

CAP PRÉCISION



La méthode
pas à pas

pour **DÉCOUPLER**

**LES PERFORMANCES
DE VOTRE IRRIGATION**

grâce aux *sondes
de pilotage*



Ce que vous serez capable de faire à la fin de ce livre blanc

- ✓ Choisir une solution de pilotage adaptée à vos besoins.
- ✓ Installer vos sondes comme un pro. Sans l'aide d'un technicien.
- ✓ Piloter votre irrigation en vous basant sur une donnée fiable... Et ne plus jamais décider "au doigt mouillé".
- ✓ Savoir quand démarrer ou arrêter l'irrigation. À tous les coups, et sans vous tromper.
- ✓ Suivre ce qu'il se passe (vraiment) dans vos sols après une pluie ou une irrigation.
- ✓ Mieux comprendre vos plantes, et la façon dont elles consomment l'eau.
- ✓ Dire adieu pour de bon au stress hydrique, et aux irrigations "par sécurité".
- ✓ Prouver une bonne fois pour toutes à vos voisins et à l'administration que vous arrosez exactement où il faut, quand il faut.
- ✓ Et faire des économies en temps, en argent, et en eau. Pour améliorer la rentabilité de votre exploitation, et votre impact environnemental.

Une question ?

L'équipe Weenat vous répond.



02 52 86 00 55



contact@weenat.com



2 impasse Thérèse Bertrand-Fontaine, NANTES - Technocampus Alimentation



Retrouvez aussi tous nos conseils sur notre chaîne [YouTube](#).

Sommaire

Pilotage de l'irrigation : comment choisir la meilleure solution pour votre exploitation ?	4
La sonde capacitive	5
Principe • Avantages • Limites	
La sonde tensiométrique	8
Principe • Avantages • Limites	
Sonde capacitive ou tensiométrique : comment faire le bon choix ?	11
Réussir l'installation de votre sonde : comment garantir la qualité des mesures ?	13
Installer votre sonde capacitive	14
Choix de l'emplacement • Guide d'installation	
Installer votre sonde tensiométrique	17
Choix de l'emplacement • Guide d'installation	
Interpréter les données de votre sonde : comment prendre les bonnes décisions ?	20
Piloter une irrigation localisée	21
Piloter une irrigation par aspersion	22
Les seuils agronomiques à connaître pour piloter votre irrigation	24
Pour aller plus loin	27
Suivre l'Evapo-Transpiration Potentielle de vos parcelles (ETP)	27
Prévoir vos irrigations 7 jours à l'avance avec Weedriq	29

A propos des auteurs

La méthode Cap Précision a été développée par 3 ingénieurs agronomes travaillant chez Weenat, une entreprise spécialiste des solutions de météo connectée et d'agronomie de précision. Plus de 15 000 agriculteurs font aujourd'hui confiance à Weenat pour piloter leur irrigation, optimiser leur stratégie de protection des cultures, anticiper les risques de gel, et organiser leurs chantiers.



Maxime ZAHEDI
Agronome chez Weenat



Pierre GIQUEL
Agronome
Chef de produit chez Weenat



Romain VALLÉE
Agronome
Chargé d'affaires sud-est chez Weenat

***Pilotage de l'irrigation :** Comment choisir la meilleure solution pour votre exploitation ?*

En tant qu'irrigant, vous n'avez pas le droit à l'erreur. Parce que le stress hydrique, ça ne pardonne pas. Et qu'au moindre faux pas, vos rendements peuvent dégringoler.

Alors il ne faut rien laisser au hasard. Et ça commence dès le choix de votre solution de pilotage de l'irrigation.

Dans cette section, nous allons vous donner toutes les clés pour choisir la solution la mieux adaptée à vos besoins. Vous y retrouverez également des conseils experts, pour optimiser vos résultats. Et ce, dès la première saison.

■ **SONDE CAPACITIVE OU SONDE TENSIONNÉTRIQUE ?**

Il existe deux principaux types de sondes pour piloter l'irrigation. Les sondes tensionnétriques, et les sondes capacitatives. Toutes deux ont leurs mérites. Toutes deux ont leurs limites. Et toutes deux fonctionnent selon des principes tout à fait différents.



Les sondes capacitatives



■ COMMENT ÇA MARCHE ?

Installée au plus près des racines, les sondes capacitatives mesurent la teneur en eau volumique (%) et la température (°C) à plusieurs profondeurs.

■ QU'EST-CE QUE LA TENEUR EN EAU VOLUMIQUE ?

Pour schématiser, le sol est constitué de particules de sol, et de pores :

Liquides	Gaz	Solides
Porosité		

Les constituants du sol

Ces pores comprennent deux phases :

- De l'air
- Et une phase liquide, constituée principalement d'eau

La teneur en eau, c'est la part que cette phase liquide représente dans un échantillon de sol. Celle-ci évolue au cours de l'année en fonction des précipitations et des apports d'eau.

On distingue la teneur en eau pondérale :

Teneur en eau pondérale = masse des liquides (g) / masse sèche (g)

Et la teneur en eau volumique :

Teneur en eau volumique = volume d'eau (cm³) / volume total du sol (cm³)

C'est justement cette valeur que mesurent les sondes capacitatives.

Le résultat est exprimé en %.

- Lorsque la sonde est dans l'eau, la teneur en eau volumique est de 100 %.
- Et lorsqu'elle est à l'air libre, la teneur en eau volumique est de 0 %.

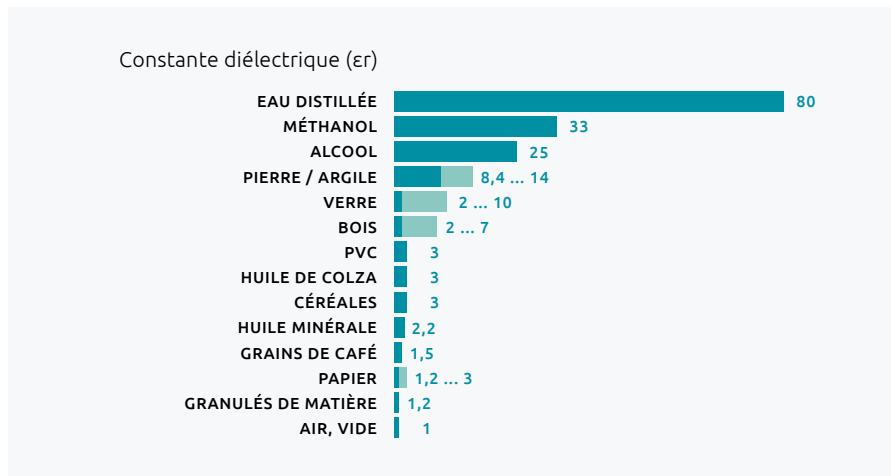
■ COMMENT LES SONDES CAPACITIVES MESURENT-ELLES CE PARAMÈTRE ?

La sonde capacitive mesure une plage de fréquences (Scale Frequency en anglais). Cette valeur est obtenue en mesurant la permittivité diélectrique du sol (ϵ).

Concrètement, la sonde déploie un champ électromagnétique autour de ses capteurs.

Les constituants du sol (particules minérales et organiques, eau, air, etc.) vont plus ou moins perturber ce champ électromagnétique.

L'air, par exemple, perturbe très peu ce champ. Tandis que l'eau le perturbe beaucoup.



En mesurant les perturbations du champ électromagnétique, la sonde capacitive est donc capable de déterminer la Scale Frequency. Cette donnée brute, une fois recalibrée par des équations, deviendra agronomiquement interprétable.

■ QU'EST-CE QU'UNE ÉQUATION DE CALIBRATION ?

Le type de sol influence les résultats de la sonde capacitive. Les composants minéraux et la porosité des sols étant différentes, la sonde capacitive réagit différemment d'un sol à l'autre.

Il est donc nécessaire d'appliquer une équation de calibration spécifiquement adaptée à votre type de sol, pour transformer la Scale Frequency en une donnée de teneur en eau volumique.

Ces équations sont généralement fournies par le fabricant. Il vous suffit donc de renseigner votre type de sol, et la sonde est automatiquement calibrée. Elle calcule alors, en temps réel, la teneur en eau volumique.

■ EN RÉSUMÉ...

Les plus

- ✓ La sonde capacitive est la solution idéale pour en savoir plus sur l'écoulement de l'eau dans votre sol.
- ✓ Il y a plusieurs capteurs dans une même sonde (un tous les 10 cm), ce qui permet de visualiser l'ensemble de votre profil racinaire avec une seule sonde.
- ✓ Pas d'amorçage, ni de dérive. La sonde est opérationnelle immédiatement, et les mesures restent fiables sur la durée.
- ✓ Vous pouvez facilement suivre l'enracinement efficient des plantes par horizon de prélèvement et son évolution dans le temps.
- ✓ Les résultats mesurés vous permettent de déterminer avec précision la capacité au champ et le bas de réserve facilement utilisable (RFU).
- ✓ Les mesures vous permettent d'apprécier la porosité ou la compaction du sol par horizon, et éventuellement de diagnostiquer des problèmes agronomiques (croûte de battance, semelle de labour, etc.).

Les moins

- ✗ Pour choisir la bonne équation de calibration il vous faut une bonne connaissance de votre type de sol.
- ✗ La donnée renvoyée est une teneur en eau volumique, elle ne qualifie en rien si l'eau présente dans le sol est disponible pour la plante ou non.

Les sondes tensiométriques



■ COMMENT ÇA MARCHE ?

Les sondes tensiométriques, quant à elles, mesurent le potentiel hydrique matriciel du sol. C'est-à-dire la force que vont devoir exercer les racines pour extraire l'eau du sol.

■ QU'EST-CE QUE L'EAU LIBRE ?

L'eau présente dans le sol n'est pas toujours utilisable par la plante.

En fait, on peut distinguer **4 niveaux d'accessibilité de l'eau** présente dans le sol :

1 - L'EAU CAPILLAIRE

Elle est fixée sur les particules de sol, et nécessite donc plus d'énergie pour être utilisée par la plante.

2 - L'EAU DE CONSTITUTION

C'est la part d'eau présente au sein des particules de sol. Elle est également indisponible pour la plante.

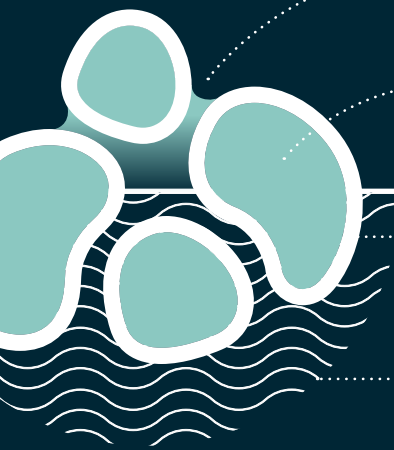
Niveau de l'eau libre

3 - L'EAU LIÉE

Elle est peu disponible pour les racines, puisqu'elle est très fortement liée aux particules du sol, et qu'il faut exercer une force importante pour l'extraire.

4 - L'EAU GRAVITAIRE

Présente dans les macropores du sol, cette eau est facilement utilisable par la plante



■ POURQUOI LE POTENTIEL HYDRIQUE MATRICIEL ?

Le potentiel hydrique, c'est donc la quantité d'énergie qu'il faudrait fournir pour extraire l'eau du sol. Ce potentiel « total » est la somme de plusieurs forces qui agissent sur l'eau dans le sol.

- **LE POTENTIEL GRAVITATIONNEL**
Il traduit l'action de la gravité sur l'eau.
- **LE POTENTIEL DE SUBMERSION**
C'est-à-dire la pression de l'eau en milieu saturé.
- **LE POTENTIEL OSMOTIQUE**
Qui correspond aux interactions de l'eau avec les sels minéraux.
- **LE POTENTIEL MATRICIEL**
Soit la force d'attraction que les particules de sol exerce sur l'eau en milieu non-saturé.

Mais dans un contexte agricole, seul le potentiel gravitationnel et le potentiel matriciel ont une réelle influence sur l'eau disponible dans le sol. C'est donc sur cette mesure que se concentrent les sondes tensiométriques.

■ COMMENT LES SONDES TENSIO MÉTRIQUES MESURENT-ELLES CE PARAMÈTRE ?

Les sondes tensiométriques imitent le fonctionnement d'une racine.

Pour cela, elles sont équipées, à leur extrémité, d'une bougie poreuse perméable à l'eau. Cette dernière va se gorger d'eau jusqu'à l'équilibre des pressions entre le sol et le tensiomètre.

En fonction de la quantité d'eau absorbée par la bougie, le tensiomètre mesure une pression en kilopascal (kPa).

Concrètement ?

Plus il y a d'eau dans le sol, plus la bougie absorbe de l'eau et plus la tension est faible. Les racines n'ont alors pas besoin de beaucoup de force pour extraire l'eau.

Par contraste, plus le sol est sec, moins la bougie va absorber d'eau. La tension est alors élevée, ce qui signifie que les racines vont devoir exercer une force conséquente pour obtenir l'eau.



■ EN RÉSUMÉ...

Les plus

.....

- ✓ Les données sont faciles à interpréter, car la sonde mesure la disponibilité de l'eau dans le sol pour la plante. Vous savez donc instantanément si vos cultures sont en situation de stress hydrique ou non.
- ✓ Les sondes tensiométriques sont généralement vendues par lot. Il est donc préconisé de les utiliser par kit pour couvrir vos parcelles, ce qui est particulièrement intéressant en cas de sol hétérogène et de superficies importantes.
- ✓ Les tensiomètres sont compatibles avec des outils d'aide à la décision.

Les moins

.....

- ✗ Chaque sonde est équipée d'une seule bougie. Pour avoir un suivi global de l'état hydrique de vos sols, il faut donc placer plusieurs capteurs à différentes profondeurs.
- ✗ Les sondes ne mesurent pas la pression au-delà de 200 kPa, ce qui suffit dans la vaste majorité des cas. Mais les racines des plantes peuvent exercer une force allant jusqu'à 1 500 kPa. L'utilisation de tensiomètres est donc peu recommandée dans le cadre d'une irrigation restrictive à tension élevée.
- ✗ Avec le temps, la bougie finit par s'user, ce qui peut entraîner une légère dérive des mesures.

Sonde capacitive ou tensiométrique : comment faire le bon choix ?

Les sondes capacitatives et les sondes tensiométriques sont deux technologies très différentes. Pour vous accompagner dans votre choix, voici un tableau comparatif qui récapitule les intérêts et les limites de chaque option.

TECHNOLOGIE	SONDE CAPACITIVE	TENSIONMÈTRE
PRINCIPE DE MESURE	Champ électromagnétique	Bougie poreuse
DONNÉE MESURÉE	• Teneur en eau volumique (%) • Température du sol (°C)	• Potentiel hydrique matriciel (kPa) • Température du sol (°C)
PROFONDEUR DE MESURE	Généralement 1 mesure tous les 10 cm, ce qui permet d'obtenir une information sur l'intégralité du profil sur 30 ou 60 cm	1 mesure à un point donné selon la profondeur de la sonde, de 10 à 60 cm, voire 90 cm
CULTURES	Compatible avec toutes les cultures	Compatible avec toutes les cultures
TYPE DE SOL	Compatible avec tous les types de sol	Compatible avec tous les types de sol
SYSTÈME D'IRRIGATION	Compatible avec tous les systèmes d'irrigation (goutte-à-goutte, pivots, rampes, canons-enrouleurs...)	Compatible avec tous les systèmes d'irrigation (goutte-à-goutte, pivots, rampes, canons-enrouleurs...)
PRIX	La sonde capacitive étant vendue seule, elle coûte généralement un peu moins que les tensiomètres.	Les tensiomètres sont plus économiques à l'unité, mais ils sont le plus souvent vendus par lot.

■ QUELLE EST LA MEILLEURE DES DEUX SOLUTIONS ?

Contrairement à ce que beaucoup pensent, il n'y a pas de mauvaise réponse au moment de choisir entre une sonde capacitive et une sonde tensiométrique.

Les deux systèmes fonctionnent très bien. Et ce, quel que soit votre type de sol, votre culture, ou votre système d'irrigation.

Les mesures des sondes capacitives et tensiométriques sont très différentes et ne peuvent pas vraiment être comparées. Pour choisir l'une ou l'autre, tout dépend donc de vos préférences personnelles.

De manière générale, vous pouvez cependant retenir que **la sonde capacitive est une solution très efficace pour connaître précisément l'écoulement de l'eau dans votre sol, ainsi que la consommation racinaire à différents horizons.**

Le tensiomètre, quant à lui, vous permet d'en savoir plus sur la disponibilité réelle de l'eau pour la plante, et la force que doit exercer la racine pour prélever l'eau.

Mais il n'y a pas une technologie plus fiable que l'autre. **Seule une installation rigoureuse vous permettra d'obtenir une donnée de qualité.**

Et justement. Maintenant que vous avez choisi la solution de pilotage la mieux adaptée à vos besoins, il est temps de passer à l'étape suivante.



Réussir l'installation de votre sonde : Comment garantir la qualité des mesures ?

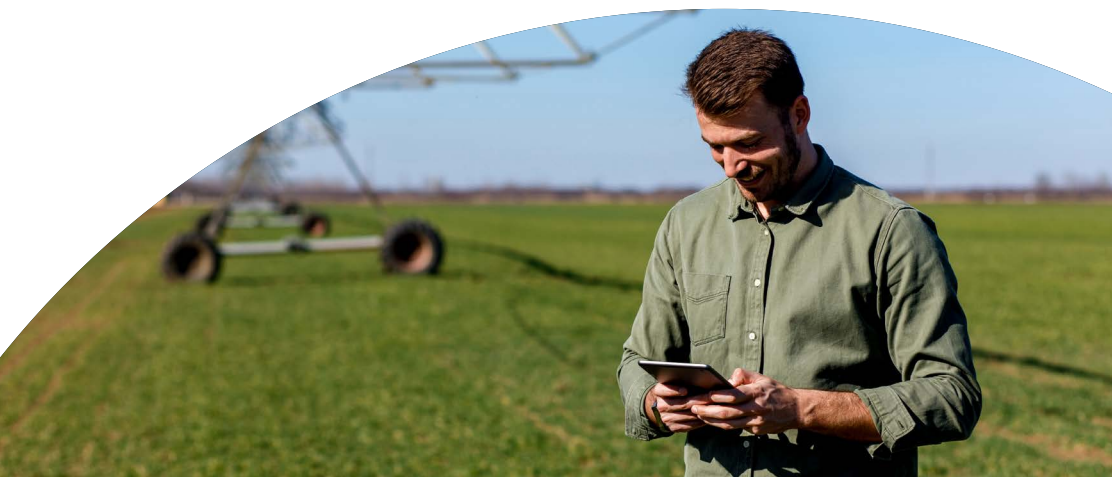
L'installation de votre sonde, c'est l'étape LA PLUS IMPORTANTE pour améliorer les performances de votre irrigation.

Parce qu'une sonde mal installée remontera une donnée de mauvaise qualité. Et qu'en vous appuyant sur une mauvaise donnée, vous courez le risque de prendre une mauvaise décision.

Que vous ayez opté pour une technologie capacitive ou tensiométrique, la fiabilité des mesures de votre sonde est plus dépendante de la qualité de l'installation que du capteur lui-même.

Il est d'ailleurs rare que deux sondes placées côte à côte mesurent exactement la même chose, d'autant plus lorsque les conditions d'installations sont différentes.

Pour une installation réussie, laissez-vous guider et suivez notre checklist étape par étape.



Réussir l'installation de votre sonde capacitive

■ OÙ INSTALLER VOTRE SONDE ?

Choisissez un sol représentatif

La sonde capacitive doit être installée dans une zone où le type de sol et le travail du sol sont représentatifs de vos parcelles. Si vous labourez sur la plupart de vos parcelles, installez votre sonde sur une parcelle où le sol a été labouré.

Assurez-vous que la végétation soit représentative

Choisissez de préférence une zone où la culture est homogène et représentative de la parcelle (variété, état de la végétation, stade de culture, densité, état sanitaire...). Évitez, par exemple, les bordures de champ.



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.

Identifiez une zone d'irrigation moyenne

La zone suivie doit être représentative du reste des parcelles irriguées. Choisissez une zone qui se situe dans la moyenne des doses délivrées par votre système d'irrigation. Placez de préférence votre sonde sur la première parcelle irriguée du tour d'eau, cela facilite le pilotage.



Bon à savoir : Pour faciliter le pilotage de votre parcellaire, installez les capteurs sur la première parcelle de vos tours d'eau.

Adaptez l'installation selon votre système d'irrigation

• Irrigation par aspersion

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 avoir une vue sur l'ensemble du profil.



• Irrigation localisée

Dans le cas d'une irrigation au goutte-à-goutte, veillez à bien installer la sonde en périphérie de la zone d'influence du goutteur, à mi-chemin entre ce dernier et le rang. Il s'agit du lieu d'approvisionnement de la plante, c'est donc le lieu idéal pour contrôler l'eau apportée et les consommations de la plante. L'intérêt de se placer en périphérie de la zone d'influence du goutteur est de suivre les variations de dimension du bulbe humide.



SUR-IRRIGATION

La zone très humide s'étend, la teneur en eau croît : il faut réduire le temps d'irrigation.



IRRIGATION CORRECTE

La zone très humide n'évolue pas, la teneur en eau reste stable : l'irrigation est donc correcte.



SOUS-IRRIGATION

La zone très humide régresse, la teneur en eau diminue : le temps d'irrigation doit donc être augmenté.

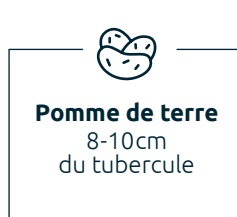
Principes et stratégie de la méthode de pilotage capacitive en irrigation goutte à goutte, d'après Peyremorte, SCP, 1982



Optimisez le positionnement en fonction de vos cultures

La sonde doit être proche du chevelu racinaire pour estimer au plus juste les consommations d'eau. Mais elle doit aussi être dans une zone de végétation représentative afin de bien prendre en compte la quantité d'eau infiltrée dans le sol.

Exemples de positionnements conseillés :



■ COMMENT INSTALLER VOTRE SONDE CAPACITIVE ?

● **Préparez votre matériel**

Pour installer votre sonde capacitive, équipez-vous...



d'une tarière

d'un seau

d'eau

● **Creusez un trou**

A l'aide de votre tarière, faites un trou de 38 à 40 mm de diamètre jusqu'à atteindre la profondeur souhaitée.

Il est très important de ne pas laisser d'espace entre le sol et la sonde. Avoir une tarière de bonne dimension est donc indispensable à la bonne réussite de l'installation.

Retirez la terre au fur et à mesure et placez-la dans votre seau. Répétez l'action jusqu'à atteindre une profondeur correspondant à la longueur de la sonde.



Attention à ne pas creuser trop profond. Vous risquez de former une poche d'air, ce qui nuirait à la qualité de la mesure.



Bon à savoir : L'installation sera plus facile si le sol est déjà humide.



● **Préparez votre pralinage**

Mélangez dans votre seau l'eau et la terre pour obtenir une « boue de liaison ». Ce mélange permettra de garantir un bon contact entre le sol et la sonde.

● **Installez votre capteur**

Versez délicatement une partie de la boue de liaison dans le trou pour éviter les poches d'air, puis enfoncez votre sonde sans forcer. Enfin, colmatez en remplissant le trou avec le reste de la boue.

Vous pouvez également arroser le trou afin d'y entraîner de la terre. L'essentiel, c'est qu'il soit bien comblé, afin que le contact entre la sonde reste bien en contact avec le sol. Et ce, pendant toute la saison.

Réussir l'installation de votre sonde tensiométrique

■ OÙ INSTALLER VOS TENSIONNÈTRES ?

Multipliez les points de mesures

La mesure de la tension est très dépendante du contexte local autour de la sonde. Pour garantir la qualité de la donnée, il est conseillé d'installer plusieurs sondes à chaque profondeur et d'utiliser la médiane des données renvoyées pour chaque horizon. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle les tensiomètres sont souvent vendus par lot de 6.

Si vous ne souhaitez pas investir dans plusieurs lots de tensiomètres, mieux vaut équiper une seule parcelle jugée représentative. Vous pouvez ensuite vous appuyer sur la connaissance de vos sols pour extrapoler les résultats au reste de l'exploitation.

Choisissez un endroit où le sol est homogène

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

Identifiez une zone d'irrigation moyenne

La zone suivie doit être représentative du reste des parcelles irriguées. Choisissez une zone qui se situe dans la moyenne des doses délivrées par votre système d'irrigation.



Bon à savoir : Pour faciliter le pilotage de votre parcellaire, installez les capteurs sur la première parcelle de vos tours d'eau.

Assurez-vous que la végétation soit représentative

Choisissez de préférence une zone où la culture est homogène et représentative de la parcelle (variété, état de la végétation, stade de culture, densité, état sanitaire...). Évitez, par exemple, les bordures de champ.



Attention au moment de l'installation à ne pas trop perturber la culture en place, ce qui risquerait d'altérer la représentativité de la zone mesurée.

Adaptez l'installation selon votre système d'irrigation

• Irrigation par aspersion

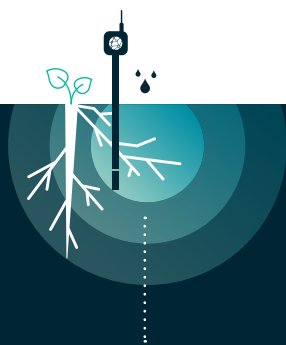
Assurez-vous que la dose apportée recharge le sol en eau pour la durée du tour d'eau.

Pour cela, installez vos tensiomètres de façon à obtenir des mesures sur au moins deux horizons différents.

• Irrigation localisée

Ici, l'objectif, c'est surtout de mesurer la tension en périphérie de la zone d'influence du goutteur (aussi appelée bulbe humide), et de vous assurer que cette tension reste plus ou moins stable dans la saison.

Il est recommandé d'avoir au moins 3 sites de mesures pour pouvoir trancher en cas de divergence. Placer vos capteurs sur 6 sites de mesure assure la meilleure représentativité.



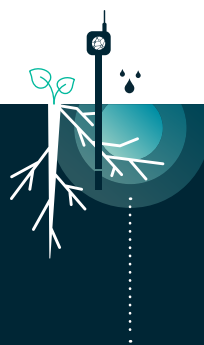
SUR-IRRIGATION

La zone très humide s'étend, la tension décroît : il faut réduire le temps d'irrigation.



IRRIGATION CORRECTE

La zone très humide n'évolue pas, la tension reste stable : l'irrigation est donc correcte.



SOUS-IRRIGATION

La zone très humide régresse, la tension s'élève : le temps d'irrigation doit donc être augmenté.

Principes et stratégie de la méthode de pilotage tensiométrique en irrigation goutte à goutte, d'après Peyremorte, SCP, 1982

 zone peu concernée par les apports

 zone intermédiaire

 zone très humide

COMMENT INSTALLER VOS TENSIONNÈTRES ?

• **Préparez votre matériel**

Pour installer vos tensionnètres, équipez-vous...



• **Amorcez la sonde**

Pour cela, rien de plus simple. Il vous suffit de plonger la bougie du capteur dans l'eau. Puis de patienter 2 minutes.

• **Creusez un trou**

A l'aide de votre tarière, faites un trou d'environ 2,2 mm de diamètre jusqu'à atteindre la profondeur souhaitée. Placez la terre dans votre seau.

Il est très important de ne pas laisser d'espace entre le sol et la sonde. Avoir une tarière de bonne dimension est donc indispensable à la bonne réussite de l'installation.

Retirez la terre au fur et à mesure et placez-la dans votre seau. Répétez l'action jusqu'à atteindre la profondeur souhaitée.



Bon à savoir : L'installation sera plus facile si le sol est déjà humide.

• **Préparez votre pralinage**

Mélangez dans votre seau l'eau et la terre pour obtenir une « boue de liaison ». Ce mélange permettra de garantir un bon contact entre le sol et la sonde.

• **Installez votre capteur**

Appliquez la boue de liaison sur la bougie, puis placez votre tensionnètre dans le trou. Enfin, colmatez en remplissant le trou avec le reste de la boue.

Vous pouvez également arroser le trou afin d'y entraîner de la terre. L'essentiel, c'est qu'il soit bien comblé, afin que la sonde reste bien en contact avec le sol. Et ce, pendant toute la saison.



Interpréter les données de votre sonde : Comment prendre les bonnes décisions ?

Vous savez désormais comment choisir le type de sonde le mieux adapté à vos besoins.

Vous savez également comment installer votre sonde proprement pour récolter une donnée de qualité.

Maintenant, il est temps de passer aux choses sérieuses. Comment analyser les données de votre sonde ? Et surtout, comment les utiliser pour savoir quand démarrer ou arrêter l'irrigation.



Comment piloter l'irrigation avec votre sonde ?

La méthode de pilotage dépend du type d'irrigation en place.

CAS D'UNE IRRIGATION LOCALISÉE

Objectif

Identifier un niveau de référence, et maintenir un volume d'humidité du sol constant.

Pour cela, demandez-vous quelles sont les valeurs que remonte votre sonde quand vos cultures sont dans de bonnes conditions hydriques. Une fois ce niveau de référence identifié, modulez le temps d'irrigation ou le débit de l'irrigation pour maintenir les mesures à ce niveau-là pendant toute la saison.

Règles de décision

Pour vous y aider, voici deux tableaux qui récapitulent les principales règles de décision.

Niveau de la mesure par rapport au niveau de référence	POUR LES TENSIONMÈTRES		POUR LA SONDE CAPACITIVE	
	Évolution de la tension depuis le dernier apport	Décision sur la durée de l'irrigation	Évolution de la teneur en eau depuis le dernier apport	Décision sur la durée de l'irrigation
Supérieur	↘	++	↘	--
	→	+	→	-
	↗	=	↗	=
Égal	↘	+	↘	-
	→	=	→	=
	↗	-	↗	+
Inférieur	↘	=	↘	=
	→	-	→	+
	↗	--	↗	++



Bon à savoir : Il est rare que deux sondes mesurent exactement la même chose. Surtout quand le sol est sec. Mais ce n'est pas tant la valeur absolue mesurée par votre sonde qui importe. Vous devez avant tout vous concentrer sur l'évolution des mesures par rapport à des niveaux de référence sec et humide.

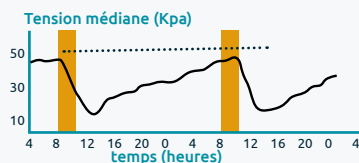
Interprétation des courbes

Et graphiquement, qu'est-ce qu'on obtient ?

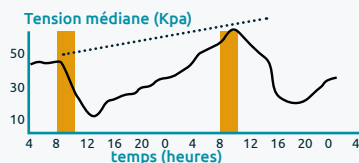
Voici un aperçu de ce à quoi vos courbes peuvent ressembler. Les irrigations sont représentées en orange.

POUR LES TENSIONMÈTRES

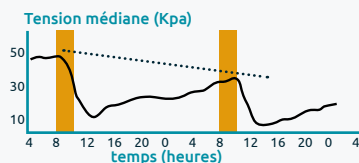
IRRIGATION CORRECTE



SOUS-IRRIGATION

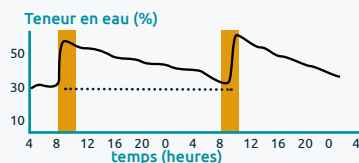


SUR-IRRIGATION

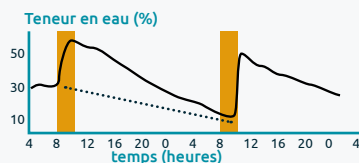


POUR LA SONDE CAPACITIVE

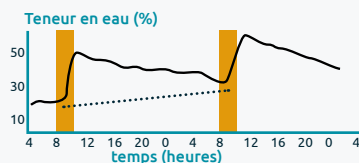
IRRIGATION CORRECTE



SOUS-IRRIGATION



SUR-IRRIGATION



Bon à savoir : Les courbes sont un autre outil pratique pour piloter l'irrigation. Comme votre objectif est de maintenir un niveau de teneur en eau constant le temps, les courbes doivent se répéter à l'identique entre deux apports.



CAS D'UNE IRRIGATION PAR ASPERSION

Objectif

Reconstituer périodiquement (la durée d'un tour d'eau) les réserves en eau d'une parcelle, et ne pas renouveler un apport tant que le précédent n'a pas été consommé.

Pour savoir quand irriguer, il vous suffit de déterminer un seuil de déclenchement. Lorsque les réserves en eau de vos sols passent sous ce seuil, il est temps d'irriguer. En aspersion, le plus important c'est le début de la saison d'irrigation. Surveillez le moment où vos courbes décrochent : c'est là qu'il faut démarrer l'irrigation.

Ensuite, les sondes vous permettent de suivre l'efficacité des irrigations, et d'adapter vos décisions après une pluie ou un orage.



Bon à savoir : Les données de tensiomètres s'utilisent plutôt de manière relative. Ce n'est pas la valeur brute qui compte mais bien l'évolution par rapport à un autre moment. Il est important de regarder la pente de vos courbes. Le moment du décrochage du tensiomètre indique qu'il est nécessaire d'irriguer car la ressource en eau devient rare.

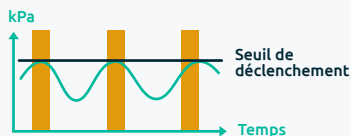
Interprétation des courbes

Et graphiquement, qu'est-ce qu'on obtient ?

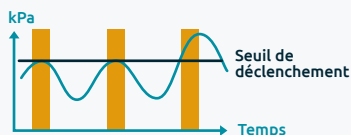
Voici un aperçu de ce à quoi vos courbes peuvent ressembler.

POUR LES TENSIONNÈTRES

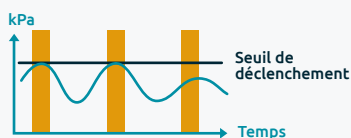
IRRIGATION CORRECTE



SOUS-IRRIGATION



SUR-IRRIGATION

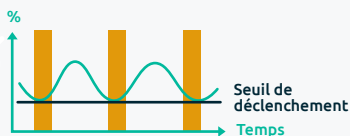


Bon à savoir

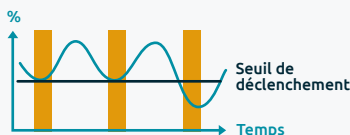
Selon le niveau de précision requis, le seuil de déclenchement peut être simple et constant dans la saison, ou bien plus travaillé avec l'expérience et l'apprentissage.

POUR LA SONDE CAPACITIVE

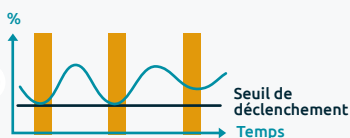
IRRIGATION CORRECTE



SOUS-IRRIGATION

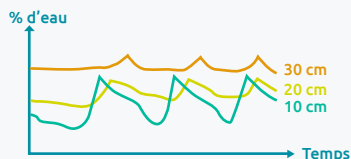


SUR-IRRIGATION



Bon à savoir

Dans le cas d'une culture ayant un enracinement de 30 cm, l'observation d'un « pic » de teneur en eau à 30 cm suite à une irrigation indique que l'eau s'est écoulée en profondeur et donc ne sera pas disponible pour la plante. Il serait dans ce cas intéressant de fractionner l'irrigation en plusieurs apports.



■ LES SEUILS AGRONOMIQUES À CONNAÎTRE POUR PILOTER VOTRE IRRIGATION

Pour piloter votre irrigation, vous devez surveiller plusieurs seuils :

- **La capacité au champ**

Il s'agit du volume maximum d'eau que peut retenir votre sol dans ses micro-pores. Imaginez votre sol comme une éponge. La capacité au champ désigne le volume d'eau pour lequel l'éponge est pleine et ne peut pas absorber plus d'eau.

Si vous continuez à irriguer une fois ce seuil atteint, vous serez en situation de saturation. Toute l'eau excédentaire ruissellera en surface ou descendra vers les nappes phréatiques, à une vitesse qui dépendra avant tout de la perméabilité de vos sols. Si la situation se prolonge, vous risquez alors d'asphyxier les racines de vos plantes.

- **La RFU**

Le stock d'eau auquel les plantes peuvent accéder est appelé réserve utile en eau (RU). Mais seule une partie de la RU peut être extraite par les plantes sans qu'elles doivent limiter leur croissance, ou réduire leur situation. Il s'agit de la réserve facilement utilisable (RFU), qui correspond généralement à 1/3 de la RU. En-dessous de ce seuil, vos plantes sont en stress hydrique, et vous risquez une perte importante de rendements.

- **Le point de flétrissement**

Enfin, le point de flétrissement désigne le niveau d'eau pour lequel les racines ne parviennent plus à extraire l'eau du sol. Il y a trop peu d'eau, et celle-ci est retenue par les particules de sol avec une force supérieure à la force de succion des racines. Si l'on reprend la métaphore de votre sol qui agirait comme une éponge, l'éponge est si sèche que même en serrant de toutes vos forces, vous ne parvenez pas à la faire goutter. Une fois ce seuil atteint, la plante flétrit, et finit par mourir.

Identifier votre zone de confort hydrique

Pour que votre irrigation soit efficace, il faut donc éviter la saturation en eau de vos sols, et le stress hydrique. Vous devez veiller à ce que les courbes de votre sonde, qu'il s'agisse d'un tensiomètre ou d'une sonde capacitive, restent toujours inférieures à la capacité au champ, et supérieures au point de flétrissement.



Un outil inédit pour faciliter vos prises de décision

Le problème, c'est que la RFU est un paramètre difficile à mesurer. Pour la déterminer, il faut effectuer des expérimentations au champ et comparer des conduites d'eau plus ou moins restrictives en observant l'impact sur l'état hydrique de vos sols.

Mais si vous ne connaissez pas la RFU de vos sols, pas de panique.

Pour mieux vous accompagner dans le pilotage de votre irrigation, Weenat a créé un outil d'aide à la décision simple et pratique : les seuils hydriques.

Concrètement ?

Les ingénieurs agronomes de Weenat ont déterminé, pour chacun des 12 principaux types de sol, 4 seuils hydriques :



SATURATION



CONFORT



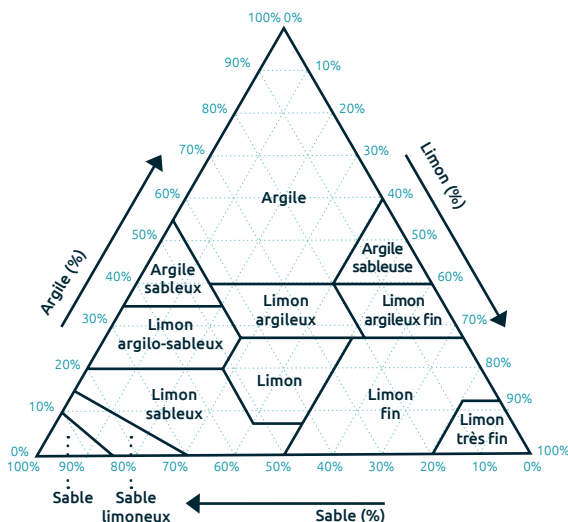
VIGILANCE



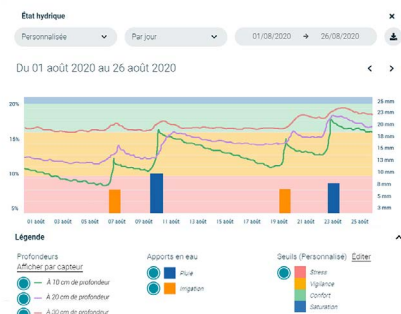
STRESS HYDRIQUE

Ces seuils sont le fruit de plusieurs années de recherches en partenariat avec Bertrand Vandoorne, enseignant chercheur et responsable du département Agriculture and Landscape Sciences de JUNIA. Ils s'appuient sur le modèle de van Genuchten – Mualem, et ont été validés par des expérimentations sur le terrain.

Une fois votre type de sol sélectionné, les seuils hydriques permettent de traduire automatiquement les données de votre sonde en un état de sécheresse. Et ce, qu'il s'agisse d'une sonde capacitive ou d'un tensiomètre.

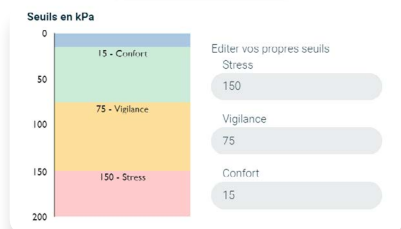


Grâce à cet outil, vous disposez d'une information **fiable, précise et en temps réel** pour prendre vos décisions en toute simplicité.



On peut le voir sur les courbes présentées ici. L'apport en eau sur vos parcelles a un effet direct sur l'évolution de l'état hydrique de votre sol. Un épisode de pluie ou bien une irrigation influent sur l'évolution des courbes et donc sur l'information de l'état de sécheresse de votre sol.

Vous pouvez déclarer vos irrigations – il est important de bien les suivre pour faire un bilan de fin de saison. Ce système demande de l'apprentissage pour affiner votre irrigation.



Pour toujours plus de précision, vous pouvez aussi **personnaliser vous-même vos seuils**, et les affiner progressivement à l'aide des données de votre sonde.



Mais surtout, vous disposez d'un **outil de visualisation** pour suivre l'état hydrique de vos sols avec précision. Et ce, tout au long de la saison.

Vous pouvez aussi **paramétrer des alertes**. Dès que la teneur en eau volumique ou la disponibilité en eau d'un horizon change de seuil, vous êtes prévenu par SMS, email ou notification pour intervenir au plus vite.

Pour aller plus loin

Suivre l'Evapo-Transpiration Potentielle de vos parcelles (ETP)

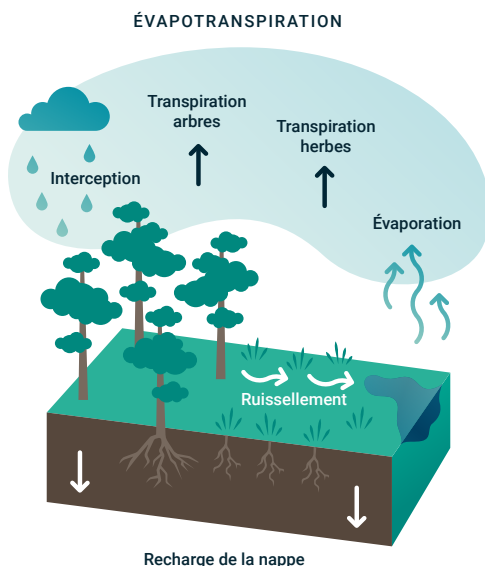
Sur l'application Weenat, vous pouvez également accéder aux données d'ETP de chacune de vos parcelles sans capteur.

■ L'ETP, C'EST QUOI ?

L'évapotranspiration est un processus par lequel les êtres vivants et les surfaces humides (sol, feuilles) perdent de l'eau sous forme de vapeur.

L'Evapo-Transpiration Potentielle (ETP) correspond ainsi à la somme de l'évaporation de l'eau contenue dans le sol et à la surface des plantes ainsi que de l'eau transpirée par les plantes. Ces mouvements d'eau permettent à la plante de déplacer ses éléments nutritifs afin de les valoriser.

L'ETP peut se calculer à partir de données météorologiques spatialisées. La formule mathématique la plus classiquement utilisée pour déterminer l'ETP est celle de Penman Monteith, il s'agit d'une combinaison du bilan énergétique et de la méthode de transfert de masse.



L'équation utilise les données météo suivantes :

- **Le rayonnement solaire** : représente jusqu'à 80% de l'équation.
- **La température de l'air** : 2^{ème} donnée la plus importante.
- **La vitesse du vent** : 2^{ème} donnée la plus importante (à égalité avec la température de l'air).
- **L'humidité relative** : a un effet surtout lorsque l'air est très sec ou très humide.

■ POURQUOI SUIVRE L'ETP DE VOS PARCELLES ?

Complémentaire aux sondes d'irrigation connectées, suivre l'ETP journalière et prévisionnelle sur votre parcelle vous aide à évaluer à quelle vitesse s'évapore l'eau présente dans le sol et les plantes. C'est une aide supplémentaire pour mieux piloter vos apports en eau.

Vous pouvez utiliser les données d'ETP pour savoir quand l'eau apportée par une irrigation est entièrement consommée par la plante et ainsi savoir quand appliquer une nouvelle irrigation. L'accès à la donnée d'ETP vous permet également d'ajuster vos doses d'irrigation en fonction de l'intensité de l'évapotranspiration sur votre parcelle.

■ ÇA RESSEMBLE À QUOI DANS L'APPLICATION ?

Sur l'application Weenat, vous pouvez consulter les données d'ETP de la journée ainsi que pour les 15 prochains jours.



Vous accédez également à un historique journalier et illimité de l'ETP de vos parcelles. Le suivi de cette donnée vous permet ainsi de comprendre la dynamique de prélèvement d'eau de vos parcelles.

Prévoir vos irrigations 7 jours à l'avance avec Weedriq

Pour vous aider à optimiser vos tours d'eau, Weenat a développé Weedriq, le premier outil d'aide à la décision capable de simuler à J+7 l'évolution de la tensiométrie dans vos parcelles.

Avec Weedriq, vous savez **quelle quantité d'eau il y aura dans vos sols la semaine prochaine**.

Planifiez vos irrigations avec précision pour gagner du temps, et réduisez vos apports en eau.



Planifiez vos irrigations
à l'avance



Suivez en temps réel
l'évolution de la tensiométrie
passée et future



Apportez exactement
la quantité d'eau nécessaire
au développement
de vos cultures

■ COMMENT ÇA MARCHE ?

Tensiométrie et Intelligence Artificielle

Weedriq est un modèle conçu à l'aide de l'intelligence artificielle qui combine les informations historiques et en temps réel des tensiomètres connectés Weenat avec les prévisions météo locales afin de simuler à J+7 l'évolution de la tensiométrie, c'est-à-dire la force dont les racines ont besoin pour extraire l'eau du sol.

Le modèle est recalibré tous les jours grâce aux capteurs Weenat présents dans la parcelle, ce qui permet d'améliorer la précision des prédictions.

Aide à la décision

Prévision du potentiel hydrique
à 7 jours à la parcelle

R&D

Agronomie et data science

Données de tensiomètres
des saisons antérieures



Données agro



Données météo

Apprentissage



■ ÇA RESSEMBLE À QUOI DANS L'APPLICATION ?



Dans la vue résumé, vous accédez aux informations de tensiométrie en temps réel, ainsi qu'à la dynamique de la tensiométrie pour les prochains jours.



Puis, à partir du graphique issu des données de vos tensiomètres, le modèle Weedriq vient le compléter avec des courbes prévisionnelles de tensiométrie du sol à J+7.

4 ans de recherches terrain

L'outil est le fruit de 4 ans de recherches. Il a été conçu par les équipes Weenat à l'aide des données de 2 500 capteurs installés en conditions réelles sur plus de 250 parcelles.

À ce jour, Weedriq est disponible pour les cultures en plein champ irriguées par aspersion (pomme de terre, céréales à paille, oignon, ail, maïs). D'autres cultures seront bientôt disponibles.

EN SAVOIR + SUR WEEDRIQ

weenat.com/outil-weedriq





Ils utilisent les solutions Weenat pour piloter leur irrigation



L'année dernière on avait des temps d'arrosage sur du goutte-à-goutte qui étaient de 6h par jour et on s'est aperçu que s'était trop avec les sondes Weenat. Cette année on est passé à 2h par jour.

— **Olivier Curel**
Arboriculteur dans le Vaucluse



L'intérêt des sondes, c'est aussi qu'on comprend mieux le cycle des plantes. Parfois, on mettrait de l'eau, alors qu'on voit qu'elles n'ont pas consommé.

— **Ricaud Provence**
Maraîcher dans les Bouches-du-Rhône



Le fait de pouvoir connaître l'état hydrique des sols en deux clics nous fait gagner une à deux heures par semaine d'observation.

— **Anthony Oboussier**
Arboriculteur dans la Drôme



Sur une année, on peut gagner un tour d'eau sur l'ensemble, ce qui n'est pas négligeable.

— **Thierry Bailliet**
*Exploitant en grandes cultures dans le Pas-de-Calais
et Youtubeur «Agriculteur d'aujourd'hui»*



Grâce à Weenat, le pilotage est plus facile et c'est une économie d'une heure par jour qui est réalisée chaque semaine durant le cycle végétatif.

— **Jean-Michel Morille**
Arboriculteur en Loire-Atlantique



Cela permet de justifier nos pratiques, ce qui est très important dans le contexte actuel.

— **François Boustier**
Cérialier dans la Marne



Il faut avoir un moyen de justifier comment on gère l'irrigation, et là c'était pile poil ce qu'on cherchait.

— **Anthony Loppin**
Producteur de carottes en Champagne

Conclusion

Demain sera sec.

Avec l'augmentation des températures, et l'irrégularité croissante des pluies, l'irrigation, jusqu'ici surtout réservée à quelques régions et quelques cultures, va se démocratiser en France.

Pour Jérôme Le Roy, fondateur de Weenat, « L'irrigation va devenir une pratique incontournable pour maintenir les niveaux de production actuels dans un contexte de réchauffement climatique généralisé ». A mesure que la pratique se répand, la question de l'utilisation des ressources en eau va se poser avec une urgence renouvelée. Les retenues d'eau, qui font déjà débat aujourd'hui, continueront à susciter l'émoi dans l'opinion publique. Et les restrictions sur l'usage de l'eau se durciront davantage. Pour répondre aux attentes sociétales, et préserver les marges de leur exploitation, les agriculteurs n'auront pas d'autres choix que de raisonner leur consommation d'eau. En suivant la méthode Cap Précision, vous prenez une belle longueur d'avance sur vos voisins. Mieux, vous faites le choix de la performance, et vous agissez plutôt que de subir.

Vous savez maintenant comment choisir une sonde, l'installer et interpréter les données pour piloter votre irrigation.

En bref... Vous êtes prêt.

Maintenant, il est temps de passer à l'action.

Et nous serons à vos côtés si vous avez la moindre question.

L'équipe Weenat

Pour commander votre sonde de pilotage de l'irrigation

- RDV sur **WWW.WEENAT.COM**
- ou appelez le **02 52 86 00 55**





A propos de Weenat

Grâce à son expertise des données météo et des paramètres du sol, Weenat accompagne les prises de décision quotidiennes de l'agriculteur, du semis à la récolte.

Depuis 2014, nos équipes travaillent au plus près des territoires pour développer une gamme complète de capteurs connectés à une application mobile.

Notre objectif ? Aider l'agriculteur à gérer au mieux ses ressources, en optimisant sa rentabilité, son temps, et son impact environnemental.

NOS SOLUTIONS



**MÉTÉO
CONNECTÉE**



**PROTECTION
DES CULTURES**



**PILOTAGE DE
L'IRRIGATION**



**ANTICIPATION
DU GEL**

EN QUELQUES CHIFFRES



15 000

Utilisateurs actifs



10 000

capteurs agro-météo
installés en France
et en Europe



150

Partenaires
de la distribution
agricole



8

Types de capteurs
agro-météo connectés
à vos parcelles

Retrouvez-nous...

Sur notre site : **WWW.WEENAT.COM**

Et sur les réseaux sociaux :



Envie d'échanger ?

Par e-mail : **contact@weenat.com**

Par téléphone : **02 52 86 00 55**