

L'aide à la décision pour optimiser l'irrigation des cultures

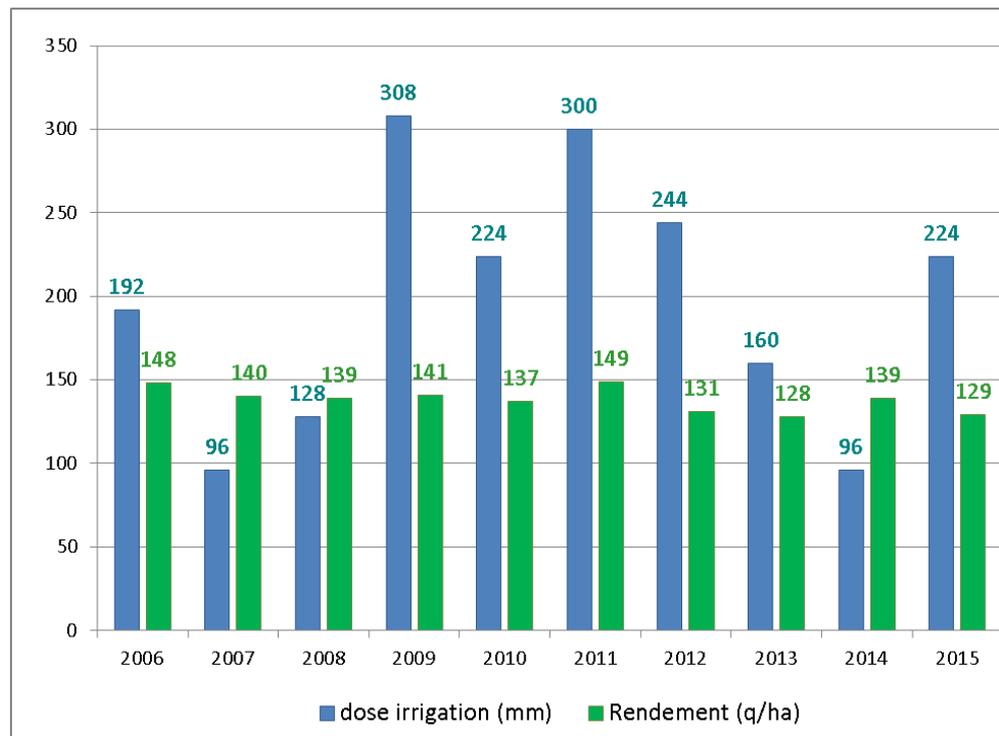


Sophie GENDRE, Ingénieur irrigation, ARVALIS
avec la participation de Laurent FOMBEUR (CRANA), Paul TAUVEL (ITB),
Baptiste LABEYRIE (CTIFL)



Quels enjeux ?

Une meilleure
adaptation de
l'irrigation
à l'année
climatique



Irrigation du maïs
(variété tardive – observatoire essai monoculture)
ARVALIS – Lyon St Exupéry (69)

Des enjeux divers selon les espèces

Espèce	Economie d'eau	Rendement	Qualité	Arbitrage entre parcelles
Maïs conso	+++	+++	∅	+
Maïs semence	+++	+++	∅	∅
Blé tendre	+	+++	+	++
Blé dur	+	+++	++	++
Orge printemps	+	+++	+++	++
Pois	+	+++	+	++

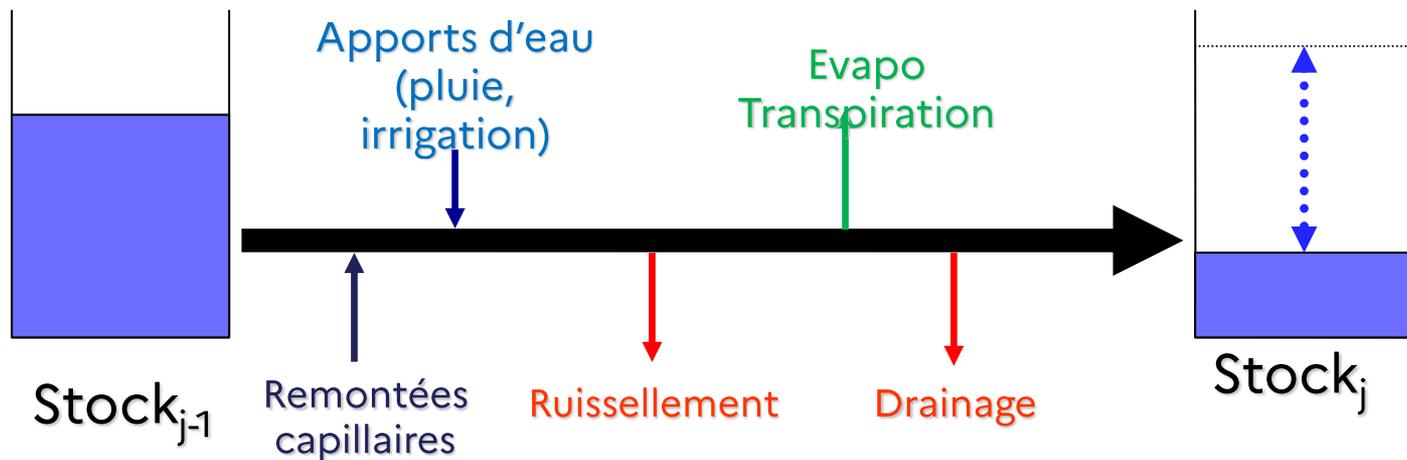
Méthodes d'estimation de l'état hydrique du sol

Deux approches différentes, qui peuvent être complémentaires :

1. Utilisation de **bilan hydrique** : modèle d'évolution du stock d'eau du sol
2. Mesures avec des **capteurs sol** (sondes tensiométriques, capacitives, ...) associées à des règles de décision

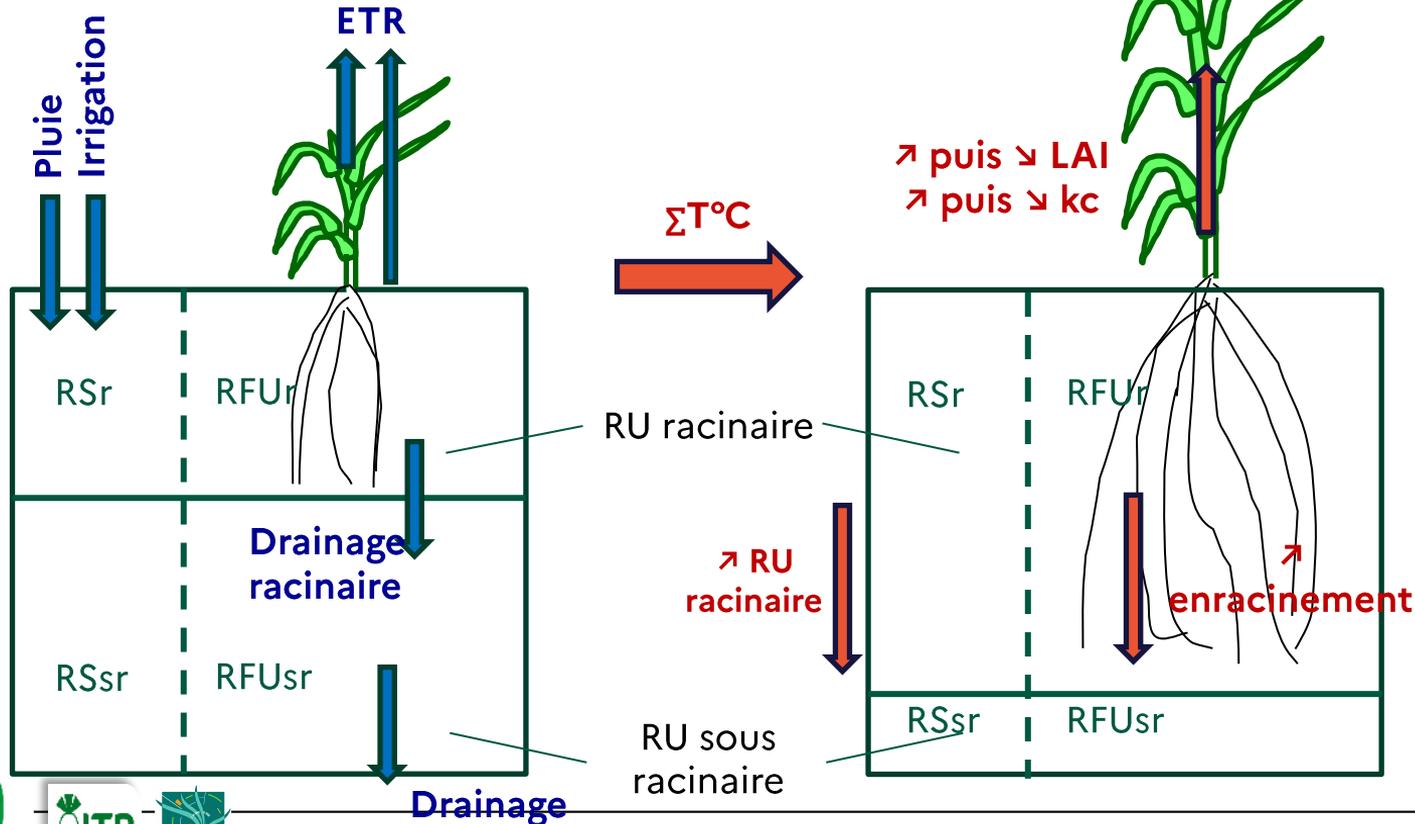
1. Le bilan hydrique

Objectifs : déterminer à un instant donné l'état de la réserve en eau du sol → calculer son évolution.



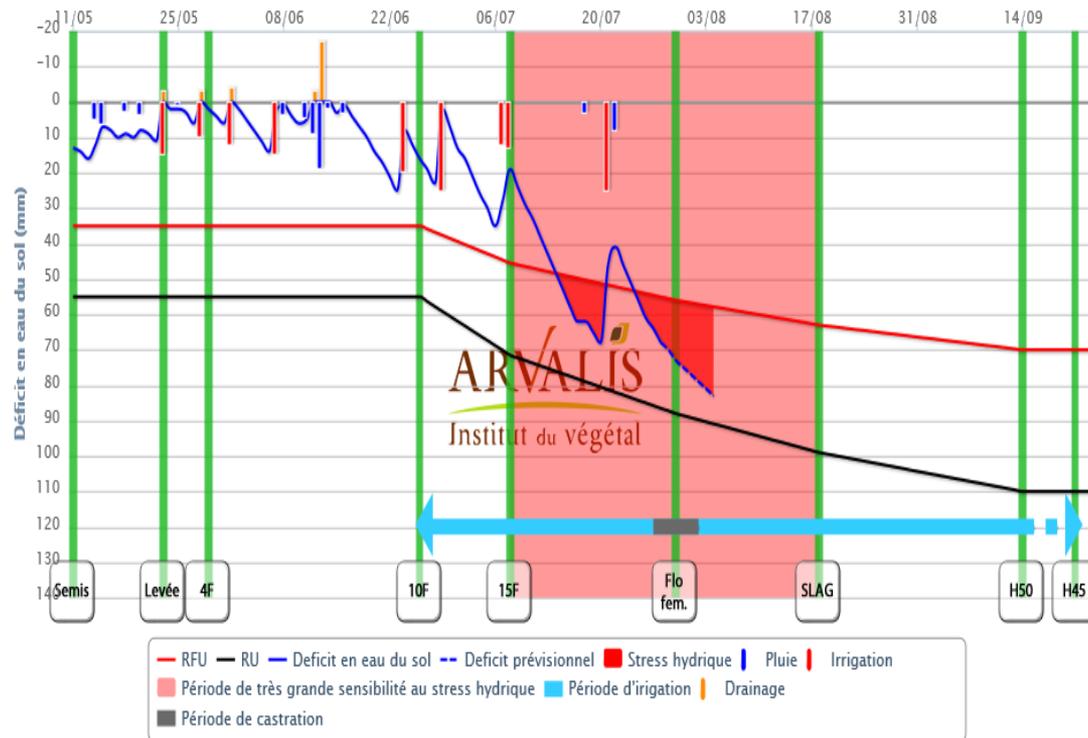
Pas de sondes, pas de mesures de l'état hydrique du sol !

Irré-LIS®, un bilan hydrique à 2 réservoirs de taille variable

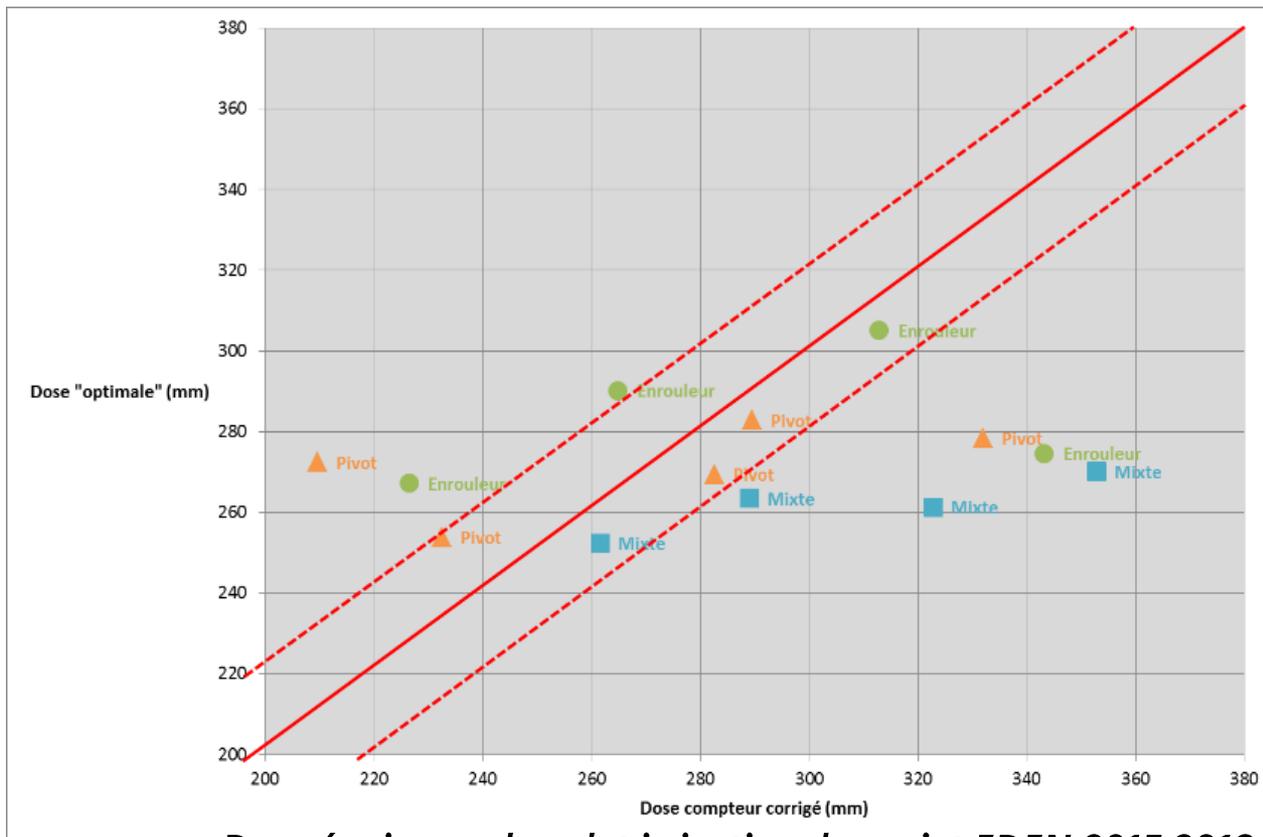


Exemple

Irré-LIS[®]
 Maïs conso, maïs semence
 Maïs doux
 Pomme de terre
 Céréales à paille
 Tabac
 Soja
 Haricot
 Epinard



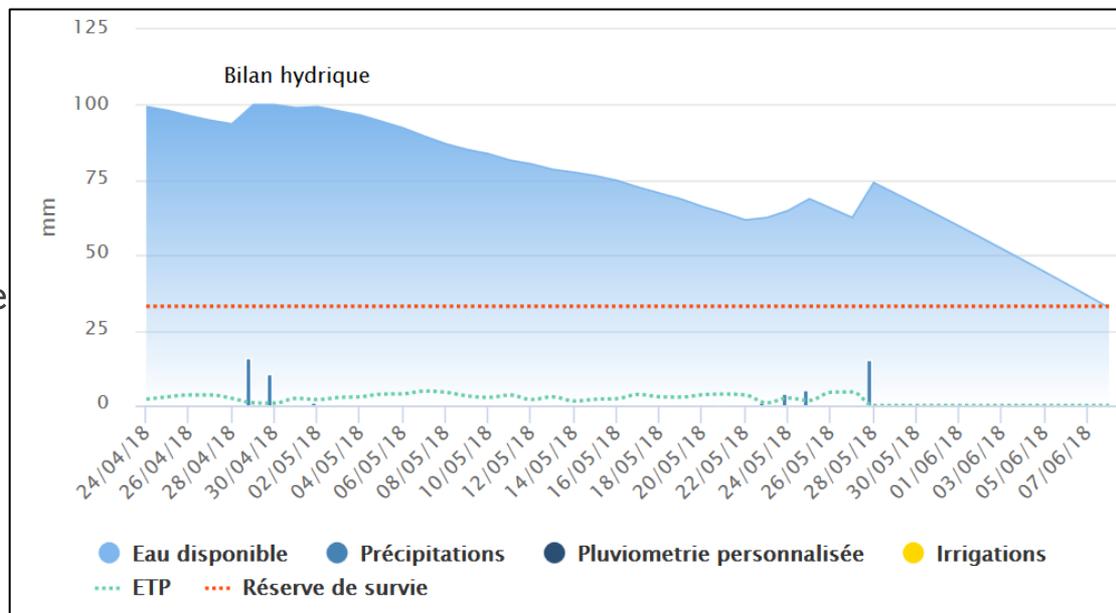
Comparaison dose compteur / dose « optimale »



Données issues du volet irrigation du projet EDEN 2015-2016
Animation Arvalis, Partenaires CA31, INRAE (ex-IRSTEA), CRAO, CACG

Irribet

- Calcul d'un bilan hydrique à la parcelle, pour le déclenchement des tours d'eau,
- Possibilité d'indiquer manuellement des données météo personnelles,
- Fonctionnalité supplémentaire prévue : importer automatiquement des données issus de stations Sencrop,
- 700 utilisateurs,
- Un **outil gratuit**, disponible dans la rubrique « Outils » du site www.itbfr.org



Projet Strat'eau

Lauréat de l'appel à projets « Méthode et Outils » 2021 de FranceAgriMer :

- Porteur : ITB,
- Partenaire : INRAE – UMR G-Eau.

Les principales actions du projet :

- Production et valorisation de références expérimentales sur l'irrigation de la betterave sucrière,
- Amélioration du paramétrage de l'outil Optirrig pour la betterave sucrière,
- Développement d'un prototype d'outil de conseil en stratégie d'irrigation pour la betterave sucrière.

Les productions issues de Strat'eau pourront être valorisées par ailleurs :

- Amélioration du calcul de bilan hydrique d'Iribet,
- Intégration de la betterave dans l'outil ASALEE,

• ...

2. Les capteurs sol : de l'outil au pilotage

Mesure de l'état hydrique du sol : humidité ou tension

Un outil de mesure terrain



- Mode d'emploi
- Recommandations de mise en œuvre sur le terrain

délivre une information :

- Locale
- Avec un certain pas de temps
- Enregistrable
- Télé transférable
- Stockable, consultable

qui nécessite une interprétation

Outils et mesures de l'état hydrique du sol les sondes tensiométriques

Sonde tensiométrique Watermark



La tensiométrie : mesure au champ de la tension de l'eau du sol

Principe : L'eau contenue dans le sol est retenue par des forces de tension. La succion exercée par les racines permet d'extraire cette eau. Les forces de liaison entre le sol et l'eau sont appelées tension ou succion et sont exprimées en cbar.

Ordre de grandeur:

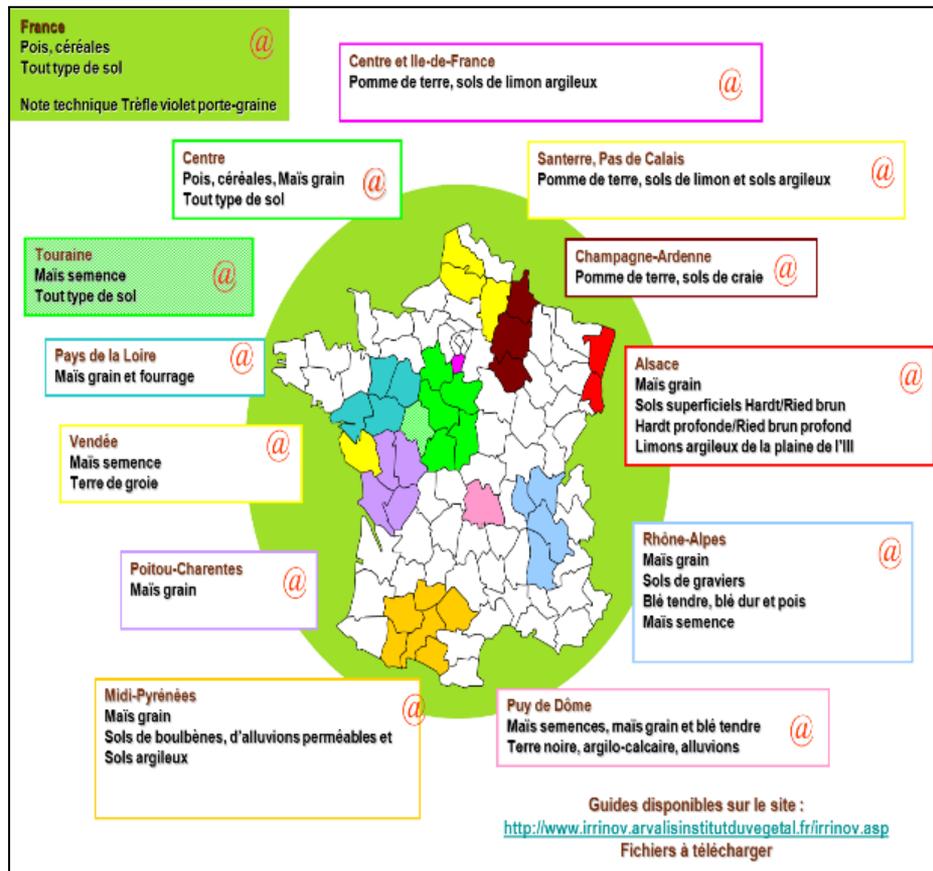
0 cbar : la macroporosité est pleine d'eau (sol saturé en eau)

0 à 7 cbar : macroporosité non vide

7 à 15 cbar : eau disponible en abondance: sol proche de la capacité au champ

>20 cbar : début de dessèchement

Beaucoup d'eau = faible tension
Peu d'eau = forte tension



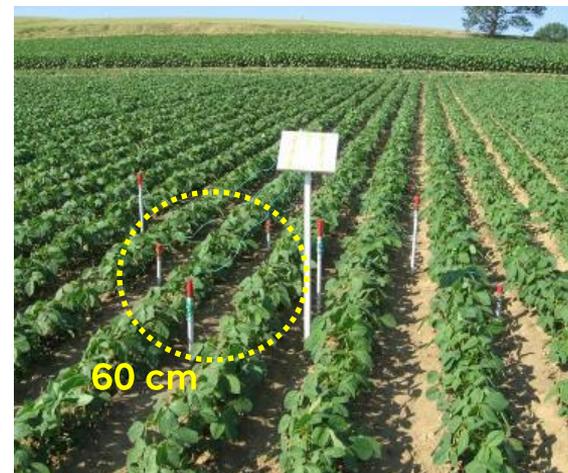
Pour une irrigation peu ou non restrictive

Outil de pilotage tensiométrique pour l'irrigation du soja

Station : 6 sondes tensiométriques et un pluviomètre localisés sur la 1^{ère} position d'irrigation

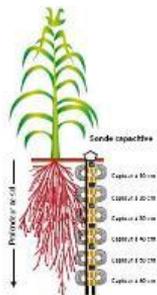
Objectifs : suivi de l'humidité du sol sous le soja et de la pluviométrie

	Sol superficiel	Sol profond
Pluviomètre	X	X
3 sondes à 30 cm de profondeur	X	X
3 sondes à 60 cm de profondeur		X



Outils et mesures de l'état hydrique du sol: les sondes capacitatives

Principe : Le capteur (un condensateur) mesure une fréquence électrique, qui est traduite en humidité du sol via une équation d'étalonnage dépendant du type de sol



Sondes capacitatives Sentek

fixes

EasyAG



5 capteurs
50 cm
diamètre
2,5 cm

EnviroScan



Longueur
variable
diamètre
5 cm

Drill and Drop



60 ou 120 cm
Capteur tous
les 10 cm

mobile

Diviner 2000

Mesure
manuelle



Sonde capacitive
AquaCheck

fixe
6 capteurs
60 cm



Bilan : complémentarité, avantages et limites

Période	du bilan hydrique calculé	des mesures au champ : tensions (sondes tensio) ou humidité (sondes capacitives)
<i>Hiver à levée</i>	Initialisation nécessaire (aide technicien)	Mesure intègre effets : précédent, hiver et évaporation au printemps. Attention à profondeur de mesure si déficit profond
<i>Levée à couverture complète</i>	Pertinence dépend de : croissance du couvert et surface du sol (texture, couleur, structure)	Mesure intègre effet évaporation du sol et transpiration des plantes : période où la mesure est la plus pertinente
<i>Couverture complète à sénescence</i>	Période de calcul le plus pertinent si précision des données d'entrée (pluie, irrigation, ETP) et couvert développé	Interprétation délicate des mesures en cas d'enracinement limité. En forte restriction, sondes tensio mal adaptées. Attention à la profondeur des mesures en sols profonds Vigilance sur la représentativité du site du fait des irrigations

Bilan : complémentarité, avantages et limites

<i>Période</i>	du bilan hydrique calculé	des mesures au champ : tensions (sondes tensio) ou humidité (sondes capacitives)
<i>Précision et représentativité</i>	Dépend de précision des données d'entrée : ETP, pluie, irrigation, estimation de RFU et RU	Représentativité du site de mesure : <ul style="list-style-type: none"> • Sol • Position dans le tour d'eau et /matériel d'irrigation Mesure locale de l'irrigation indispensable (pluviomètre)
<i>En cas d'orage ou de pluie importante</i>	Nécessité d'estimer la pluie efficace	La mesure intègre la pluie efficace ... localement

Exemple de déploiement de conseil irrigation Programme régional Chambre Nouvelle Aquitaine

- Nouvelle Aquitaine
 - 16% EA orientation viticole, 25% grandes cultures, élevage présent dans 54% des EA
 - SAU de 3,9 Mha (45% superficie région)
 - 494 500 ha irrigués (12,7% SAU)
- Conseil collectif adapté à chaque zone du territoire

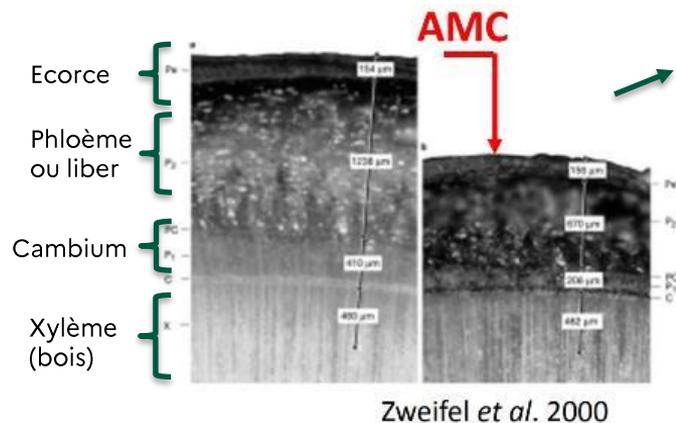


Conseil collectif Nouvelle Aquitaine

- Bulletins conseils
 - Besoins en eau des cultures
 - Evolution réservoir sol
 - Préconisation irrigation (début, fin, retour)
 - Informations réglage matériel
 - Etat des restrictions
 - Etat des ressources au cours du temps
 - Info OUGC
- Basé sur sondes ou bilan hydrique
- Destinataires : 10 000 exploitations agricoles (dont les 374 structures collectives d'irrigation)



La dendrométrie : mesurer les micro variations de diamètre des branches



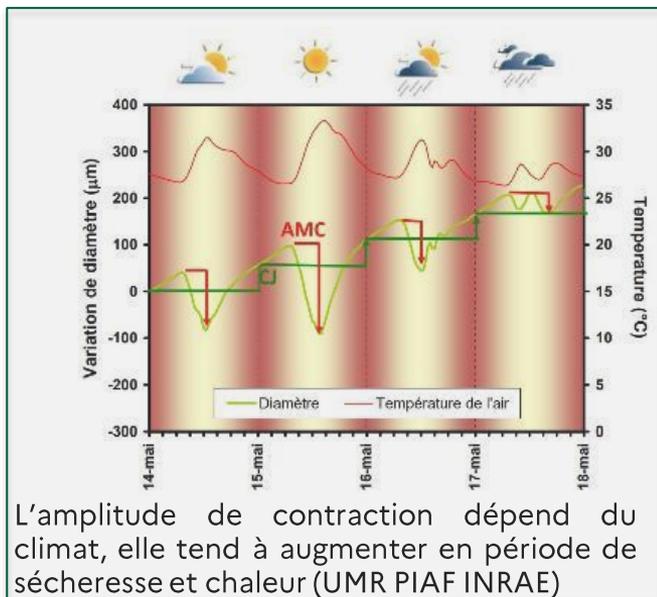
En journée : Photosynthèse et ouverture des stomates = évapotranspiration avec perte d'eau et nutriments depuis les tissus du phloème, qui engendre un mouvement de « contraction » avec plus ou moins d'amplitude.

AMC = Amplitude Maximale de Contraction

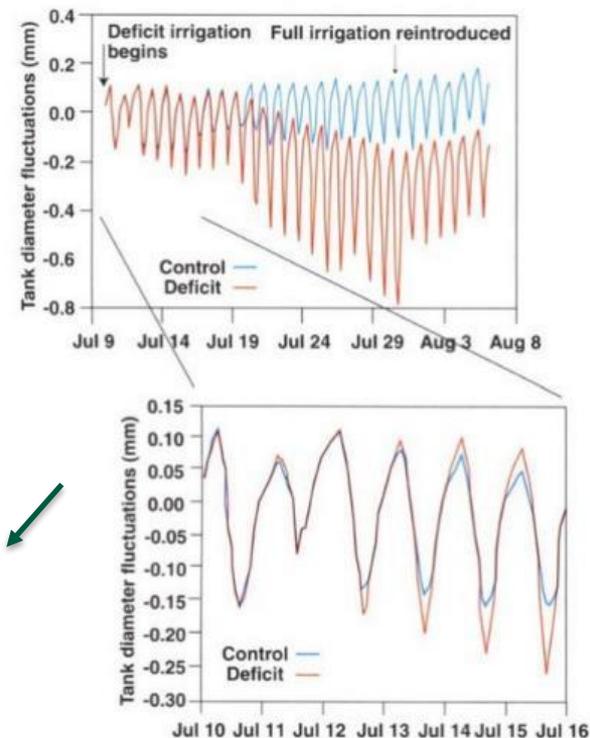
Dendromètre sur pêcher : 2 plaques métalliques sanglées et un capteur « LVDT » en contact avec la branche



La dendrométrie : un outil pertinent pour mieux piloter l'irrigation en verger



Le suivi des fluctuations du diamètre permet de révéler le stress hydrique (Fereres et al. 1999).
 Des stratégies d'irrigation plus économes et maîtrisables peuvent être ainsi construites (Ortuno et al. 2009).



La méthode des Apex



Apex en arrêt de croissance



Apex en croissance ralentie



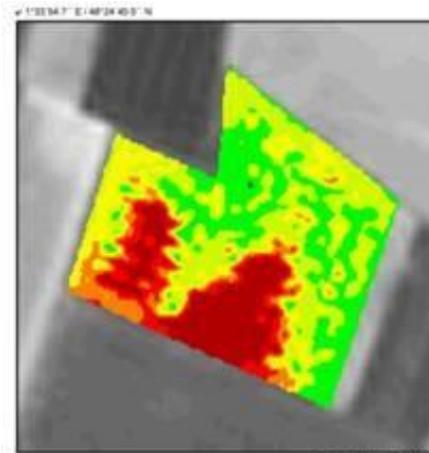
Apex en pleine croissance

Intérêts : Rapide (50 apex), facile à expliquer, application téléphone existante.

Limite : soumis au effet rognage et à la vigueur de la parcelle, au stade phenologique...

Que peut on attendre de l'image satellite ?

- 2 grandeurs
 - LAI (indice foliaire)
 - Humidité du sol (premiers cm du sol)
- Plante → recalage modèle pré-existant
- Humidité du sol → pour le moment, difficile à utiliser en pilotage de l'irrigation (seulement quelques cm mesurés)



A retenir

- Plusieurs outils de pilotage complémentaires (modèles plus ou moins complexes, sondes tensiométriques, sondes capacitatives, capteur plante)
- Plusieurs formats de diffusions (interface web, newsletter)
- Amélioration de l'efficacité de l'eau et une gestion de début / fin irrigation