



WEENAT

Livre blanc
Piloter son irrigation avec les
tensiomètres Weenat

Avant-propos

Le pilotage de l'irrigation est un sujet technique, qui demande un temps d'adaptation et d'apprentissage. Les tensiomètres sont de très bons outils pour parvenir à maîtriser au mieux son irrigation, cependant, il y a une phase d'apprentissage de la méthode qui s'acquiert avec la pratique (positionnement des sondes, installation des sondes, interprétation des résultats). Ce document a pour objectif de répondre aux questionnements fréquents au sujet des tensiomètres pour accompagner les agriculteurs à maîtriser au mieux leur irrigation avec les tensiomètres Weenat.

TABLE DES MATIÈRES

F.A.Q TensiomÈtre Weenat	1
Avant-propos	2
Théorique : principe d'un tensiomètre et de l'eau dans le sol.....	3
Qu'est-ce que l'eau libre (ou gravitaire) ?.....	3
Pourquoi le potentiel hydrique matriciel ?.....	3
Comment fonctionne un tensiomètre ?	4
Hardware : le tensiomètre Weenat.....	5
Un tensiomètre Weenat, qu'est-ce que c'est ?.....	5
Quelle est la durée de vie des tensiomètres ?	5
Quelle est la fiabilité de la mesure ?.....	6
Installation.....	7
Où installer mes tensiomètres ?.....	7
Comment installer un tensiomètre ?.....	8
A quelle profondeur installer un tensiomètre ?	9
Combien de temps les laisser au même endroit ?	9
Le pilotage de l'irrigation avec des tensiomètres	10
Avant-propos : principe général du pilotage de l'irrigation avec des tensiomètres	10
IRRINOV®	11
Seuils prédéfinis.....	13

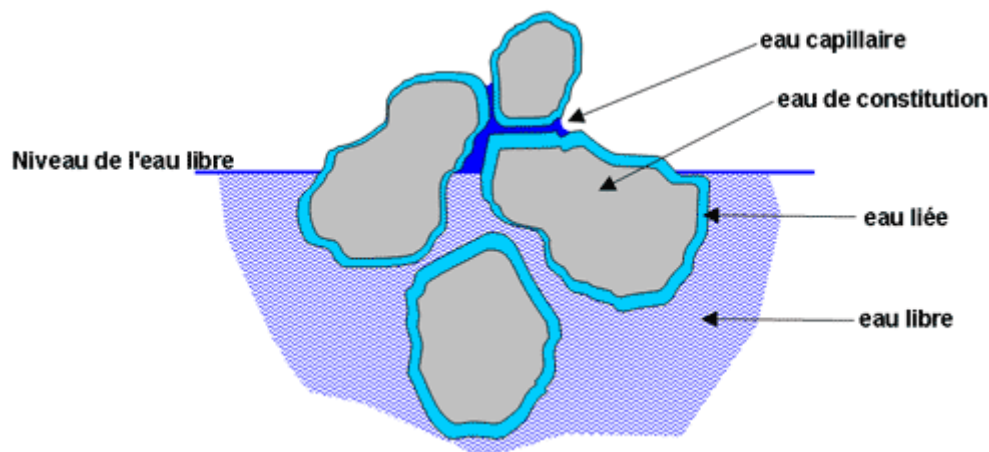
Théorique : principe d'un tensiomètre et de l'eau dans le sol

Un tensiomètre est un outil permettant de mesurer le potentiel hydrique matriciel du sol. Contrairement à l'humidité volumique (pourcentage d'eau dans le sol) mesurée avec un capteur capacitif, le potentiel hydrique matriciel traduit la force avec laquelle l'eau est retenue dans le sol et donc la force qu'il faut appliquer à un volume d'eau pour en extraire une certaine quantité d'eau libre. Il est généralement exprimé en unités de pression (kPa, cbar ou en charge hydraulique) et est communément appelé succion.

Qu'est-ce que l'eau libre (ou gravitaire) ?

C'est la fraction d'eau du sol présente dans les macropores du sol, cette eau est facilement utilisable par les plantes. Les trois autres fractions correspondent à :

- **l'eau capillaire**, qui est fixée sur les particules de sol et donc nécessite plus d'énergie pour être utilisée par la plante,
- **l'eau liée** qui est fortement liée aux particules du sol pour laquelle il faut une énergie d'extraction conséquente, elle est donc indisponible pour les racines,
- **l'eau de constitution**, c'est la part d'eau présente au sein des particules du sol et qui est indisponible.



Source : http://tice.inpl-nancy.fr/modules/sciences_techniques/Proprietes-Meca-Sols/chap7/formes.html

Pourquoi le potentiel hydrique matriciel ?

Le potentiel de l'eau du sol est en réalité la somme de différentes composantes, chacune de ces composantes a une force qui agit sur l'eau et donc influe sur le potentiel total. Il y a :

- le potentiel gravitationnel : l'action de la gravité sur l'eau,
- le potentiel de submersion : la pression de l'eau en milieu saturé,
- le potentiel osmotique : les interactions avec les sels minéraux,
- l'attraction de l'eau par la matrice solide en milieux non-saturés : **le potentiel matriciel**.

Cependant, dans un contexte agricole et d'irrigation, seul le potentiel matriciel et gravitationnel ont une réelle influence sur l'eau disponible dans le sol. Voilà pourquoi on généralise en parlant uniquement du potentiel hydrique.

Comment fonctionne un tensiomètre ?

Aujourd'hui, les tensiomètres utilisés dans l'agriculture sont électriques, les anciens tensiomètres étaient composés d'un manomètre pour lire une mesure directement aux champs, ils ne sont plus vraiment utilisés car ils étaient plus fastidieux à installer, plus sensible et nécessitaient de se déplacer au champ pour lire la mesure, cependant, le principe de fonctionnement reste le même.

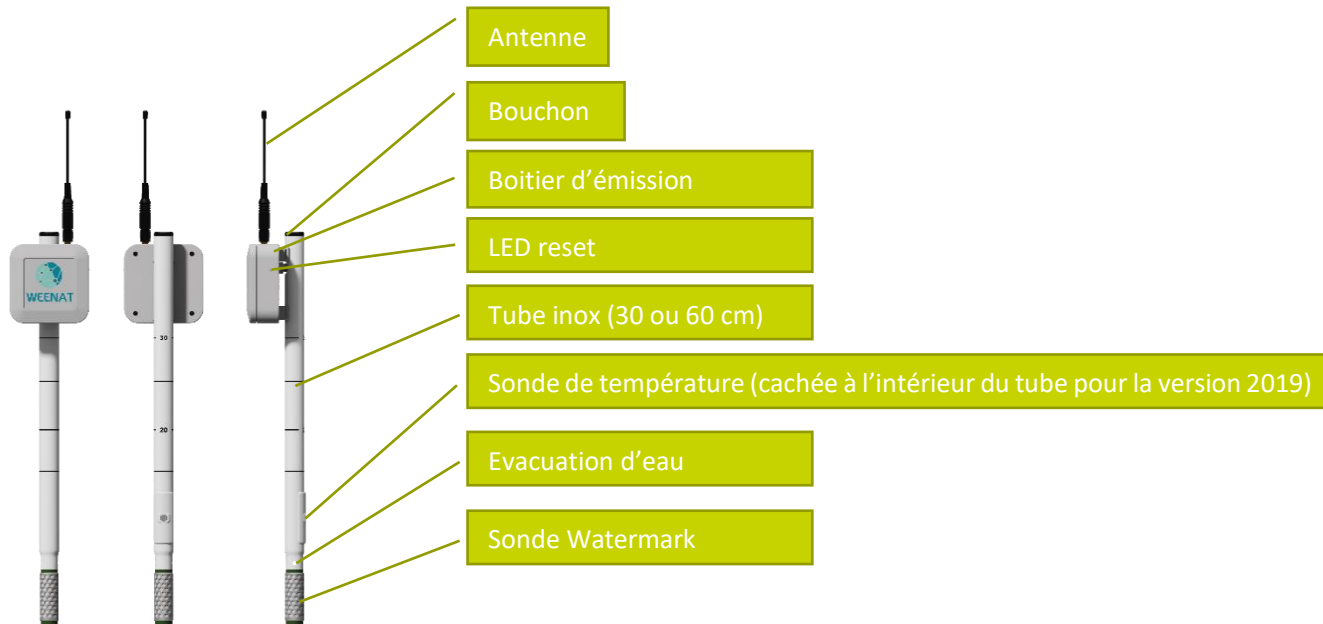
Les tensiomètres reposent sur la mesure de la succion de l'eau présente dans le sol. Il est composé d'une bougie poreuse perméable à l'eau, cette dernière va plus ou moins se gorger d'eau jusqu'à ce qu'un équilibre de pression se crée entre le sol et le tensiomètre. La quantité d'eau absorbée par le tensiomètre va représenter la mesure de la tension (ou succion). Pour la sonde Watermark (utilisée dans les tensiomètres Weenat) deux électrodes mesurent la résistance qui traduit cette quantité d'eau.



Source : <https://www.sdec-france.com/tensiometres-sols-a-manometre-bourdon.html>

Hardware : le tensiomètre Weenat

Un tensiomètre Weenat, qu'est-ce que c'est ?



Le tensiomètre Weenat est autonome, pas besoin d'aller relever les mesures. Une fois installé dans votre champ et connecté à l'application, vous pouvez suivre l'évolution de la disponibilité en eau de votre sol toutes les 15 minutes.

Quelle est la durée de vie des tensiomètres ?

Robustesse

Le tensiomètre Weenat est conçu pour être robuste. Les dernières évolutions de la version 2019, à savoir l'utilisation d'un tube en inox 316L ainsi la sonde collée et rivetée assurent une grande robustesse au capteur. Un bouchon retirable au sommet du tube permet de faciliter le retrait des sondes du champs en ajoutant de l'eau dans le tube pour humidifier le sol au niveau de la sonde.

Durée de vie

La batterie des capteurs Weenat est prévue pour durer 3 ans. La sonde, elle, a une durée de vie de 5 ans minimum selon le fabricant.

Vérification de l'état de la sonde

Selon le constructeur, pour vérifier le bon fonctionnement de la sonde il vous faut procéder de la manière suivante :

- Tremper votre sonde dans l'eau, la mesure doit être comprise entre 0 et 5 au bout 15 minutes lors de la prochaine émission de données.
- Laisser sécher votre capteur à température ambiante pendant 30 à 48h. La mesure doit remonter au-dessus de 150 kPa.

- Retremper votre capteur dans l'eau, si la mesure redescend en dessous de 5 kPa, votre capteur est fonctionnel.

Quelle est la fiabilité de la mesure ?

La fiabilité de la mesure des tensiomètres est plus dépendante de la qualité d'installation et du bon choix de la zone d'installation que du capteur lui-même. Il est rare que deux tensiomètres mesurent exactement la même chose, d'autant plus quand le sol est sec. Cependant, ce n'est pas la précision du capteur qui va impacter la qualité du pilotage de l'irrigation, c'est l'évolution de la tension par rapport à des niveaux de référence sec et humide qui importe plus qu'une mesure ponctuelle.

« Je ne crois pas la mesure de mon capteur »

Souvent, les capteurs mettent en lumière que la réalité mesurée diffère de ce que l'utilisateur pense.

Cependant, dans certaines conditions, il peut y avoir des incohérences de mesure et dans ce cas il faut pouvoir vérifier la mesure :

- Y-a-t-il d'autres capteurs qui confirment ou infirment la mesure suspectée ?

Un problème d'installation ou de capteur peut arriver, cependant il est plus rare que ce problème se répète en même temps sur différents tensiomètres dans la même parcelle, n'hésitez pas à exporter les données pour vérifier les capteurs individuellement.

- Le capteur réagit-il aux irrigations ou à l'assèchement du sol ?

Si le capteur réagit bien aux irrigations, ou bien s'assèche correctement, alors votre capteur fonctionne correctement. Il se peut que la mesure ne soit pas représentative ou altérée par la présence de roches ou autre à proximité du capteur. Dans ce cas vous pouvez changer votre sonde de position.

Si le capteur ne réagit pas, alors le problème peut être dû à une rupture du contact entre le sol et la sonde. Ce phénomène peut arriver lorsque le sol s'assèche par exemple (surtout dans les sols lourds), dans ce cas, le problème peut se corriger tout seul après une pluie ou une irrigation, mais il peut être utile de réinstaller le capteur.

Si le problème persiste, n'hésitez pas à contacter le support Weenat à l'adresse suivante support@weenat.com ou bien par téléphone au **+33 7 84 96 84 56** de 9h à 19h du lundi au vendredi.

« Mon capteur reste à 0 »

Après l'installation, un tensiomètre peut rester quelque temps à 0, le temps que le contact entre le sol et la sonde soit bien établi. De plus, au printemps, le sol peut rester longtemps saturé en eau avant que la consommation en eau de la plante soit importante.

Si le problème persiste, une réinstallation du capteur corrige généralement le problème car le contact sol/sonde est mal établi et l'eau du capteur ne s'évacue pas. Sinon, n'hésitez pas à contacter le support Weenat à l'adresse suivante support@weenat.com ou bien par téléphone au **+33 7 84 96 84 56** de 9h à 19h du lundi au vendredi.

Installation

Où installer mes tensiomètres ?

Il existe différentes règles permettant de guider le choix de la zone d'installation des tensiomètres, mais pas de réponse miracle et l'installation des tensiomètres doit être raisonné en fonction du sol, de la culture en place et du mode d'irrigation.

Type de sol homogène

Les capteurs doivent être installés dans **un sol homogène**.

Le déclenchement d'une irrigation ou bien une modification dans la cadence des irrigations est principalement justifiée par une modification de l'évolution de la tension (la disponibilité en eau diminue moins rapidement que prévu par exemple). Or, l'évolution de la tension dépend directement du type de sol et de sa structure. Afin de pouvoir prendre une décision et de ne pas fausser la médiane, les différents points de mesure doivent être répartis sur un même type de sol pour pouvoir le comparer et déterminer une stratégie d'irrigation.

Cette zone de sol homogène peut n'être qu'une petite partie de la parcelle et n'est pas forcément la zone la plus représentative de la parcelle, il peut s'agir de la zone la plus séchante par exemple.

Végétation représentative

Les capteurs doivent être installés dans une zone où la culture est homogène et représentative de la parcelle : espèce, état de la végétation, stade de culture, densité, état sanitaire... Attention au moment de l'installation à ne pas perturber la culture en place, ce qui risquerait d'altérer la représentativité de la zone mesurée.

Une zone d'irrigation représentative

La zone suivie doit être représentative du reste des parcelles irriguées, cependant, plusieurs stratégies peuvent être appliquées :

- Dans le cas de la méthode IRRINOV®, il est impératif d'installer les capteurs sur la **première parcelle irriguée** du tour d'eau.
- Dans tous les cas, choisir une zone d'irrigation moyenne, c'est-à-dire une zone de pluviométrie moyenne sur l'exploitation, ou bien la zone qui va recevoir la dose moyenne délivrée par l'installation.

La répartition des capteurs

Il est préférable d'équiper une seule parcelle jugée représentative et d'extrapoler les résultats au reste de l'exploitation en s'appuyant sur la connaissance que l'exploitant a de son exploitation.

Multiplier les points de mesures est important pour avoir une bonne représentativité de la disponibilité en eau dans les zones mesurées. Il est généralement admis que 6 points de mesures, répartis-en 6, 3 ou 2 sites (en fonction du mode d'irrigation) permettent un bon suivi de l'irrigation.

Dans le cas d'une **irrigation par aspersion**, il est intéressant d'avoir des mesures sur deux profondeurs différentes minimum. Les capteurs peuvent être répartis sur 3 sites de mesures avec deux profondeurs différentes ou bien deux sites de mesures avec trois profondeurs différentes. (Rappel : Attention, les sites de mesures doivent être homogènes).

Avec une **irrigation localisée**, il n'est pas nécessaire de mesurer sur deux profondeurs différentes. Il est obligatoire d'avoir au moins 3 sites de mesures car avec 1 ou 2 sites de mesures, il est impossible de trancher en cas de divergence. Le nombre de 6 sites de mesure est recommandé pour avoir la meilleure représentativité.

Comment installer un tensiomètre ?

La qualité de l'installation d'un tensiomètre est primordiale pour obtenir une bonne mesure. L'objectif de l'installation est d'avoir un bon contact entre le sol et la sonde, et de faire en sorte que ce contact soit durable pendant la saison (attention pour les sols argileux lorsqu'ils s'assèchent, la sonde peut se décoller du sol par exemple).

Les explications ci-dessous sont résumées dans [cette vidéo](#) disponible sur YouTube.

Pour l'installation, il vous faut une tarière de 2,2 cm de diamètre (ou une barre à mine si vous n'avez pas de tarière), un seau d'eau et de quoi mesurer le trou pour s'assurer de la bonne profondeur d'installation.

- Amorcer la sonde. Pour ce faire, il vous suffit de plonger la bougie du capteur dans l'eau pendant 1 à 2 minutes. Vous pouvez répéter cette action quotidiennement pendant les trois jours qui précèdent l'installation de votre capteur pour permettre une réponse plus rapide des tensiomètres à l'installation.
- Afin d'assurer un bon contact entre le sol et la sonde, il faut praliner la sonde avec un mélange boueux.



Verser de l'eau sur le sol pour créer un mélange boueux.



Utiliser doucement la sonde amorcée pour remuer ce mélange. La bougie doit être intégralement badigeonnée de terre.



Votre pralinage est réussi. Vous pouvez installer la sonde.

- Faire un trou à la tarière (diamètre 2,2 cm) à la profondeur recommandée. Il est conseillé de réaliser l'installation lorsque le sol est humide pour faciliter le travail. Si vous n'avez pas de tarière, vous pouvez utiliser une barre à mine, cependant, le temps de réaction de la sonde sera plus long à l'installation.
- Installer le capteur dans le trou, colmater le trou avec de la terre, vous pouvez également arroser le trou afin d'y entraîner de la terre pour s'assurer qu'il est bien comblé.

A quelle profondeur installer un tensiomètre ?

La profondeur d'installation des tensiomètres dépend de la culture, mais également de la profondeur du sol et selon le type d'irrigation, il peut être nécessaire de mesurer plusieurs horizons.

Pour une **irrigation par goutte à goutte**, il n'est pas nécessaire de mesurer différents horizons et on peut se contenter d'installer les capteurs à une seule profondeur. L'objectif est de mesurer la tension en périphérie de la zone d'influence du goutteur (aussi appelée bulbe humide) dans l'appareil racinaire et de s'assurer que cette tension reste plus ou moins stable dans la saison. En fonction du type de sol, il peut être important d'installer un tensiomètre plus en profondeur pour s'assurer que l'eau se diffuse bien.

Dans le cas d'une **irrigation par aspersion**, l'objectif est de s'assurer que la dose apportée recharge le sol en eau pour la durée du tour d'eau, il est donc nécessaire de mesurer différentes profondeurs pour s'assurer que le sol se recharge suffisamment en eau lors de l'irrigation et que cette dose d'eau appliquée est bien utilisée.

Les tensiomètres Weenat existent en deux tailles différentes : 15-30 cm et 30-60 cm. L'intérêt de ces dimensions est de pouvoir installer des capteurs à la fois dans les racines entre 15 cm et 30 cm ainsi que de capteurs plus en profondeur afin de suivre l'évolution de la disponibilité en eau dans les horizons suivants jusqu'à 60 cm.

Combien de temps les laisser au même endroit ?

L'idéal est d'avoir ses tensiomètres installés dès le début de la saison, pour suivre l'évolution de la disponibilité en eau et déterminer le meilleur moment pour démarrer l'irrigation. L'intérêt de les installer tôt au printemps est également de pouvoir apprendre à suivre les mesures de tension avant d'être en pleine saison d'irrigation. Enfin, les tensiomètres peuvent être rangés peu de temps avant la récolte, afin de les hiverner avant la saison prochaine. Cela permet également d'économiser la batterie, un capteur Weenat émet 8 fois moins lorsqu'il est à l'horizontal.

Le pilotage de l'irrigation avec des tensiomètres

Comme expliqué en amont, le pilotage de l'irrigation avec des tensiomètres nécessite **un temps d'apprentissage**. Cependant, afin d'accompagner nos utilisateurs et s'adapter à tous les profils d'irrigants, différentes méthodes de suivi sont disponibles sur l'application.

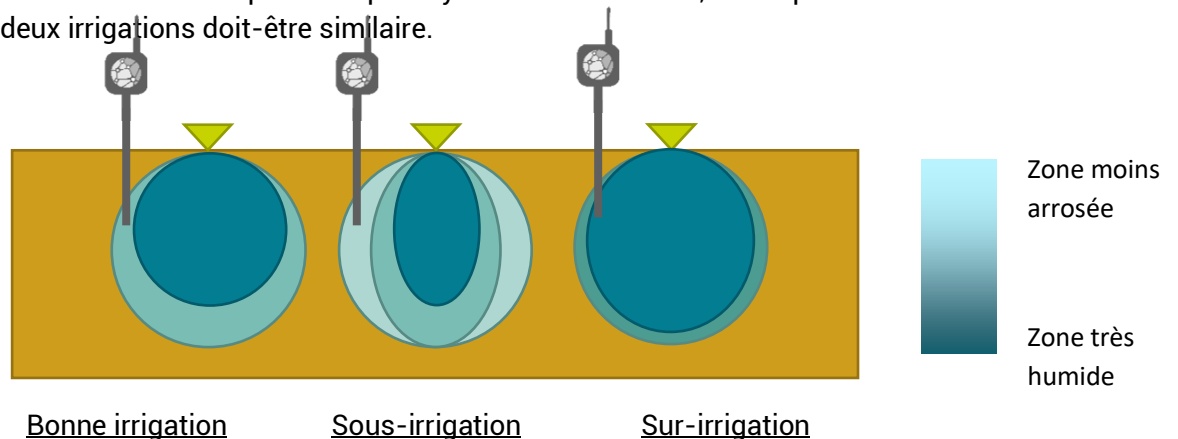
L'application Weenat propose deux méthodes de pilotage de l'irrigation avec ses tensiomètres. La méthode **IRRINOV®** pour maïs et pomme de terre et des **seuils prédéfinis** basés sur le type de sol.

Avant-propos : principe général du pilotage de l'irrigation avec des tensiomètres

Le pilotage de l'irrigation peut être totalement différent selon le type d'irrigation en place. L'objectif de ces paragraphes est d'éclairer sur les grands principes du pilotage de l'irrigation avec des tensiomètres.

Irrigation localisée (goutte à goutte)

Dans le cas d'un pilotage de l'irrigation localisée, l'objectif est de maintenir un volume d'humectation du sol par le système d'irrigation constant. C'est pourquoi les capteurs doivent être installés en périphérie de la zone d'influence du système de goutte à goutte. Maintenir un niveau de tension stable ne veut pas dire qu'il n'y a aucune variation, mais que l'évolution de la tension entre deux irrigations doit-être similaire.



Pour une première utilisation, le premier objectif est d'identifier un niveau de tension de référence en observant l'évolution des tensions, le niveau de référence est atteint lorsque la tension reste stable et que le rythme/débit des irrigations est satisfaisant. Ensuite, afin d'obtenir une tension constante, on module soit le temps d'irrigation soit la quantité d'irrigation. Voici un tableau résumant les règles de décisions qui peuvent être appliquées :

Niveau de la tension par rapport au niveau de référence	Evolution de la tension depuis le dernier apport	Décision sur la durée d'irrigation
Supérieur	↗	++
	→	+
	↘	=
Egal	↗	+
	→	=
	↘	-
Inférieur	↗	=
	→	-
	↘	--

Irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion consiste à humidifier toute la surface au sol sur une certaine épaisseur afin de faire contribuer au mieux les réserves du sol. Le déclenchement de l'irrigation dans ce cas consiste à attendre que l'eau apportée par la précédente irrigation ait été totalement utilisée. L'objectif est donc se fixer un seuil de déclenchement de l'irrigation. Ce seuil peut être simple et constant dans la saison, ou bien plus travaillé avec l'expérience et l'apprentissage (méthode IRRINOV®).

IRRINOV®

Présentation

La méthode IRRINOV® a été mise au point par ARVALIS en collaboration avec de nombreux partenaires comme des industriels (McCain), des syndicats, des coopératives, des groupements de producteurs etc. Elle a été, dans un premier temps, développée pour le pois protéagineux en 1998, puis sur les céréales à paille en 1999, le maïs en 2002 et enfin la pomme de terre en 2004. Cette méthode répond à trois objectifs :

- Assurer une alimentation hydrique suffisante, sans gaspillage pour une efficacité maximale de l'irrigation,
- Obtenir un rendement élevé et régulier,
- Améliorer le résultat économique (par l'augmentation du rendement ou par la diminution des irrigations).

Cette méthode utilise la mesure du potentiel hydrique, mesuré à l'aide de tensiomètres et des seuils de déclenchement paramétrés selon l'espèce, le type de sol et la durée du tour d'eau. Jusque-là, la solution IRRINOV® était uniquement distribuée sous forme de guide utilisateur, expliquant l'utilisation des tensiomètres et expliquant les seuils. Aucun outil informatique simplifié n'existait et c'était aux utilisateurs de s'approprier la méthode et d'assurer le suivi de l'irrigation de leurs parcelles à l'aide d'outils tiers, carnet, tableur ou autre.

La solution IRRINOV® est disponible sur l'application Weenat pour maïs et pomme de terre, permettant aux agriculteurs d'accéder aux mesures des tensiomètres en temps réel ainsi qu'aux règles de décision IRRINOV® avec un paramétrage simple et clé en main.

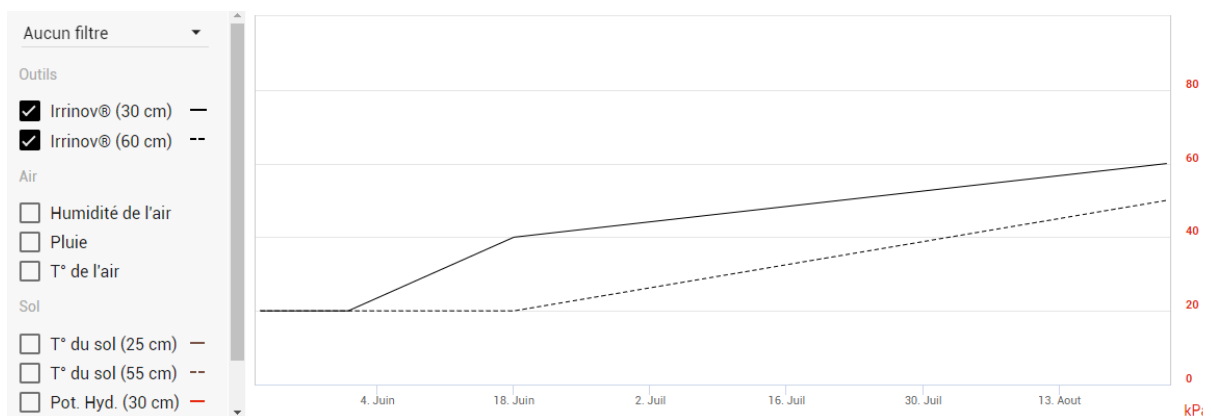
Tout est fait pour que l'utilisateur ait le moins de paramétrage à réaliser pour faire fonctionner l'outil et piloter son irrigation.

Utilisation

Une fois l'OAD activé sur votre parcelle, vous devez le paramétrer.

Les règles développées par ARVALIS et ses partenaires prennent en compte différents paramètres pour obtenir des seuils de déclenchement de l'irrigation les plus performants. Il est donc important de bien paramétrer votre OAD, n'hésitez pas à nous contacter si vous avez un doute.

Les seuils s'affichent en fonction de l'évolution des stades entrés par l'utilisateur, mais, comme expliqué précédemment, le pilotage de l'irrigation est plus une affaire de suivi de l'évolution des tensions plutôt que des valeurs brutes. Ainsi, pour faciliter le pilotage et afficher les seuils de déclenchement en entier, nous vous recommandons fortement d'anticiper les stades de votre cultures pour afficher complètement les seuils en rentrant des dates de stade provisoires, qui peuvent être modifiées en cour de saison.



L'outil IRRINOV® permet de piloter le déclenchement d'un tour d'eau. Il est recommandé de déclencher son irrigation lorsque :

- Les courbes de potentiel hydrique dépassent leur seuil respectif.
- La somme des deux potentiels hydriques est supérieure à la somme des deux seuils.

L'indicateur Irrinov® sur l'écran résumé indique si les règles de déclenchement d'irrigation sont franchies ou non.

Attention cependant à bien surveiller l'évolution de la tension, c'est-à-dire la vitesse à laquelle le sol s'assèche. Il faut également prendre en compte qu'une irrigation ne va pas forcément pouvoir réhydrater le sol en profondeur, surtout lorsque la culture est bien développée.

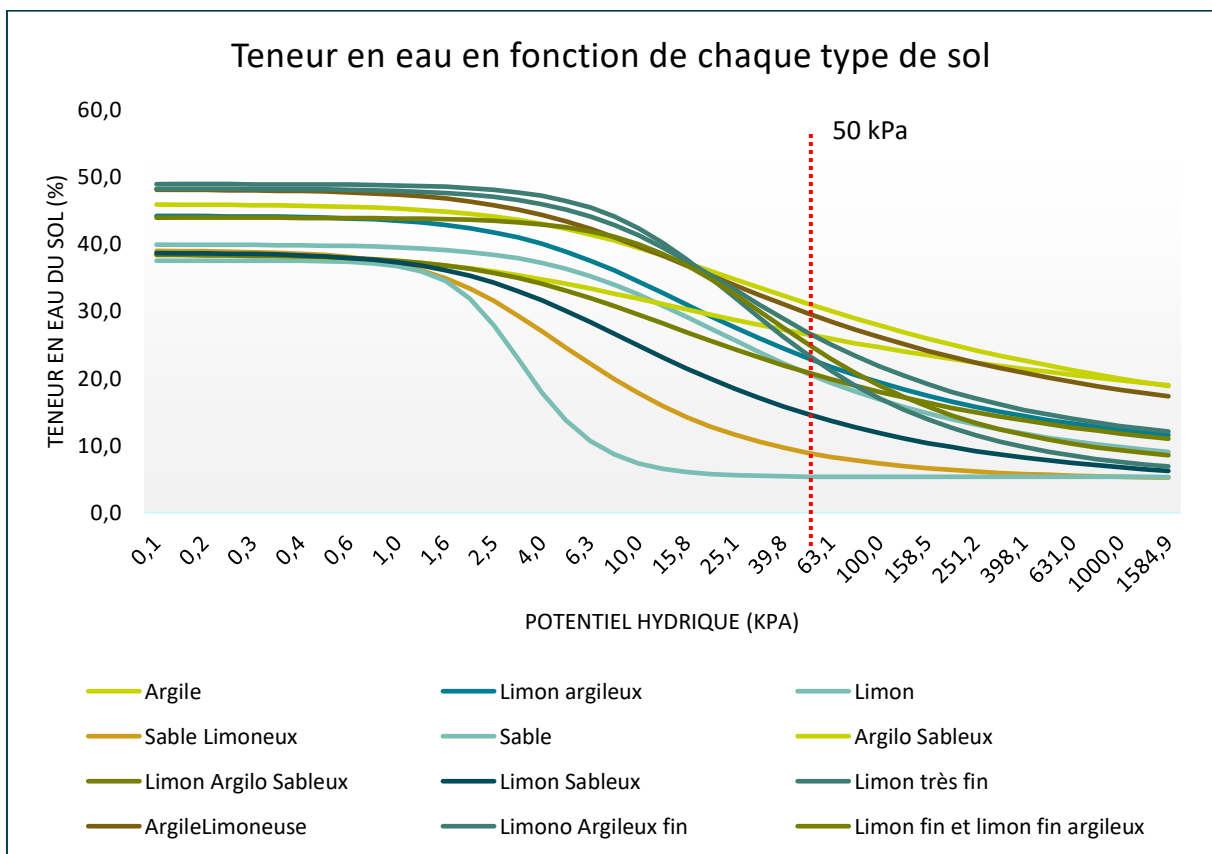
Pour plus d'information sur la méthode IRRINOV®, contactez Weenat.

Seuils prédéfinis

Principe

Afin de pouvoir répondre aux attentes de tous les irrigants, Weenat propose sur son application son propre outil de suivi de la disponibilité en eau du sol.

Après la quantité d'eau, le facteur qui influence le plus l'évolution du potentiel hydrique, est la granulométrie du sol. Ainsi, en fonction du type de sol, l'interprétation de la mesure des tensiomètres est différente car le rapport tension du sol et niveau de la réserve utile est très variable selon le type de sol. Par exemple, sur le graphique suivant, on constate que pour une même valeur en kPa (50), la teneur en eau du sol passe de 5,4 % pour un sol sableux à 31,1 % pour de l'argile.



A partir de travaux réalisés avec Bertrand Vandoorne, enseignant chercheur, responsable du pôle agriculture et *smart farming* à l'ISA de Lille, des seuils prédéfinis paramétrés pour chacun des 12 principaux types de sol ont été développés. Ces seuils permettent à l'agriculteur de traduire le potentiel hydrique de ses parcelles en un état de sécheresse et ainsi pouvoir piloter son irrigation. Quatre niveaux ont été déterminés : saturation, confort, vigilance, stress. Les choix posés pour

construire ces seuils sont issus du croisement entre l'analyse de la littérature, l'utilisation de l'équation de Van Genuchten et l'appréciation de Weenat.

Fonctionnement

C'est via l'application que l'utilisateur paramètre l'OAD en choisissant son type de sol et en associant les capteurs installés qu'il peut suivre l'évolution de la disponibilité en eau de son sol graphiquement. Les mesures des tensiomètres et les niveaux de teneur en eau sont affichés à la fois sous la forme d'un graphique, pour observer l'évolution de la tension et ainsi anticiper ses irrigations sous la forme d'une information résumée lui permettant d'avoir toujours un œil sur l'état hydrique de sa parcelle. Il peut paramétrer des alertes pour être prévenu dès que la disponibilité en eau d'un horizon change de niveau, afin de pouvoir réagir au plus vite.

