rédaction du bulletin.

(En annexe 4 : les bulletins irrigation de la campagne 2006)

Le déroulement de la campagne 2006

Le climat

Au mois d'avril et mai, les emblavements se sont réalisés dans de bonnes conditions. Certaines températures étaient plutôt fraîches pour la saison. Les pluies quant à elles étaient insignifiantes : une vingtaine de mm pour la première décade du mois d'avril et une trentaine de mm pour la première décade du mois de mai.

Pour le mois de juin, les températures sont élevées et les précipitations ne se sont produites que sous forme d'orage parfois très violent : grêles sur les cultures le 19 juin accompagnées de 70 mm d'eau en un temps très court ; provoquant des dégâts assez considérables.

Les mois de juillet et août ont été chauds et accompagnés de quelques pluies orageuses.

Station de Montauban

	RR	Tn	Tx	Somme des t°
Mai	27,4	3,4	31,6	332
Juin	98,8	6,1	32,6	457
Juillet	26	15,4	38,3	546
Août	63	9,6	29,2	442,5
Septembre	60,2	5,2	36,1	429,3

Conclusions :

Comme pour la campagne irrigation 2005, le pilotage de méthode pour cette année 2006, s'est trouvé modifié sur les parcelles du réseau de références. En effet, compte tenu des conditions climatiques durant l'été, les restrictions sont tombées très tôt (par exemple : dès le 9 juin avec 3,5 jours d'interdiction / semaine sur le Tescou). En comparaison l'année 2005 les premières restrictions sont tombées le 23 juin.

Pour les parcelles suivies, les premières restrictions ont commencé :

- pour la rivière Aveyron : pas de restriction sur la rivière
des restrictions seulement sur ses affluents : dès le 27 juillet à hauteur de 3,5 jours d'interdiction par semaine.
- pour la rivière Garonne : le 6 juillet avec 1 jour d'interdiction / semaine (contre 26 juillet en 2005).

Présentation du réseau parcelles de références conseil irrigation en arboriculture fruitière en 2006

1. Description du réseau

Nous avons 30 parcelles en zone vulnérable du Tarn et Garonne en 2006, qui sont les mêmes depuis 2005.

Les parcelles ont été choisies façon à être les plus représentatives possible de la région.

Les trois types de sol sont représentés : 6 parcelles en alluvions, 10 parcelles en boubènes, 14 parcelles en terreforts .

Les trois principales productions fruitières sont présentes suivant leur importance dans la région.

- 15 parcelles de pommiers,
- 5 parcelles de pruniers,
- 8 parcelles de raisins,
- 1 de cerisier, 1 parcelle de poirier.

Caractéristiques des parcelles de pruniers en 2006

N° Parcelle	Espèce	Sol	Irrigation	Commune
16	Prunier	Terrefort	Aspersion	Montesquieu
11	Prunier	Terrefort	Aspersion	Moissac
10	Prunier	Terrefort	Goutte à Goutte	Moissac
18	Prunier	Terrefort	Aspersion	Moissac
28	Prunier	Boulbène	Aspersion	Albefeuille

Caractéristiques des parcelles de pommiers en 2006

N° Parcelle	Espèce	Sol	Irrigation	Commune
2	Pommier	Boulbène	Aspersion	Labastide du Temple
3	Pommier	Boulbène	Goutte à Goutte	Meauzac
5	Pommier	Boulbène	Goutte à goutte	Meauzac
4	Pommier	Alluvion	Aspersion	Meauzac
7	Pommier	Alluvion	Aspersion	Labastide du Temple
9	Pommier	Alluvion	Goutte à Goutte	Lizac
20	Pommier	Alluvion	Aspersion	Moissac
12	Pommier	Boulbène	Goutte à Goutte	Lafrançaise
14	Pommier	Alluvion	aspersion	Montauban
13	Pommier	Boulbène	Aspersion	Lafrançaise
6	Pommier	Boulbène	goutte à goutte	Les Barthes
13	Pommier	Terrefort	Aspersion	Moissac
8	Pommier	Terrefort	Aspersion	S ^t Paul d'Espis
29	Pommier	Boulbène	Goutte à goutte	Meauzac
30	Pommier	Boulbène	Goutte à goutte	Montech

Caractéristiques des autres parcelles en 2006

N° Parcelle	Espèce	Sol	Irrigation	Commune
17	Raisin	Terrefort	Aspersion	Moissac
19	Raisin	Terrefort	Aspersion	Moissac
1	Cerisier	Boulbène	Aspersion	Reynies
21	Poirier	Alluvion	Aspersion	Montauban
22	Raisin	Boulbène	aspersion	Montauban
23	Raisin	terrefort	aspersion	Moissac
24	Raisin	Terrefort	goutte à goutte	Moissac
25	Raisin	Terrefort	aspersion	Durfort
26	Raisin	Terrefort	aspersion	Durfort
27	Raisin	Terrefort	Aspersion	Durfort

2. Diffusion de l'information

2.1. Bulletin irrigation en arboriculture fruitière

En 2006, il y a eu 18 bulletins de conseils en arboriculture fruitière, 6 spécifiques arbo du 27 avril au 15 juin, 10 communs avec les grandes cultures et 2 spécifiques supplémentaires en septembre. Ces envois de bulletins concernent les périodes critiques d'irrigation, déclenchement, tours d'eau, reprises après une pluie et arrêt. Les envois se font le jeudi par fax ou par courrier.

Le bulletin est diffusé directement à un fichier de producteurs recevant les bulletins techniques de la Chambre d'Agriculture :

- Groupement technique des 7 Cantons : 46 producteurs
- O.P. Freshpom : 8 producteurs
- O.P. Qualifel + : 7 producteurs
- O.P. CFQG : 23 producteurs

La diffusion est, de plus, assurée par e-mail auprès des :

- O.P. Stanor : 30 producteurs
- O.P. Quercy Soleil : 80 producteurs

- techniciens des Organisations de producteurs de Midi-Pyrénées (SOPROM, AGM, CFQG, PYRÉNÉES FRUITS, VAL D'AUTAN, SOFRUITEX...). Ces O. P. Répercutent ensuite ce bulletin, soit directement à leurs producteurs, soit intègre les résultats dans les bulletins techniques propres à chaque O.P. Les producteurs concernés sont au nombre de 800 (source DDAF), dont 664 en zone éligible.

- organismes agricoles de Midi-Pyrénées : CEFEL; Protection Végétaux ; Chambre d'Agriculture 31,81,46 ; CFPPA de Moissac ; LEPA de Moissac ; Lycées Agricoles ; GRAB

3. Matériel de mesure

Les méthodes de mesure permettent de connaître la disponibilité en eau du sol.

3.1 Les tensiomètres et Watermark®

La transmission de la tension jusqu'à l'organe de mesure (manomètre à dépression) s'effectue par une colonne d'eau en équilibre avec l'eau du sol, par l'intermédiaire d'une capsule poreuse.

Ils présentent un intérêt pratique certain :

- ils n'exigent qu'un minimum de manipulation
- ils permettent la réalisation de mesures en continu
- leur coût est relativement modique

La bougie est placée dans le sol à la profondeur de mesure voulue.

Cette bougie restitue de l'eau au sol lorsque celui-ci tend à se dessécher : dans ce cas, le réservoir étant étanche, il se produit, par rapport à la pression atmosphérique ambiante, une dépression mesurée par le manomètre.

Si le sol est ré-humidifié, la dépression provoque un retour de l'eau dans le tensiomètre et le manomètre indique le nouvel équilibre obtenu.

Beaucoup d'eau correspond à une faible tension.

Peu d'eau correspond à une forte tension.

On appelle tension la valeur de dépression lue sur le manomètre.

Dans le cas des sondes Watermark®, l'organe de mesure (électrique) est inclus dans la capsule constituée d'un matériau poreux, dont la tension hydrique, si la sonde est bien posée, s'équilibre avec celle du sol environnant.

Les sondes Watermark® sont placées dans le sol, un boîtier permettant, après branchement sur une sonde :

- d'alimenter électriquement la sonde,
- de régler un potentiomètre selon la température au point mesuré,
- de récupérer le signal émis,
- d'analyser ce signal et de le traduire en terme de tension.

Les mesures sont ponctuelles, ce qui nécessite de multiplier les points de référence et de bien les choisir.

Principe de fonctionnement

La sonde est placée dans le sol à la profondeur de mesure voulue. Le matériau poreux la composant se met à l'équilibre de tension avec le sol environnant. Le boîtier électronique convertit cette mesure en unité de pression exprimée en centibars (cbar).

Mise en place des sondes

Avant de positionner les sondes, il faut les immerger dans un seau d'eau. Les sondes doivent être mises en place dans un sol frais (en général entre début et fin avril).

Dans un sol meuble, faire un pré-trou avec la tarière adaptée se terminant en 22 mm jusqu'à la profondeur désirée. Enfoncer le tube PVC de la sonde jusqu'en butée du pré-trou.

Avantages

L'absence de circuit hydraulique permet :

- une préparation très simplifiée,
- une maintenance en état de fonctionnement grandement facilitée,
- la gamme de mesure est étendue jusqu'à 200 cbar.
- une bonne résistance au gel,
- pas de problème de stockage.

La mesure électrique est facilement enregistrable sur centrale d'acquisition Monitor.

Inconvénients

Une sonde ne peut être utilisée de façon autonome (nécessité du boîtier).

Les mesures ne sont pas significatives en dessous de 10 cbars, ce n'est donc pas un outil pour détecter les excès d'eau.

Les éléments de décision de déclenchement de l'irrigation

Type de sol	Aspersion	Goutte à goutte
Alluvion	60 cbs	40 cbs
Boulbène	70 cbs	40cbs
Terrefort	80 cbs	40 cbs

Les Chambres d'Agriculture utilisent ces sondes tensiométriques de type Watermark® pour piloter l'irrigation depuis 1991.

Pour chaque pratique d'irrigation, il existe une stratégie de mise en oeuvre.

3.2 Pilotage par tensiométrie de l'irrigation par aspersion

Principes de base

Le régime des aspersion correspond à une forte variation de la teneur en eau des couches superficielles du sol pendant la période séparant deux arrosages.

Pour analyser l'exploitation des réserves hydriques du sol alors que la gamme de tension correspondante peut être nettement supérieure à celle mesurable par les tensiomètres, on considère que, lorsque le sol a été totalement réhumecté, l'épuisement des réserves d'un horizon inférieur ne se produit qu'avec un certain retard par rapport aux horizons supérieurs. Par conséquent la tension mesurée en un point révèle une exploitation moyenne des réserves hydriques entre ce point et la surface considérablement plus importante.

On se sert de ce principe pour juger de l'opportunité du premier arrosage.

On observe qu'une forte variation en surface s'accompagne d'une faible exploitation en profondeur .

Il n'y a pas lieu de renouveler les arrosages tant que les tensions observées aux différents points ne s'avèrent pas égales à celles enregistrées avant l'apport précédent. Sinon, cela signifie que l'on n'atteint pas l'utilisation complète de l'eau apportée.

Il est indispensable de garantir une certaine représentativité des mesures.

Pour une unité d'arrosage (surface pour laquelle l'équipement d'arrosage ne permet pas de faire varier le mode de conduite), il convient de placer les tensiomètres dans le type de sol présentant le dessèchement le plus rapide.

Même dans une unité culturale apparemment homogène, il faut avoir au moins une répétition pour se mettre à l'abri de mesures faites en un point singulier et repérer des endroits correspondants à la dose apportée.

Nous implanterons 3 points de contrôle avec chacun deux sondes. Elles seront positionnées à 1/3 de la longueur du jet d'un sprinkler sur le rang. La première sonde est disposée dans la chevelure racinaire après analyse du profil de sol. La deuxième est mise plus en profondeur pour apprécier d'éventuelles pertes par percolation.

L'emploi de sondes Watermark à plusieurs profondeurs en un même site permet d'analyser la dynamique de contribution et de reconstitution des réserves du sol.

En irrigation par aspersion, au moins deux niveaux sont souhaitables, comme indiqué précédemment.

3.3 Pilotage par tensiométrie de l'irrigation en goutte à goutte

Principes de base

Maintenir en permanence un certain volume humecté.

L'humidité diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne latéralement du point d'apport. On dit qu'il y a formation d'un bulbe.

Des tensiomètres placés à la périphérie de cette zone sont à même de détecter une saturation en eau et ainsi de réajuster périodiquement le régime d'intervention.

Garantir la représentativité des mesures

En goutte à goutte, il faut partir avec un minimum de trois points de contrôle par parcelle avec 2 sondes par goutteur. Le débit des goutteurs doit être vérifié avant installation.

Pour cela le débit de 4 goutteurs est vérifié sur la première ligne de goutte à goutte. Ils sont respectivement situés au début, premier tiers, deuxième tiers et fin de ligne. Le contrôle se fait en plaçant une éprouvette graduée pendant une minute sous le goutteur

et en notant la dose apportée. La même opération est renouvelée sur trois autres lignes situées au premier tiers, deuxième tiers et à la fin des lignes de goutte à goutte. Cela permet de connaître le débit moyen de l'installation et aussi de savoir si celle-ci est relativement homogène grâce à l'utilisation de la formule suivante :

$$R\% = (\text{Moyenne Quartile inférieur} \times 100) / \text{Moyenne des 16 goutteurs}$$

R doit être supérieur à 95 % dans une installation en bon état.

Les sondes sont placées à 40 cm du goutteur sur le rang. La profondeur est déterminée par le profil de sol de façon à situer le point de mesure dans le maximum de chevelure racinaire.

La stratégie adoptée ici repose plus sur des tendances d'évolution et non des valeurs observées en absolu. Il s'agit d'analyser le sens de l'évolution des valeurs observées. Une évolution rapide des tensions conduira à déclencher à la dose journalière de 0,5 mm/j, puis à augmenter régulièrement cette dose jusqu'à ce que les tensions se stabilisent aux valeurs optimums indiquées suivant le type de sol.

4. Les mesures réalisées sur les parcelles

4.1 Les tensions

Les relevés sont effectués 1 à 2 fois par semaine. Ils commencent 48 heures au plus tôt après l'installation des sondes.

Les mesures sont reportées pour chaque date sur une fiche de relevés. Pour l'interprétation le calcul se fait ensuite sur la valeur moyenne des tensions pour une profondeur donnée.

Lorsque cette RFU est consommée à 50 % en goutte à goutte, l'irrigation est déclenchée. Puis le producteur doit essayer de rester proche de cette référence.

En aspersion cette référence de déclenchement est de 80 % de la RFU consommée.

4.2 La pluviométrie

Entre deux passages, la pluviométrie et l'irrigation doivent être relevés journalièrement. La somme des pluies depuis le dernier passage est reportée sur la fiche de relevés en mm.

4.3 Les calibres

En moyenne 45 à 60 jours après floraison, 20 fruits sont marqués par parcelle en pommiers et 30 en pruniers. Ils sont choisis au hasard à hauteur d'homme et uniquement sur vieux bois. Les fruits sont pris pour moitié de chaque côté du rang. A chaque passage une mesure du diamètre est réalisée sur la zone équatoriale de chaque fruit.

5. Résultats et interprétations

Les mesures ont débuté le 21 avril sur l'ensemble des parcelles jusqu'au 15 septembre 2006.

5.1 Le bilan hydrique sur la période en 2006

Déjà déficitaire durant l'automne 2005, les précipitations sont restées inférieures à la normale durant les premiers mois de l'année 2006, ne permettant pas une recharge optimale des réserves souterraines. Par la suite, le maintien du déficit pluviométrique au printemps puis durant l'été a entraîné une sécheresse des sols superficiels sévère qui ne s'est estompée qu'à partir des fortes pluviométries de mi septembre.

La demande climatique, traduite par l'évapotranspiration potentielle a été nettement supérieure à la normale.

E.T.P. en mm en 2006 et année normale de référence 2002.

	Année 2006	Année 2002
1ère décade de mai	38,1	28,4
2 ème décade de mai	37,6	42,9
3 éme décade de mai	48,2	38,8
1ère décade de juin	61,9	30,7
2 ème décade de juin	61,9	52,4
3 éme décade de juin	48,7	50,5
1ère décade de juillet	53,1	42,3
2 ème décade de juillet	62,6	42,8
3 éme décade de juillet	70,0	46,9
1ère décade d'août	55,2	38,8
2 ème décade d'août	42,5	43,3
3 éme décade d'août	36,8	35,2
1ère décade de septembre	46,8	30,3
2 ème décade de septembre	29,8	33,6
3 éme décade de septembre	22,28	29,2
TOTAL	716 mm	586,1 mm

La demande climatique sur le Tarn et Garonne a donc été supérieure à la normale. Sur cette même période la fourniture par le sol et par les précipitations ont été déficitaires (calcul bilan hydrique par production (Annexe 4)).

Besoins en irrigation en arboriculture en 2006

	Cumul ETM en mm	Besoins irrigation en mm
Abricotier	320,8	153,0
Cerisier	387,6	215,0
Kiwi	677,9	484,0
Pêcher	605,3	545,0
Poirier	589,9	412,0
Pommier	603,5	420,4
Prunier	623,1	440,0
Raisin de table	432,3	250,0

L'évapotranspiration maximale par culture fait apparaître des besoins élevés en raison de la sécheresse en juin.

Suivant les productions la pluviométrie n'a apporté que 52% à 29 % des besoins des productions fruitière sur cette période.

Le complément devait donc être fournit par l'irrigation sur cette période pour arriver une production de quantité et qualité satisfaisante.

5.2 Amélioration du suivi en goutte à goutte en arboriculture fruitière en 2006

Deux parcelles de pommier en goutte à goutte ont été équipées du boîtier enregistreur Monitor Watermark depuis 2005.

Ces deux boîtiers ont été mis en place au mois de mars 2005. Le pas d'enregistrement qui a été retenu était de 8 heures. Les résultats 2005 et 2006 montrent que cette fréquence était parfaitement suffisante.

Le fait de disposer d'enregistrement quotidien a permis de mieux gérer le démarrage.

Deux sondes ont été posées par bulbe, et trois bulbes par parcelle sont suivis en permanence.

La sonde de surface et la sonde de profondeur sont positionnées à 55 cm du goutteur.

Ensuite trois phases distinctes ont été suivies.

La première est la gestion du démarrage. On ne peut pas créer un bulbe dans un sol sec.

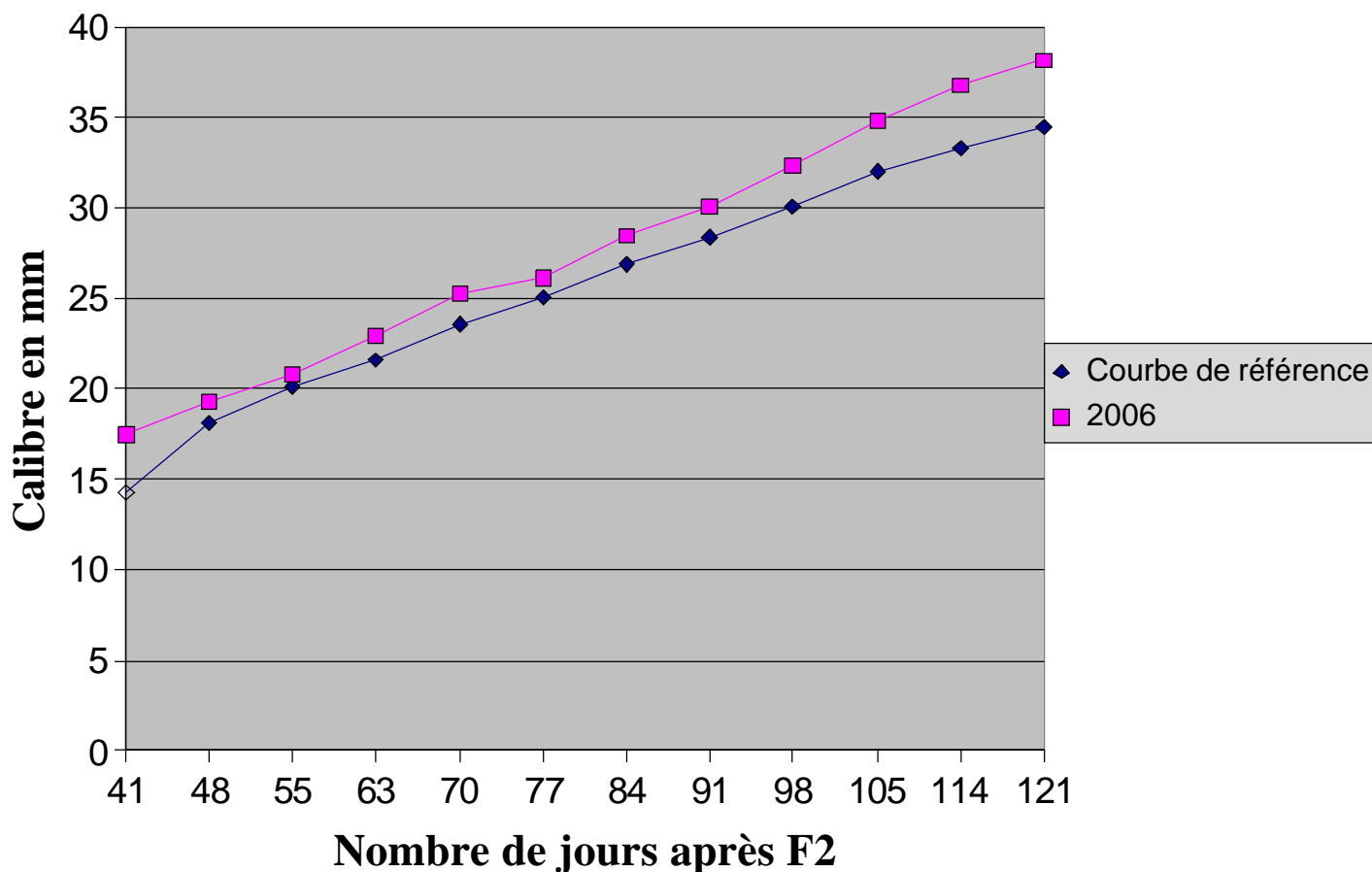
Lorsque les tensions ont commencé à dépasser 20 cbs le bulbe a été amorcé avec de petites doses de 0,5 à 1 mm/j.

Ensuite la stratégie de pilotage a été respectée.

5.2 Suivis grossissement en arboriculture fruitière en 2006

Le meilleur indicateur de l'alimentation hydrique d'un arbre est le suivi du grossissement. Nous pouvons tirer plusieurs enseignement de l'année 2006.

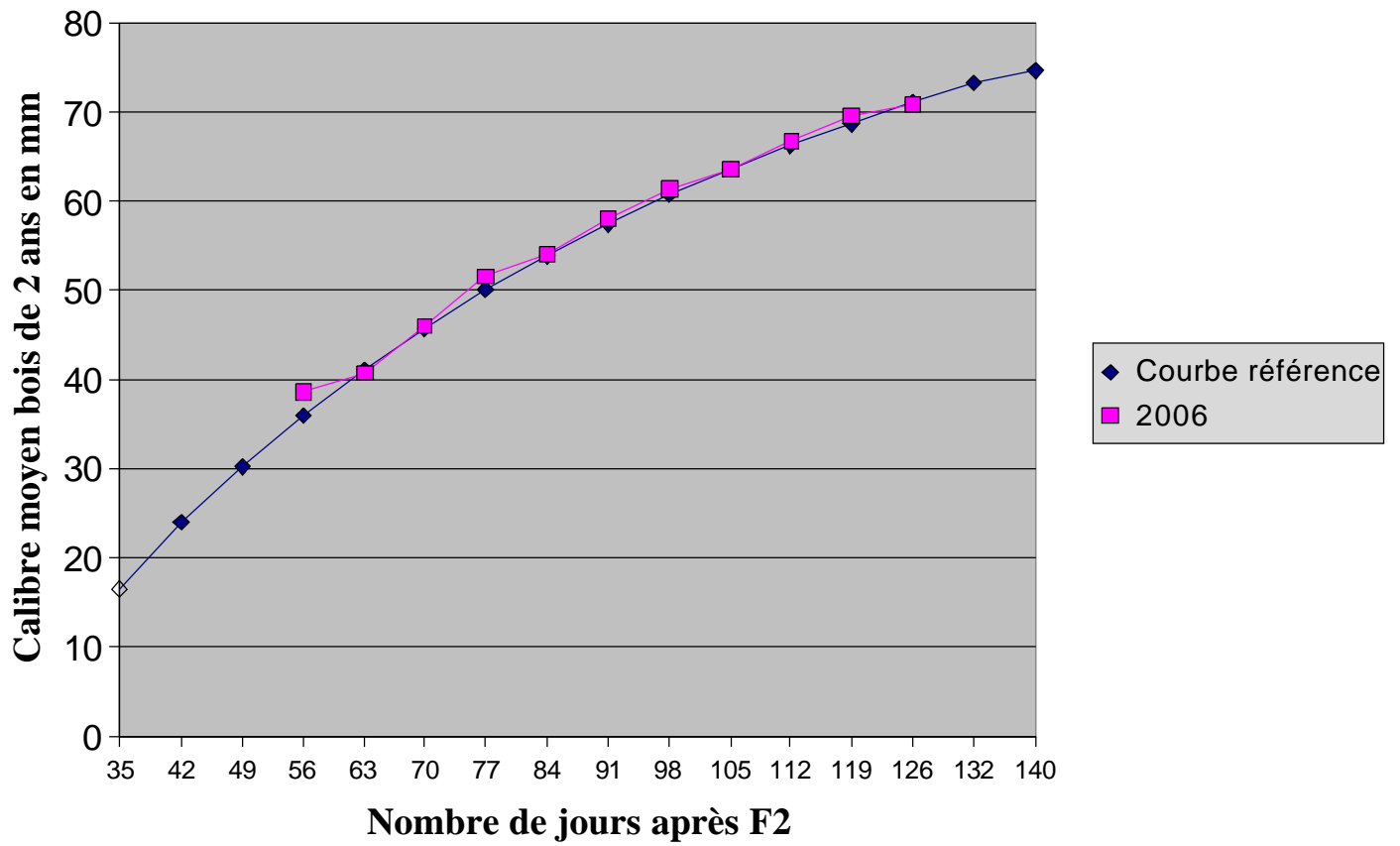
Evolution grossissement Reine Claude 2006 moyenne parcelles de références



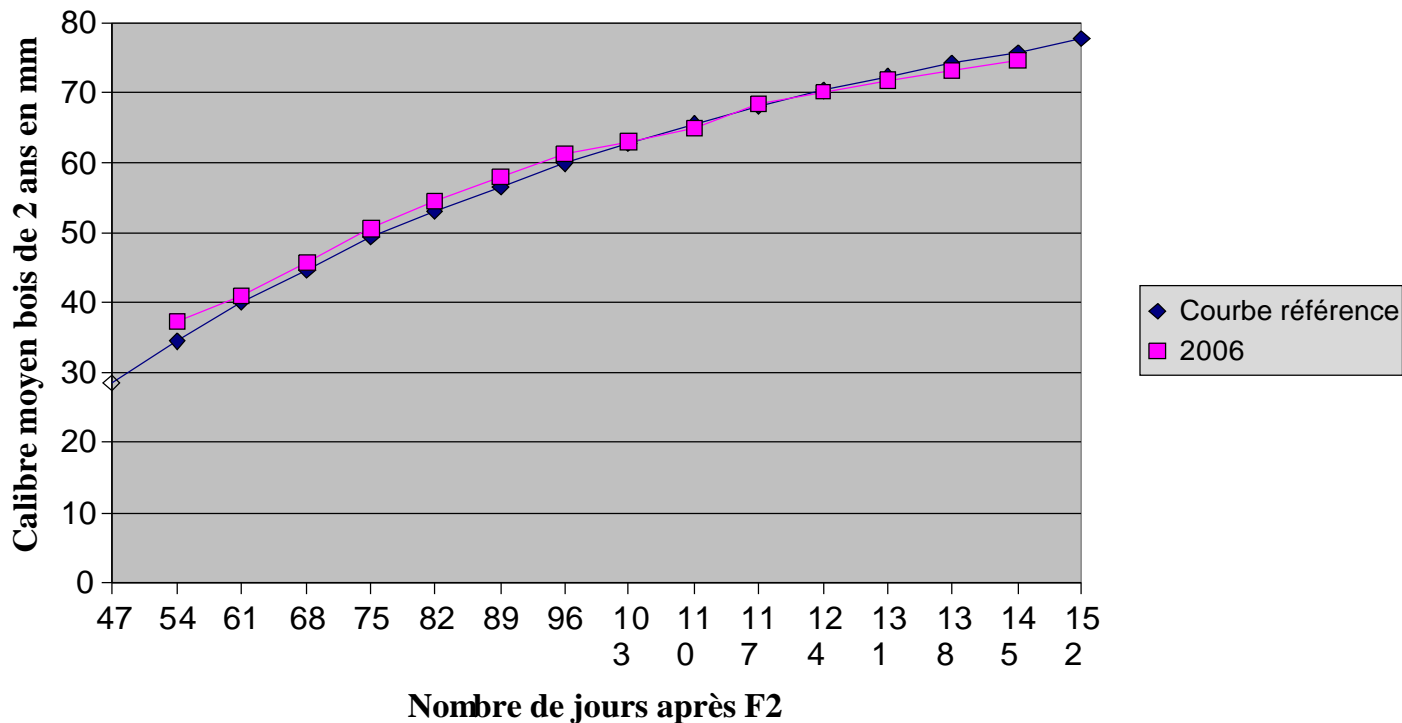
En prunier nous constatons que sur une espèce comme le prunier Reine-Claude à cycle cours (récolte fin juillet) une prise de calibre exceptionnelle en verger irrigué sans problème de restriction hydrique. Les suivis tensiométriques montrent qu'il n'y a pas eu de sur-irrigation, mais que la demande climatique a été suivie. le climat chaud est sec n'est donc pas un handicap si on dispose des ressources en eau nécessaires.

En pomme nous pouvons voir que la moyenne de prise de calibre est satisfaisante sur toutes les variétés .

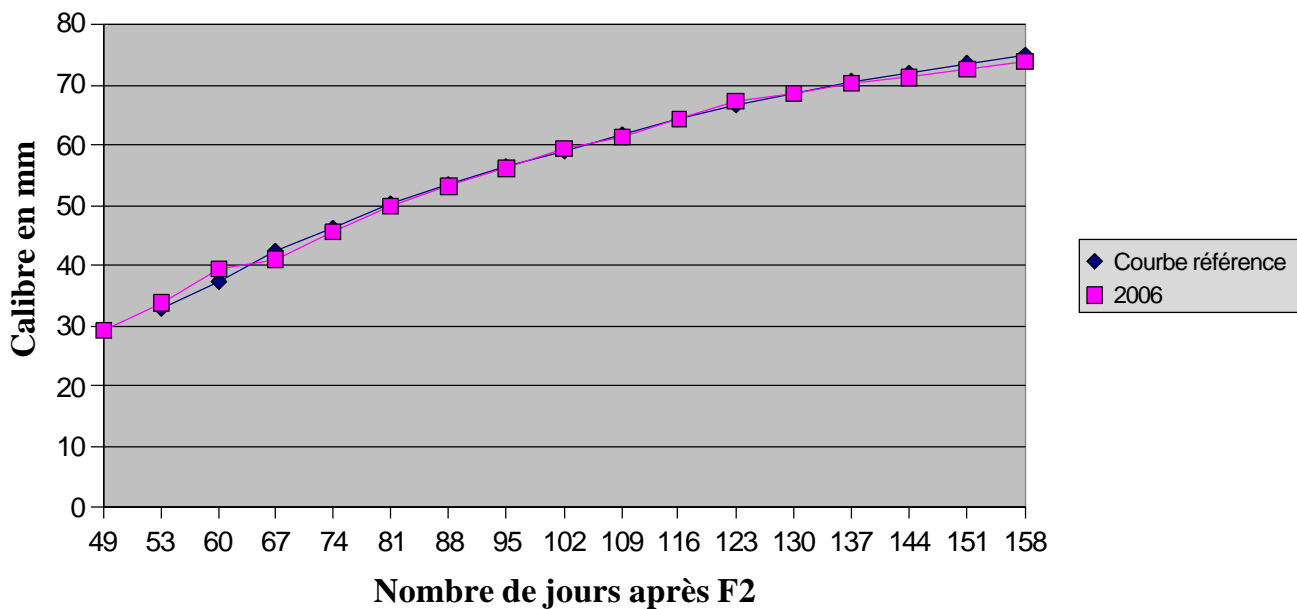
Evolution Calibre Gala 2006 moyenne parcelles de références



Evolution calibre Golden 2006 moyenne parcelles de références



Evolution calibre Braeburn 2006 moyenne parcelles de références



Conclusion

Pour la gestion de l'irrigation en arboriculture fruitière les boîtiers Monitor Watermark® ont permis une nette amélioration de la gestion de l'irrigation en 2005 et 2006.

En situation de ressource en eau limitée, le goutte à goutte bien géré est une solution techniquement intéressante.

Les apports totaux réalisés en suivant les indications des boîtiers Monitor Watermark® sont nettement inférieurs aux apports réalisés en aspersion.

La prise de calibre se trouve améliorée grâce à une meilleure connaissance de l'état hydrique du sol .

Sans un suivi en continu il est impossible de gérer correctement l'irrigation en goutte à goutte en arboriculture fruitière.

Il est prévu en 2007 d'équiper 2 parcelles supplémentaires en boîtiers Monitor sur le bassin arbo de l'Aveyron.