



# Recommandations aux utilisateurs (irrigants et communautés d'irrigants)

Recommandations pour le choix de solutions dans la gamme de produits existants..

*Livrable 2.5.3*

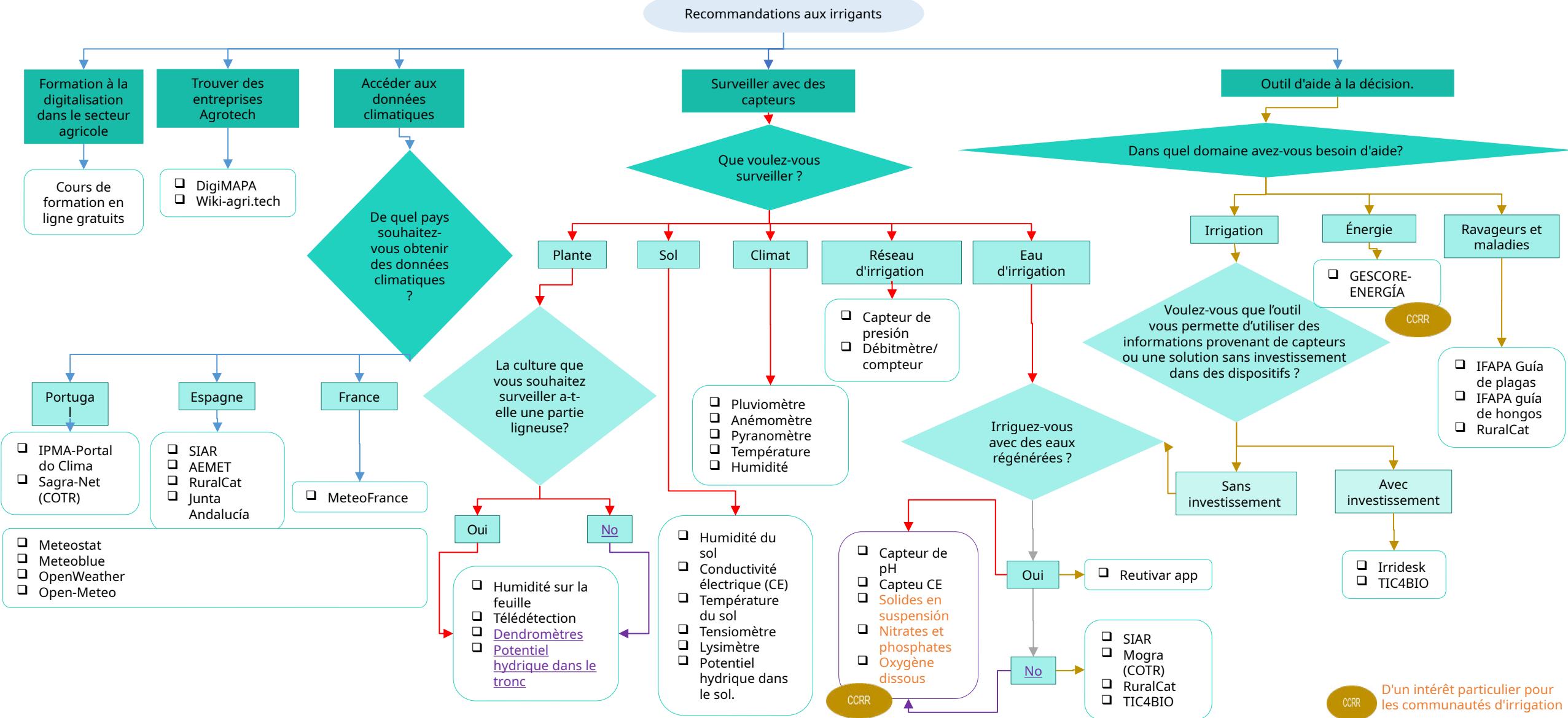


## Livrable 2.5.3 Recommandations aux utilisateurs (irrigants et communautés d'irrigants)

Ce livrable, présenté sous la forme d'un document interactif, vise à fournir des recommandations aux irrigants, qu'ils soient indépendants ou membres de communautés d'irrigants (CCRR), afin de faciliter le choix de la solution numérique la plus adaptée à leurs besoins et objectifs.

Pour cela, une série de questions sera posée concernant le type d'utilisateur, l'objectif de la consultation, le domaine d'intérêt, l'investissement disponible, l'accessibilité, entre autres aspects. En fonction des réponses fournies, le système orientera l'utilisateur vers un ensemble de solutions correspondant le mieux à ses exigences.

De plus, l'utilisateur pourra interagir avec les différentes icônes représentant les options disponibles pour chaque question. Cette fonctionnalité offrira une navigation dynamique et intuitive, facilitant l'accès aux recommandations les plus pertinentes.





Accueil



Retour

# De quoi as-tu besoin ?



Formation à la  
digitalisation dans le  
secteur agricole



Trouver des entreprises  
Agrotech



Accéder aux données  
climatiques



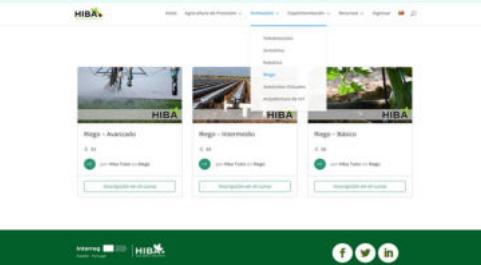
Surveiller avec des  
capteurs



Outil d'aide à la  
décision.



# Formation à la digitalisation dans le secteur agricole

Formation à la  
digitalisation dans le  
secteur agricole

- Cours en ligne gratuits** pour la formation en irrigation, télédétection, capteurs, robotique, architecture des systèmes IoT et assistants virtuels.
- Niveaux** : débutant, intermédiaire et avancé dans chaque domaine.
- Langues** : espagnol et portugais

- Cours gratuits en présentiel** pour la formation lors de différents événements dans le domaine de l'Agrotech.
- Langue** : espagnol
- Durée par cours** : 21 heures (réparties sur 3 jours)



- Accès au matériel de la journée sur "Utilisation du big data, des capteurs et de la télédétection pour le calcul de la dose d'irrigation"



Accueil

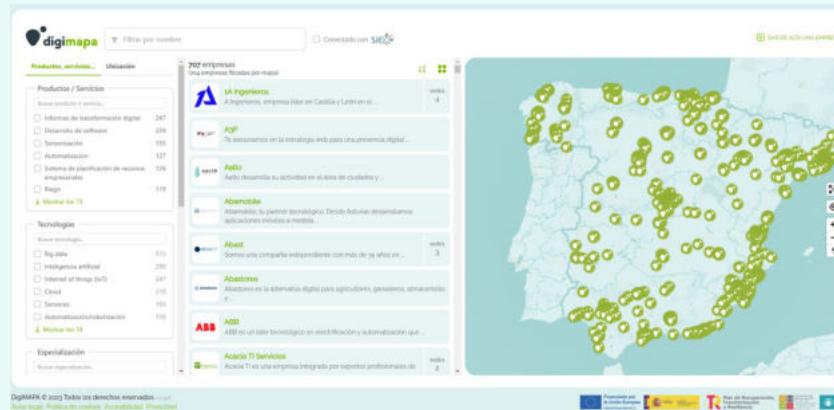


Retour

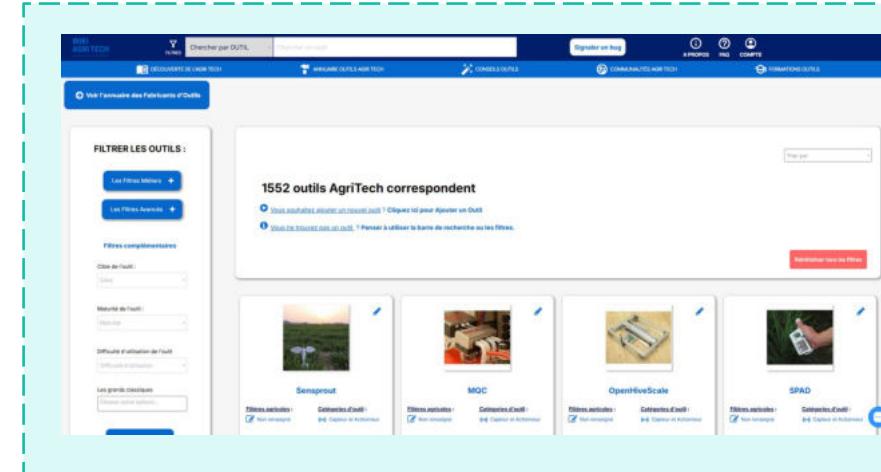


Trouver des entreprises  
Agrotech

## Trouver des entreprises Agrotech

DigiMapa © 2020 Tous les droits réservés.  
Acerca del portal | Politiques de confidentialité | Conditions générales

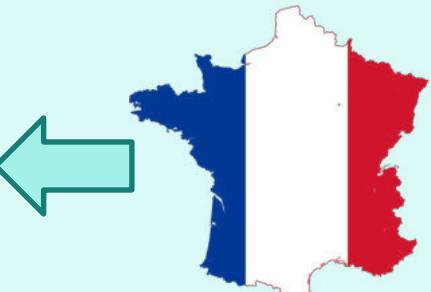


1552 outils AgriTech correspondent

Filtrer les outils :

- catégories d'outil :  Outils mobiles,  Outils avancés
- Filtres complémentaires
- Cible de l'outil :  Professionnel,  Ménage
- Matière de l'outil :  Plastique
- Difficulté d'utilisation de l'outil :  Difficulté élevée
- Les grands secteurs :  Agriculture et foresterie

Sensaprot, MQC, OpenHiveScale, SPAD





Accueil

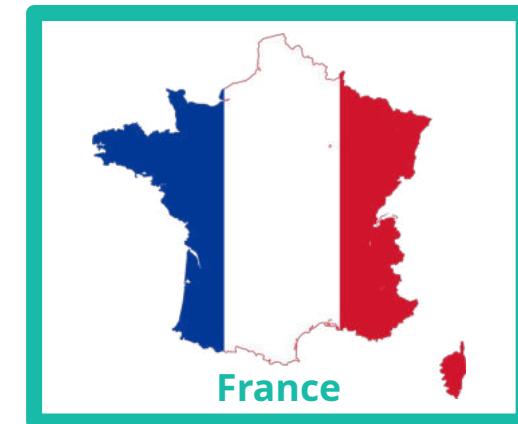
Retour

## Accès aux données climatiques



Accéder aux données  
climatiques

# De quel pays souhaitez-vous obtenir des données climatiques ?





Accueil

Retour

## Accès aux données climatiques → Portugal



IPMA Instituto Português do Mar e da Atmosfera

PORTAL DO CLIMA

COTR CENTRO DE COMPETÊNCIAS PARA O RECADIO NACIONAL

SAGRA-Net

meteoblue® A Windy.com Company

Meteostat

OpenWeather

Open-Meteo

= Données historiques

= Prévisions

= Possibilité d'accès via API



Accueil

Retour

## Accès aux données climatiques → Espagne



**AEMet**  
Agencia Estatal de Meteorología

**SiAR**  
Sistema de Información Agroclimática para el Regadio

**Junta de Andalucía**  
Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural

**Rural Cat**

**meteoblue®**  
A Windy.com Company

**Meteostat**

**OpenWeather**

**Open-Meteo**

= Données historiques

= Prévisions

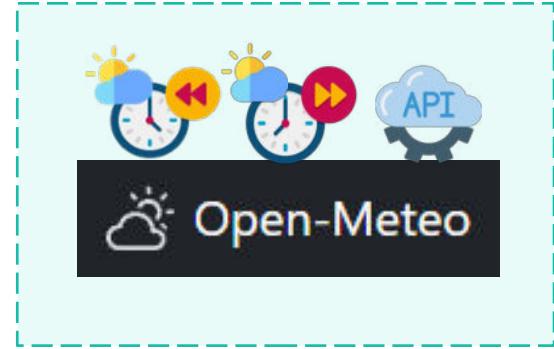
= Possibilité d'accès via API



Accueil

Retour

## Accès aux données climatiques → France



 = Données historiques

 = Prévisions

 = Possibilité d'accès via API

## Surveiller avec des capteurs

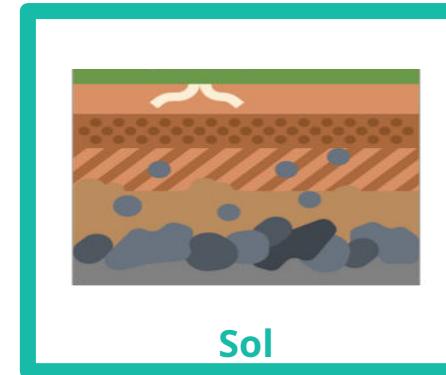


Surveiller avec des  
capteurs

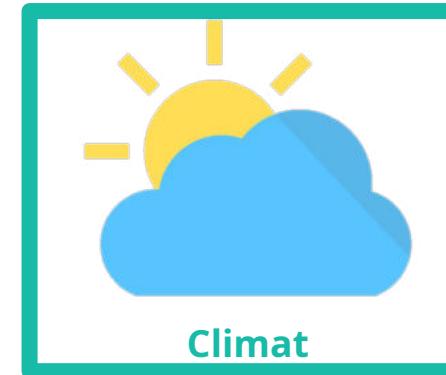
# Que voulez-vous surveiller ?



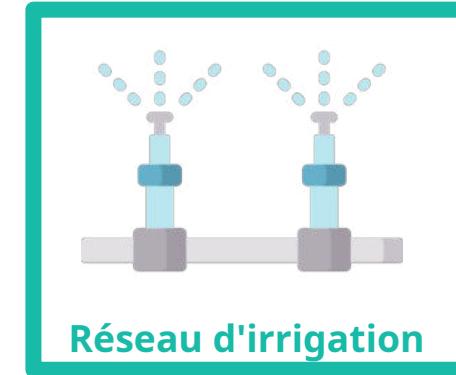
Plante



Sol



Climat



Réseau d'irrigation



Qualité de l'eau  
d'irrigation



Accueil

Retour

## Surveiller avec des capteurs



Surveiller avec des  
capteurs

# La culture que vous souhaitez surveiller a-t-elle une partie ligneuse ?

OUI

NO



Accueil

Retour

## Surveiller avec des capteurs → Plante



Plante



Surveiller avec des  
capteurs

Culture  
ligneuse : oui

Humidité sur la  
feuille



Capteurs à distance



Dendromètres



Potentiel hydrique  
dans le tronc



## Surveiller avec des capteurs → Plante



### Humidité sur la feuille

Simule une feuille de la culture et permet de connaître le temps et le niveau d'humectation du feuillage de la culture.

### Avantages



### Inconvénients

Informations supplémentaires:

- Température ambiante.
- Précipitations.
- État phénologique de la culture

Connaissances techniques et examen des études scientifiques sur les conditions d'incidence de chaque maladie

Intégration dans des **modèles prédictifs** de ravageurs et de maladies.

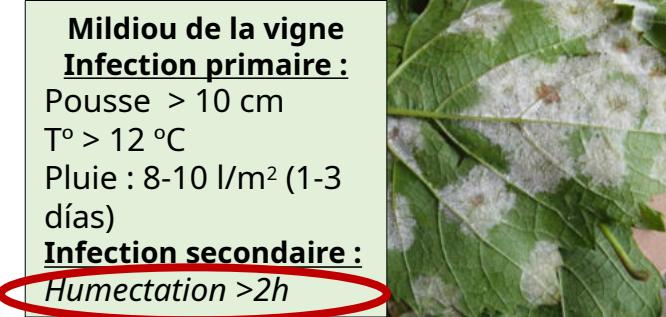


#### **Mildiou de la vigne** Infection primaire :

Pousse > 10 cm  
T° > 12 °C  
Pluie : 8-10 l/m<sup>2</sup> (1-3 días)

#### Infection secondaire :

*Humectación >2h*



## Surveiller avec des capteurs → Plante

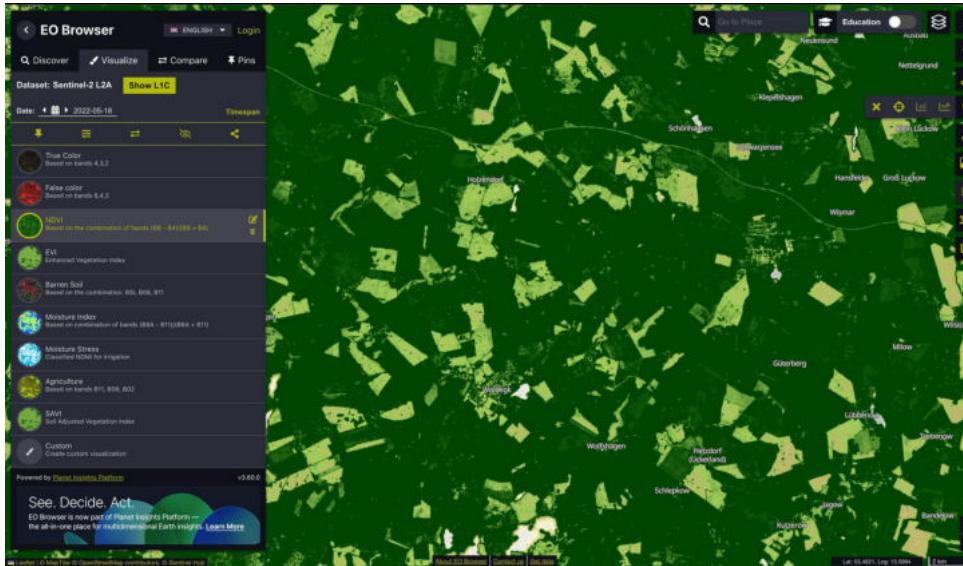


### Télédétection (Capteurs à distance) : satellites et drones

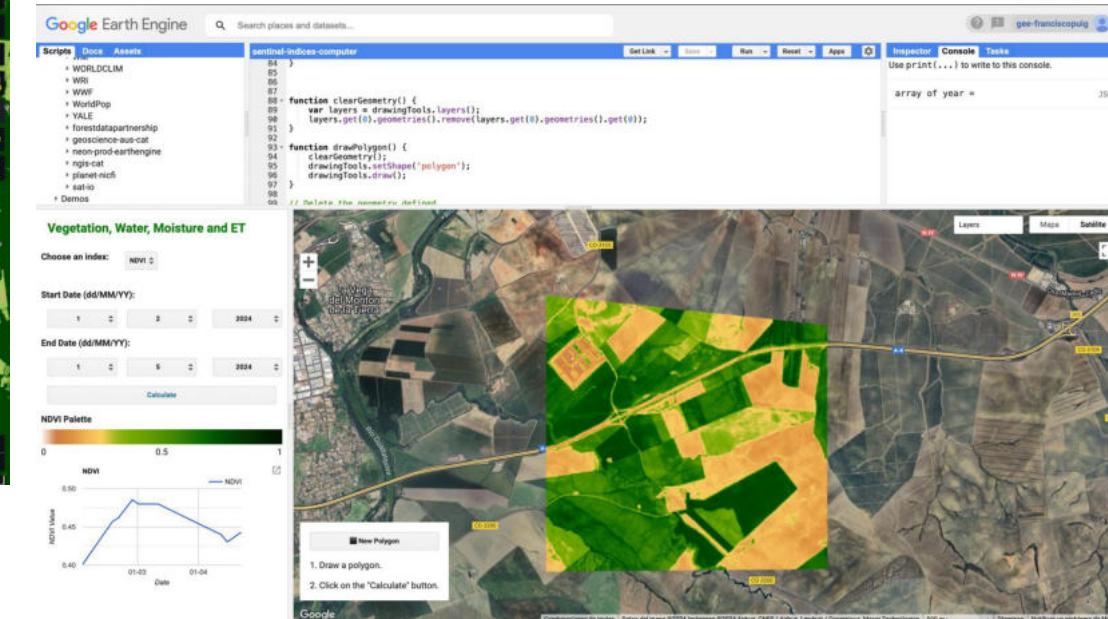
Les capteurs à distance permettent d'obtenir des données sur l'écosystème sol-plante et les facteurs environnementaux, sans contact ni interférence avec cet écosystème. Pour cela, des capteurs (multispectral, RGB, thermique...) sont utilisés, équipés sur des drones, des satellites ou même sur la partie haute des pivots.

L'analyse des informations recueillies par les capteurs à distance permet d'obtenir des données sur :

- ✓ La santé et la vigueur de la végétation.
- ✓ La couverture végétale.
- ✓ La détection du stress dans la culture.
- ✓ La variabilité de la croissance de la culture.



**PLATAFORME SENTINEL HUB**



**PLATAFORME GOOGLE EARTH ENGINE**



Accueil



Retour

## Surveiller avec des capteurs → Plante



### Avantages

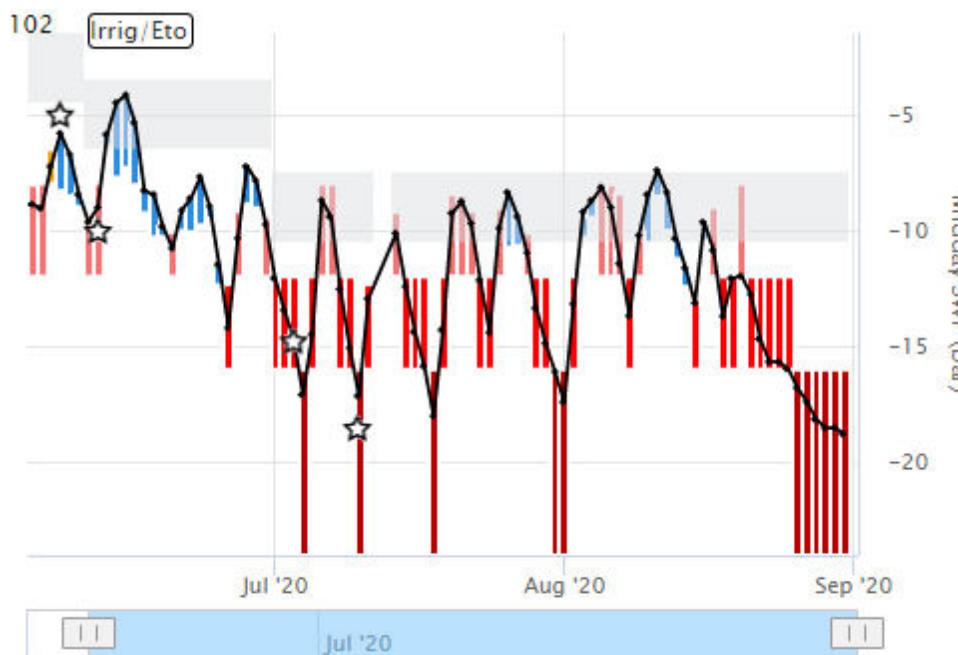
- Mesure du potentiel hydrique, qui est directement lié à l'état hydrique de la plante
- Bonne précision (contractée par des comparaisons avec les mesures de la chambre de Scholander ☆)



### Inconvénients

- Les valeurs seuils de  $\Psi$  varient en fonction du type de culture, de son âge, de la saison et de sa tolérance au stress.
- Coûteux économiquement (€)..
- Détérioration au fil du temps (remplacement en raison de la perte de précision après environ 1 an).
- Utile uniquement pour les cultures ligneuses

#### Potentiel hydrique dans le tronc



Culture  
ligneuse : oui

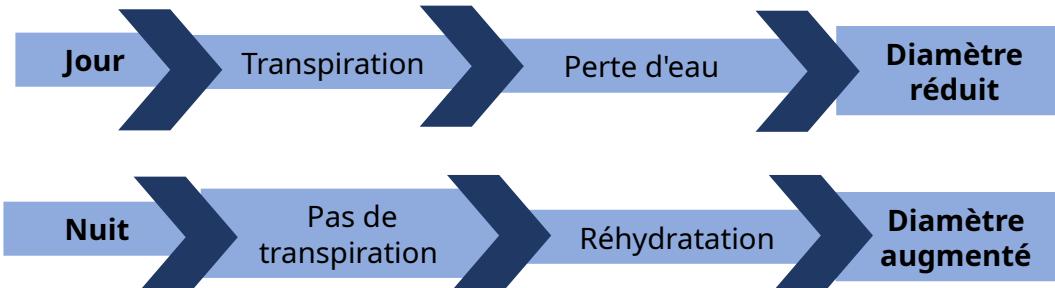
## Surveiller avec des capteurs → Plante



Dendromètre à lame

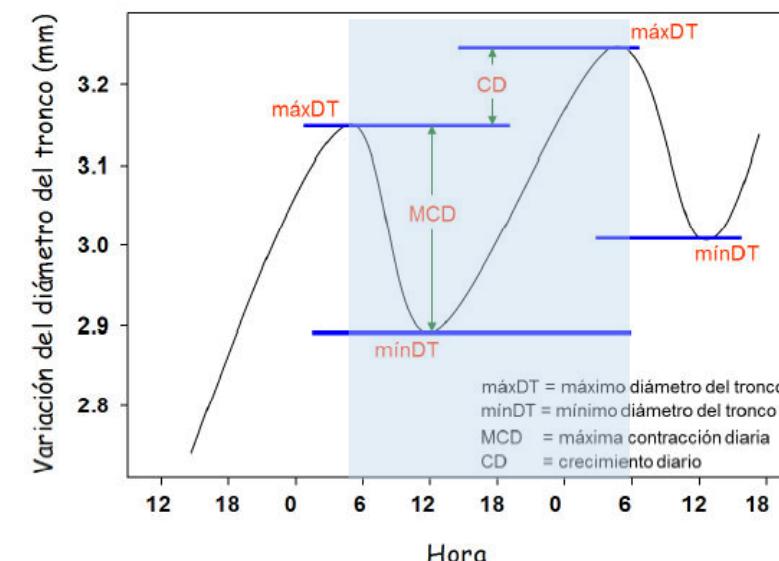


Dendromètre à  
déplacement linéaire

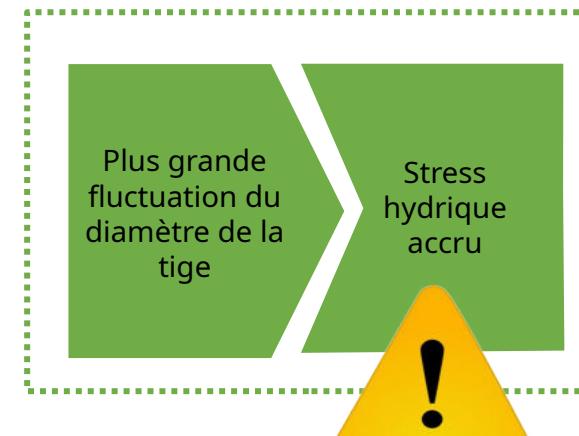


### Dendromètres

C'est l'un des dispositifs de surveillance des cultures les plus utilisés. Ces appareils mesurent les fluctuations du diamètre du tronc causées par les variations de l'état hydrique de la culture.



#### Contraction Maximale Quotidienne (MCD)



Culture ligneuse : oui



Plante



Surveiller avec des capteurs

Accueil

Retour

## Surveiller avec des capteurs → Plante

Humidité sur la  
feuille



Capteurs à distance



Dendromètres



Potentiel hydrique dans  
le tronc



Culture  
ligneuse : no

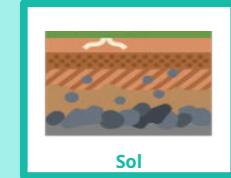


Accueil



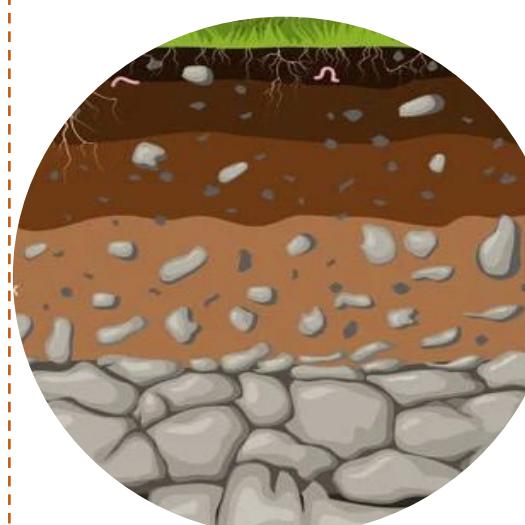
Retour

## Surveiller avec des capteurs → Sol



### Capteurs

- Humidité du sol**
- Conductivité électrique (CE)**
- Température du sol**



**Capteur de potentiel hydrique du sol**

**Tensiomètre**

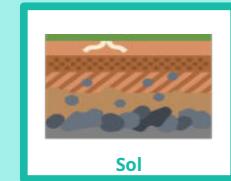


**Lysimètre**

Il est courant de trouver des capteurs qui mesurent plusieurs de ces paramètres simultanément



## Surveiller avec des capteurs → Sol

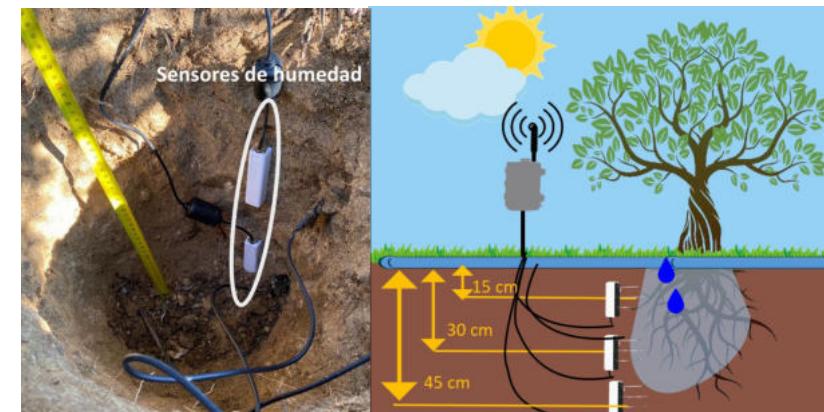


### Capteur d'humidité du sol

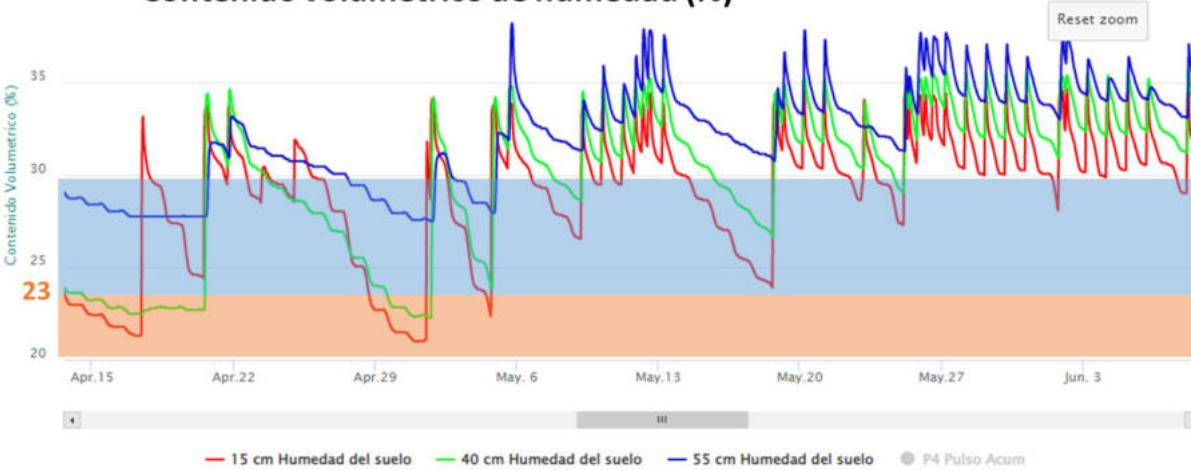
Ils mesurent la teneur en eau du sol, exprimée en termes volumétriques ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ).

Valeurs de référence de la teneur en humidité à la capacité au champ (CC) et au point de flétrissement permanent (PMP) pour différents types de sol.

| Textura          | CC( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ) | PMP ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ) |
|------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Arenoso          | 0,17                          | 0,07                            |
| Arenoso Franco   | 0,19                          | 0,10                            |
| Franco Arenoso   | 0,28                          | 0,16                            |
| Franco           | 0,30                          | 0,17                            |
| Franco Limoso    | 0,36                          | 0,21                            |
| Limoso           | 0,36                          | 0,22                            |
| Franco Arcilloso | 0,37                          | 0,24                            |
| Arcillo Limoso   | 0,42                          | 0,29                            |
| Arcilloso        | 0,40                          | 0,24                            |



Contenido volumétrico de humedad (%)



### CRITÈRES D'INSTALLATION

- Sous la verticale d'un goutteur pour surveiller correctement la teneur en eau du sol après l'irrigation.
- Dans la zone de plus grand volume racinaire de la culture pour détecter les variations d'humidité du sol dues à l'absorption par la plante. Pour les cultures ligneuses  $\approx 50$  cm
- À plusieurs profondeurs ( $\approx 15, 30$  et  $45$  cm pour les cultures ligneuses).
- Bon contact avec le sol (processus d'installation délicat).
- Ne pas altérer la structure du sol.

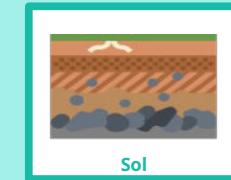


Accueil



Retour

## Surveiller avec des capteurs → Sol



Ils mesurent la concentration en sels à travers la conductivité électrique. Plus la concentration en sels est élevée, plus la conductivité électrique est grande.

Concentration en sels plus élevée



Potentiel hydrique plus faible

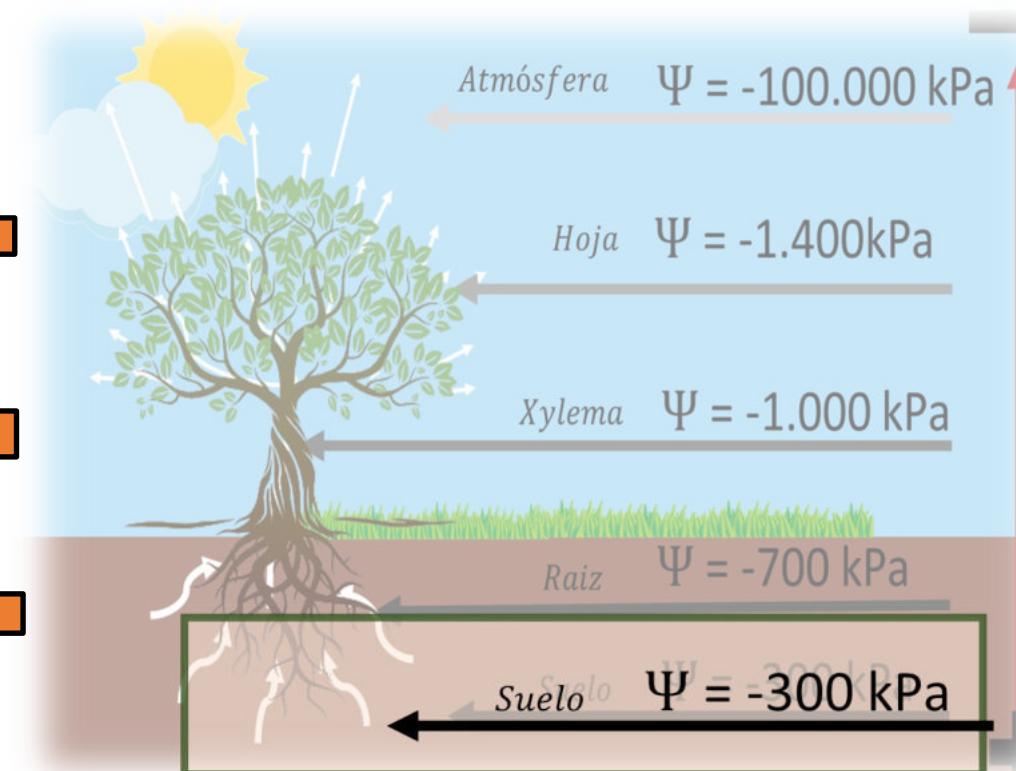


Effort d'absorption plus important



Évapotranspiration

### Capteur de conductivité électrique du sol

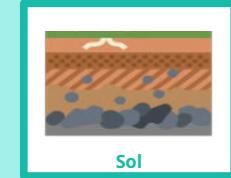


| Classification des sols | Conductivité électrique (dS/m) | Effets sur la culture   |
|-------------------------|--------------------------------|---|
| Non salin               | 0-2                            | N'affecte pas les cultures  |
| Légèrement salin        | 2-4                            | Diminution des rendements dans les cultures sensibles                           |
| Modérément salin        | 4-8                            | Diminution des rendements dans la plupart des cultures                          |
| Salin                   | 8-16                           | Seules les cultures tolérantes ou très tolérantes ont un rendement satisfaisant |
| Extrêmement salin       | >16                            |   |

### Origine des variations de la concentration en sels :

- Application d'engrais.
- Utilisation d'eaux recyclées.
- Utilisation d'eaux salines pour l'irrigation.

## Surveiller avec des capteurs → Sol



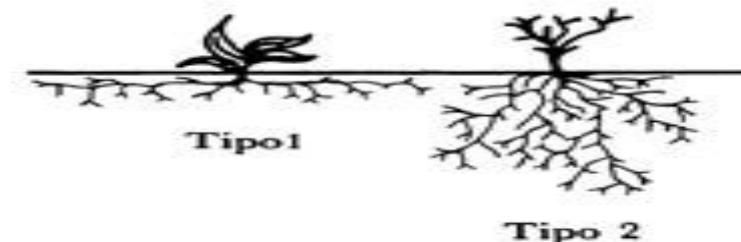
Facteur déterminant dans la germination des graines



### Croissance des racines

T < 15°C :

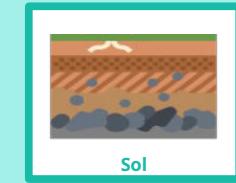
- Croissance réduite.
- Absorption d'eau diminuée..
- Racines plus fines et superficielles (type 1).



Impacte le taux de dégradation de la matière organique.

- Activité microbienne réduite à des températures trop élevées ou trop basses.
- Solubilité des engrais plus faible à basse température.
- Absorption du phosphore très faible dans les sols froids

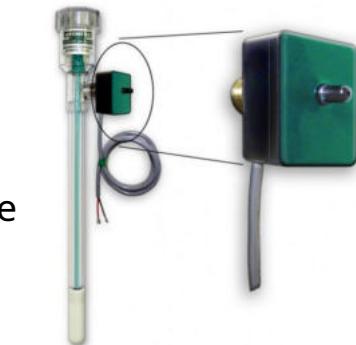
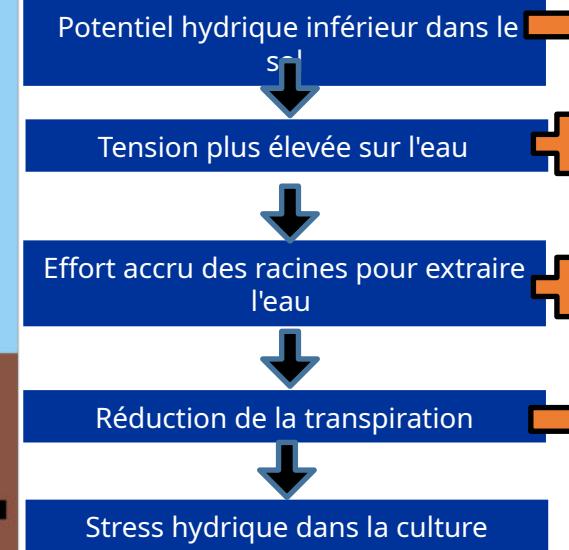
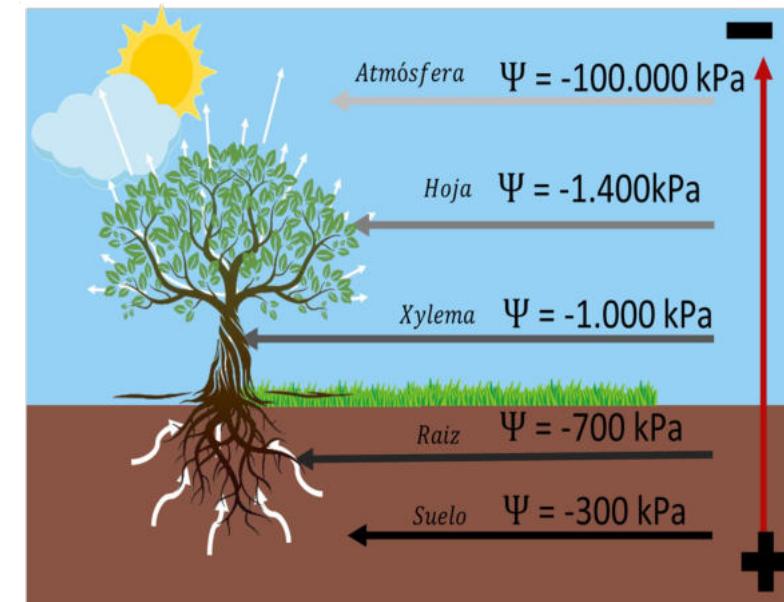
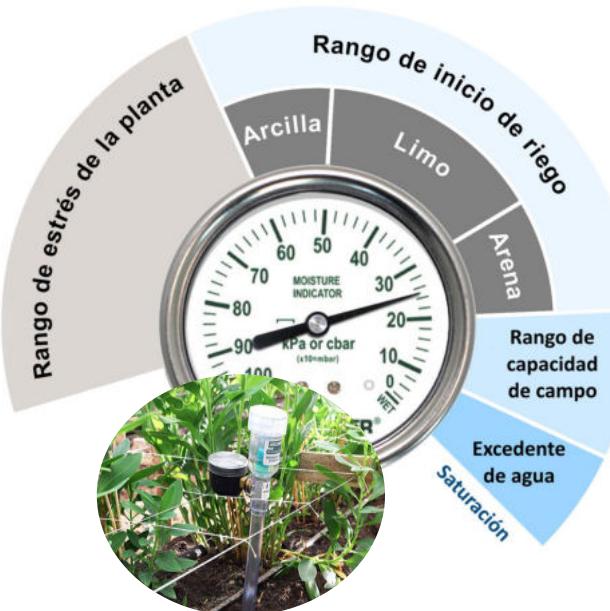
# Surveiller avec des capteurs → Sol



## Tensiomètre

Ils mesurent la tension matricielle. Lorsque le sol s'assèche, la tension matricielle augmente (la lecture absolue du tensiomètre augmente), tandis que lorsqu'il s'humidifie, la tension diminue (la lecture absolue du tensiomètre baisse), pouvant atteindre des valeurs proches de zéro lorsque le sol est saturé en eau.

- Option intéressante pour les cultures maraîchères.
- Option analogique sans besoin de datalogger ou de nœud de communication (coût plus abordable et indépendance vis-à-vis des logiciels tiers).

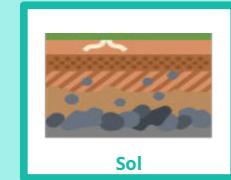


**TENSIOMETROS** con Salida: 4-20 mA  
(Necesita alimentación, 24 Vcc)



**TENSIOMETROS** con Salida: 0 - 4,5 V  
(Necesita alimentación, 5 Vcc)

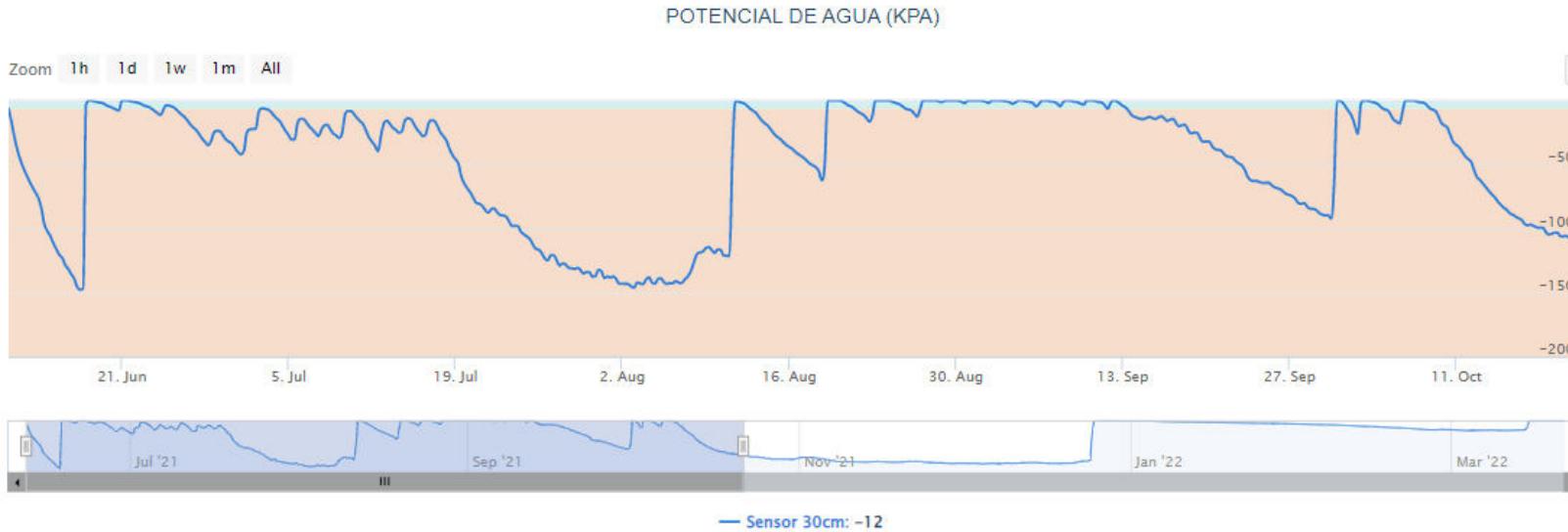
## Surveiller avec des capteurs → Sol



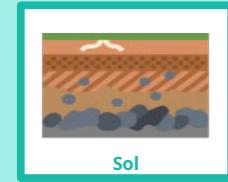
### Potentiel hydrique dans le sol

Ils mesurent la tension matricielle. Les informations qu'ils fournissent sont les mêmes que celles des tensiomètres, mais la différence réside dans leur fonctionnement : la sonde de potentiel hydrique du sol utilise un capteur d'humidité et une céramique poreuse avec une courbe de rétention d'humidité connue. Lorsqu'elle est installée dans le sol, le potentiel hydrique s'équilibre entre la céramique et le sol environnant. Le capteur mesure l'humidité de la céramique et, grâce à sa courbe de rétention, convertit cette valeur en potentiel hydrique.

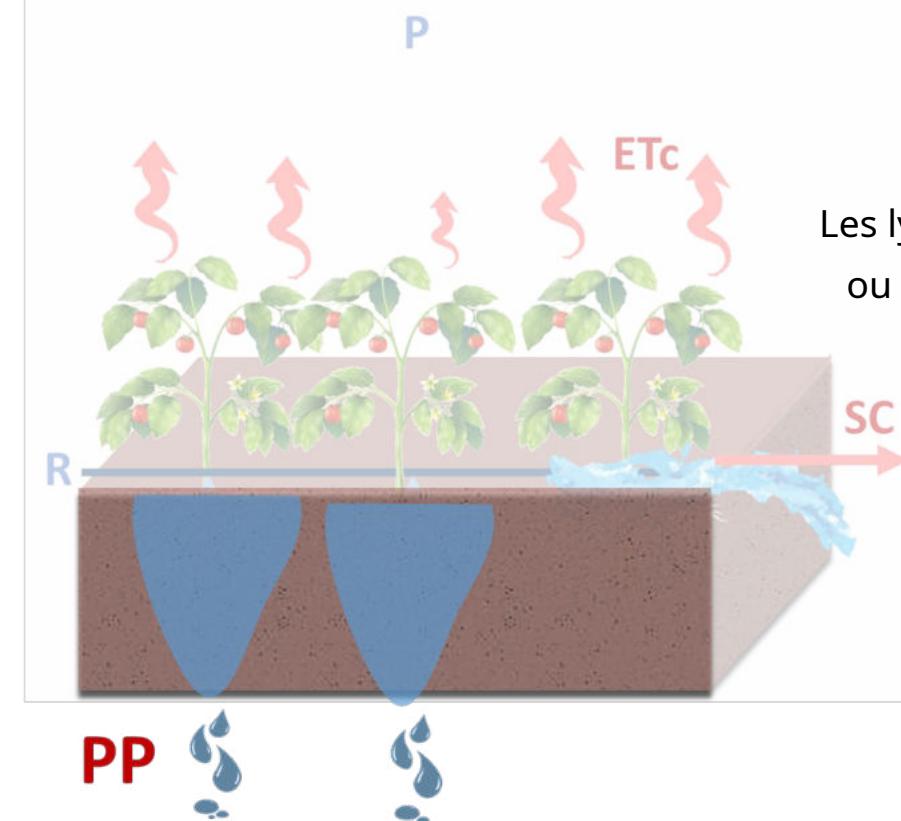
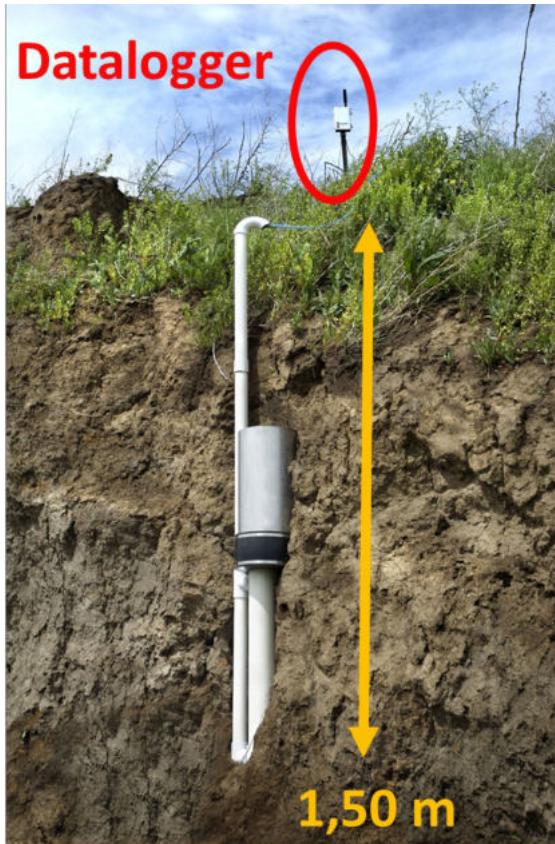
- Nécessite une alimentation et une connexion à un datalogger pour l'acquisition et l'envoi des données.
- Installation selon les critères des sondes d'humidité + une fois la profondeur d'installation déterminée, mélanger un échantillon de sol avec de l'eau jusqu'à former une masse boueuse et la placer autour de la céramique poreuse avant d'installer dans le sol.



## Surveiller avec des capteurs → Sol



### Lysimètre



Les lysimètres mesurent le drainage ou la percolation profonde (PP).



Accueil



Retour

## Surveiller avec des capteurs → Climat

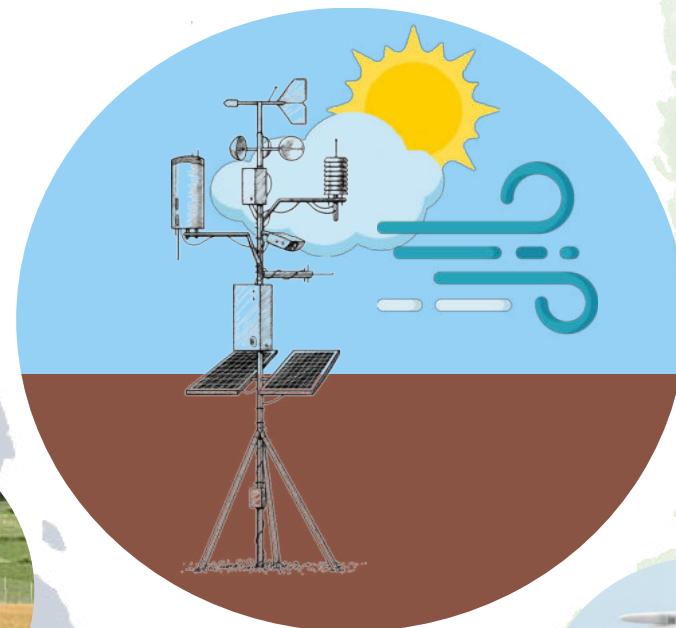


Si, au lieu d'accéder aux données climatiques du réseau de stations agroclimatiques publiques, on souhaite disposer de mesures plus précises sur sa propre exploitation, il est nécessaire d'installer une station équipée au minimum des éléments suivants pour déterminer l'évapotranspiration de référence ( $ETo$ ) et les apports naturels en eau à la culture..

### PRÉCIPITATION



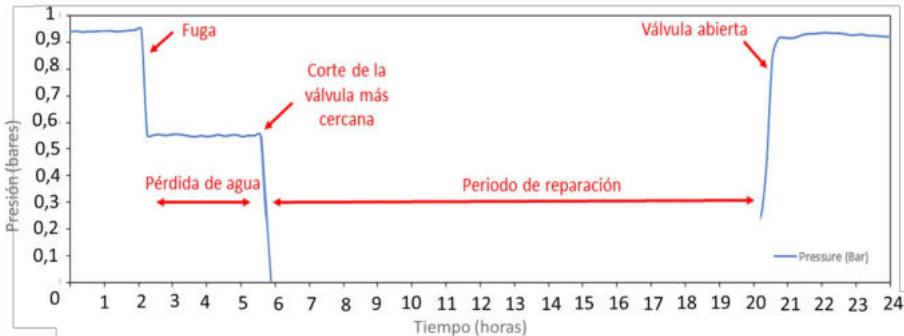
Pluviomètre

Anémomètre  
et girouetteÉVAPOTRANSPIRATION  
DE RÉFÉRENCE ( $ETo$ ).

Pyranomètre

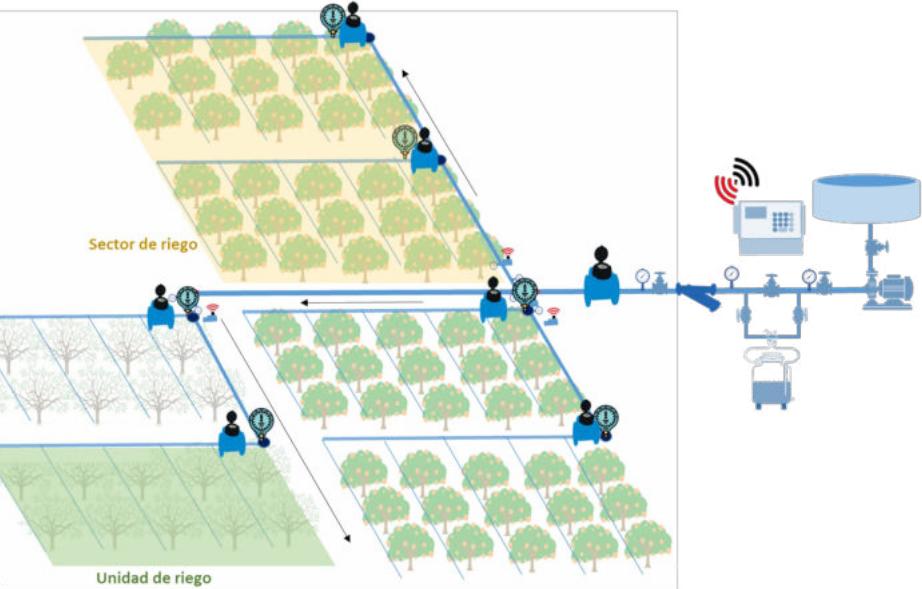
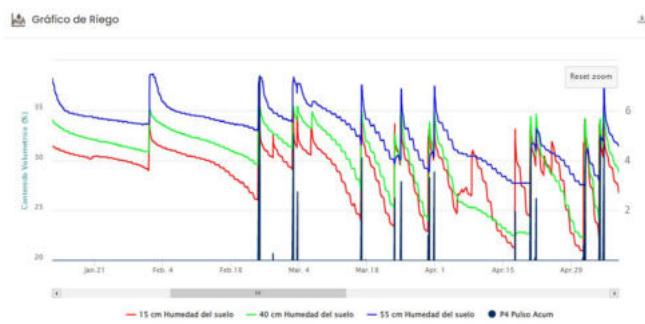
Capteur de température et  
d'humidité ambiante

## Surveiller avec des capteurs → Réseau d'irrigation



L'utilisation conjointe des capteurs de pression et des débitmètres dans les secteurs d'une installation d'irrigation permet de:

- Vérifier l'adéquation entre l'irrigation programmée et celle appliquée.
- Contrôler la consommation → Gestion des dotations d'irrigation
- Déetecter les fuites, obstructions ou inefficacités dans le réseau d'irrigation..





Surveiller avec des capteurs → Qualité de l'eau d'irrigation



Qualité de l'eau  
d'irrigation



Surveiller avec des  
capteurs

# Irriguez-vous avec des eaux régénérées ?

OUI

NON

# Surveiller avec des capteurs → Qualité de l'eau d'irrigation

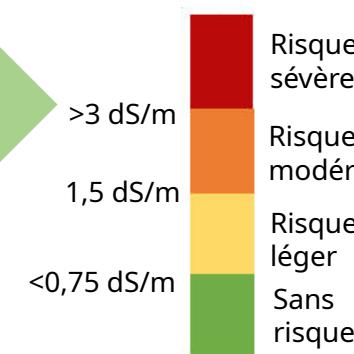
Eaux régénérées : Non



Capteur de  
CE

Capteur de pH

Augmentation de la salinité du sol  
La principale source d'accumulation de sels dans le sol provient de l'eau d'irrigation



| Cultivo  | 0% pérdida |     | 10% pérdida |     | 25% pérdida |     |
|----------|------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|
|          | CEe        | CEw | CEe         | CEw | CEe         | CEw |
| Tomate   | 2,5        | 1,7 | 3,5         | 2,3 | 5           | 3,4 |
| Melón    | 2,2        | 1,5 | 3,6         | 2,4 | 5,7         | 3,8 |
| Patata   | 1,7        | 1,1 | 2,5         | 1,7 | 3,8         | 2,5 |
| Lechuga  | 1,3        | 0,9 | 2,1         | 1,4 | 3,2         | 2,1 |
| Olivo    | 2,7        | 1,8 | 3,8         | 2,6 | 5,5         | 3,7 |
| Limonero | 1,7        | 1,1 | 2,3         | 1,6 | 3,3         | 2,2 |
| Manzano  | 1,7        | 1   | 2,3         | 1,6 | 3,3         | 2,2 |
| Nogal    | 1,7        | 1,1 | 2,3         | 1,6 | 3,3         | 2,2 |
| Vid      | 1,5        | 1   | 2,5         | 1,7 | 4,1         | 2,7 |
| Aguacate | 1,3        | 0,9 | 1,8         | 1,2 | 2,5         | 1,7 |
| Fresa    | 1          | 0,7 | 1,3         | 0,9 | 1,8         | 1,2 |

Ref. Libro azul SQM, adaptado de "Quality of water for irrigation" R.S. Ayers. Journal of the irrig. and Drain Div., ASCE. Vol 103, Junio 1977

CEe : Conductividad eléctrica del extracto saturado del suelo, en mmhos/cm a 25°C.

CEw : Conductividad eléctrica del agua de riego, en mmhos/cm a 25°C.



## EAUX ALCALINES

- Les nutriments deviennent insolubles et restent retenus dans le sol.
- Difficulté pour la plante à absorber les nutriments.
- Carences en nutriments comme le magnésium, le phosphate ou le fer..

## EAUX ACIDES

- Dommages aux racines.
- Toxicité du sol
- Dissolution et filtration rapides des nutriments → empêche la plante d'absorber les nutriments.



# Surveiller avec des capteurs → Qualité de l'eau d'irrigation

Eaux régénérées : Oui



**Capteur de CE**



**Capteur de pH**



**Nitrates et phosphates**



**Solides en suspensión**



**Oxygène dissous**



La conductivité électrique mesure la concentration de sels dissous dans l'eau. Un excès de sels peut affecter négativement l'absorption de l'eau par les plantes en raison du phénomène de stress osmotique, réduisant ainsi la croissance et la productivité de la culture.

Le pH de l'eau affecte la disponibilité des nutriments dans le sol et la santé des cultures. Un pH trop acide ( $< 5,5$ ) ou trop alcalin ( $> 8,5$ ) peut provoquer des carences en nutriments ou une toxicité.

Ces composés sont essentiels à la croissance des plantes, mais en excès, ils peuvent provoquer des problèmes d'eutrophisation du sol et des masses d'eau, des déséquilibres dans la fertilisation (un excès de nitrates peut entraîner des carences en d'autres nutriments comme le potassium ou le calcium) et des pertes économiques dues à l'application inutile d'engrais.

Indique la présence de particules en suspension dans l'eau, telles que des argiles, de la matière organique et des micro-organismes. Si elle n'est pas contrôlée, elle peut entraîner l'obstruction des émetteurs et des filtres d'irrigation, une réduction de l'efficacité de l'irrigation et une augmentation des agents pathogènes adhérant aux particules en suspension.

Un niveau adéquat d'oxygène dans l'eau est crucial pour la santé du sol et l'activité biologique. S'il n'est pas contrôlé, des conditions anaérobies peuvent apparaître dans le sol, favorisant des micro-organismes qui produisent des composés toxiques ou réduisant l'activité des micro-organismes bénéfiques, ce qui affecte la disponibilité des nutriments.

Accueil

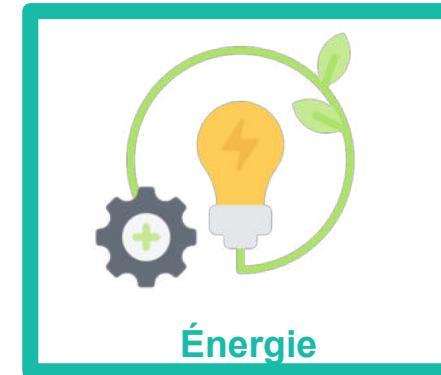
Retour

## Outil d'aide à la prise de décision



Outil d'aide à la  
décision.

# Dans quel domaine avez-vous besoin d'aide ?



# Outil d'aide à la prise de décision → Ravageurs et maladies



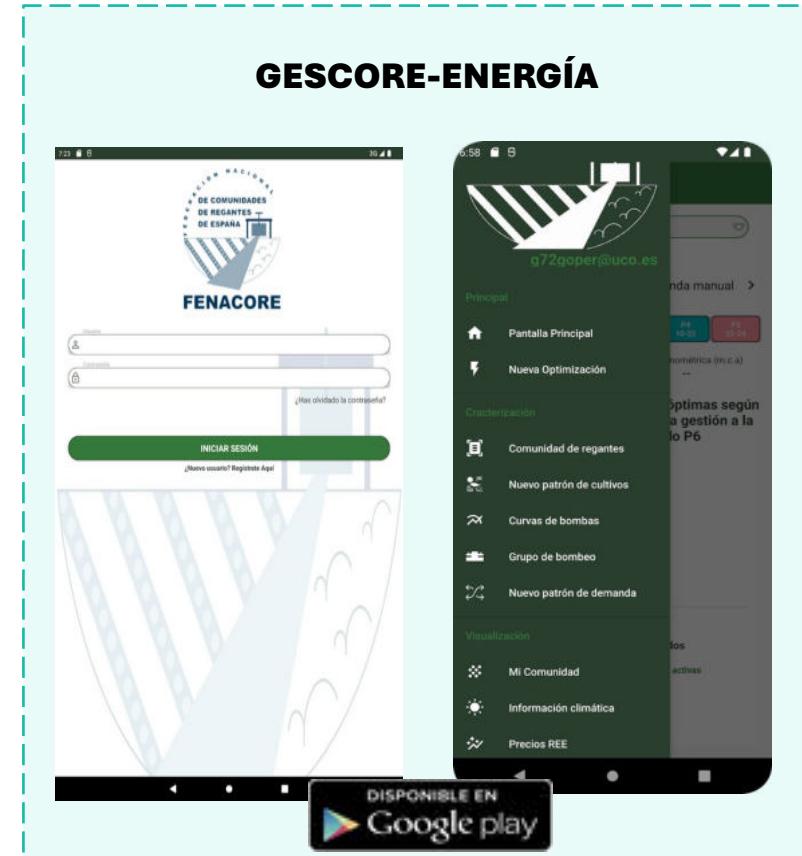
Cliquez sur les images. Celles-ci contiennent des liens vers les outils, où vous pourrez également trouver des informations sur leurs fonctionnalités.



## Outil d'aide à la prise de décision → Énergie



Outil d'aide à la  
décision.



Cliquez sur les images. Celles-ci contiennent des liens vers les outils, où vous pourrez également trouver des informations sur leurs fonctionnalités.



Irrigation

Outil d'aide à la  
décision.

# Voulez-vous que l'outil vous permette d'utiliser des informations provenant de capteurs ou une solution sans investissement dans des dispositifs ?

Solution sans investissement dans des capteurs

Recommandations utilisant des données de capteurs sur le terrain



 Accueil

 Retour

## Outil d'aide à la prise de décision → Irrigation



Outil d'aide à la  
décision.

Recommandations  
utilisant des données  
de capteurs sur le  
terrain



# IrriDesk



Europa  
invierte en las zonas rurales





Accueil

Retour

Outil d'aide à la prise de décision → Irrigation



Solution sans  
investissement dans  
des capteurs

# Irriguez-vous avec des eaux régénérées ?

OUI

NON



Accueil



Retour

## Outil d'aide à la prise de décision → Irrigation



Irrigation



Outil d'aide à la  
décision.

Solution sans  
investissement dans  
des capteurs

Irrigation avec des  
eaux régénérées

**Reutivar**  
Europa  
Mejorando en las tierras secas

DISPONIBLE EN  
Google play

  
Accueil  
Retour

# Outil d'aide à la prise de décision → Irrigation



Solution sans  
investissement dans  
des capteurs

Je n'irrigue pas avec  
des eaux  
régénérées

SiAR  
Sistema de  
Información Agroclimática  
para el Regadio

DISPONIBLE EN  
Google play

Consiguelo en el  
App Store

API

MOGRA  
COTR  
CENTRO DE COMPETÊNCIAS  
PARA O RECADO NACIONAL

www

Rural  
Cat

www

TIC4BIO  
Europa  
invierte en las zonas rurales

www

IrriDesk

API

www