



Sommaire

Outils de pilotage de l'irrigation par aspersion des grandes cultures : de l'indicateur à la méthode

Avant-propos.	1
1 - Le pilotage, c'est quoi ?.....	3
Pilotages stratégique et tactique : des raisonnements sur des échelles de temps différentes.	
Le pilotage de l'irrigation : de multiples enjeux	
2 - Météo et climat : une sémantique et des indicateurs spécifiques pour des utilisations différentes.	8
3 - Indicateurs sols	11
Qu'est-ce que l'état hydrique du sol ?.....	11
Mesurer l'état hydrique du sol à l'aide de sondes	14
Calculer le déficit hydrique du sol à l'aide du bilan hydrique.	21
4 - Indicateurs plantes	24
Période de sensibilité	24
Exploitation de l'eau du sol.	28
5 - Les règles de décision	30
6 - Comparatif des outils et méthodes existants	32
7 - Signification des sigles utilisés	34

03

Les indicateurs sols

3.1 Qu'est-ce que l'état hydrique du sol ?

Le sol, un réservoir rempli (plus ou moins) d'eau

La connaissance du sol est primordiale dans la maîtrise de l'irrigation. Il est notamment essentiel d'évaluer le plus précisément possible la taille du réservoir utilisable (RU), qui correspond à la quantité d'eau maximale que le sol peut contenir et qui peut être mobilisable par les plantes pour assurer leur alimentation hydrique et donc leur métabolisme (transpiration). Il s'agit bien d'une capacité de stockage potentielle et non d'une réserve disponible assurée (par exemple : en cas d'hiver sec, le réservoir utilisable n'est pas toujours rempli).

Pour une profondeur donnée, le réservoir utilisable correspond à l'humidité utile, c'est-à-dire la différence entre deux états hydriques du sol que sont :

- **L'humidité à la capacité au champ (Hcc)** : limite supérieure du réservoir, atteinte lorsque le sol est ressuyé après avoir été saturé (2-3 jours après une pluie). L'eau contenue dans la macroporosité ou eau de saturation est ainsi remplacée par l'air
- **L'humidité au point de flétrissement permanent (HpFp)** : limite inférieure du réservoir, atteinte lorsque les racines ne peuvent plus extraire l'eau restant dans le sol.

La réserve utilisable est quant à elle la quantité d'eau réellement disponible pour la plante. Elle peut correspondre au réservoir utilisable si celui-ci est plein.

En conduite d'irrigation, on utilise le plus souvent la notion de réservoir facilement utilisable (RFU), qui correspond à la fraction du RU pour laquelle la plante peut extraire l'eau sans limiter son fonctionnement, donc sans pénaliser son métabolisme et sa production.

Les valeurs de RFU utilisées communément correspondent aux ratios suivants :

- RFU = 2/3 du RU sur la profondeur 0 – 60 cm,
- RFU = 1/2 du RU sur la profondeur 60- 90 cm,
- RFU = 1/3 du RU au-delà de 90 cm de profondeur.

Cela dépend toutefois de la plante et de sa capacité d'absorption racinaire, ainsi que de la nature du sol et de son état de compaction notamment.

Lorsque la quantité d'eau dans le sol diminue et se retrouve inférieure à l'humidité correspondant au niveau bas de RFU, la plante commence à puiser dans la réserve de survie (RS). Cette fraction du stock d'eau plus fortement lié au sol imposera à la plante une consommation énergétique supplémentaire pour prélever l'eau nécessaire. Cette dépense se traduira par une pénalisation de sa production.

Connaître l'état hydrique du sol c'est donc connaître l'état de remplissage du réservoir afin d'adapter directement dose et fréquence des irrigations dans le cas d'un pilotage à l'aide de sondes, ou d'initialiser et calculer quotidiennement la quantité d'eau restant à la disposition de la culture dans le cas d'une approche par bilan hydrique.

Un réservoir de taille variable en fonction de multiples critères

La capacité du réservoir utilisable est directement liée aux propriétés du sol (comme la texture, la teneur en matière organique, la structure, la profondeur de la couche arable, la teneur en éléments grossiers) ainsi qu'aux propriétés des plantes (profondeur d'enracinement, capacité à extraire l'eau).

La texture et la profondeur du sol sont parmi les facteurs de variation les plus importants : à profondeur équivalente, un sol sableux (RU = 0,5 à 1,3 mm/cm de sol) peut avoir un RU jusqu'à 5 fois plus faible qu'un sol limoneux (RU = 2,4 mm/cm de sol).

Certains sols cultivés contiennent une proportion importante de cailloux (parfois jusqu'à plus de 70 %), or certains cailloux peuvent stocker et restituer de l'eau. Par exemple sur les sols argilo-calcaires caillouteux de la station du Magneraud (17), sur une profondeur de 140 cm, 60 % du RU proviennent des cailloux calcaires et 40 % proviennent de la terre fine (25 à 80 % de cailloux selon les horizons). La proportion et la nature des éléments grossiers sont donc un facteur important de variation du RU.

A noter qu'une structure compacte peut entraîner jusqu'à 30 % de perte de capacité de stockage d'eau.

Enfin la teneur en matière organique a un impact positif sur le RU mais il est de faible ampleur, tout au plus de 0,2 mm/cm de sol.

04

Les indicateurs plante

4.1 Déterminer les périodes de sensibilité au stress

Pour piloter l'irrigation d'une culture, il faut avant tout connaître l'effet d'un manque d'eau sur la physiologie de la plante à une période donnée du cycle et en évaluer les répercussions possibles sur la production ainsi que, pour certaines cultures, sur la qualité de la récolte.

Impacts d'un déficit en eau sur les plantes

Lorsque la demande en eau de l'atmosphère devient trop élevée et que la plante peine à la compenser via son absorption racinaire, la plante perd une partie de son eau interne et entre en stress hydrique. Différents processus d'adaptation (actifs ou passifs) se mettent en place dont certains ont un effet direct sur la plante et peuvent impacter son métabolisme :

- Le premier phénomène est une réponse purement physique liée à la réduction de la turgescence des tissus. Cela se concrétise par une fermeture partielle ou complète des stomates : la plante réduit ainsi les pertes en eau. Cette régulation est levée dès que l'alimentation en eau redevient satisfaisante. Cependant, en limitant l'afflux de CO₂ à l'intérieur des feuilles, la photosynthèse est ralentie ;

- Conséquence également de la diminution de la turgescence, les cellules sont contraintes de réduire leur taille et donc la surface des feuilles. La capacité du couvert à intercepter la lumière et à procéder à une photosynthèse abondante sera donc impactée. La culture réduit ainsi sa surface évaporante et sa consommation d'eau, mais également son potentiel de production de biomasse ;

- La transpiration de l'eau via les stomates a un fort pouvoir thermorégulateur. Sa réduction se traduit par une élévation de la température des tissus et des feuilles en particulier. Le développement, conditionné par des cumuls thermiques, peut alors

être accéléré et la durée calendaire des phases phénologiques est réduite, ce qui diminue également la durée de l'interception de l'énergie lumineuse, donc la photosynthèse.

Ces différents mécanismes aboutissent à des effets variables selon le stade phénologique et la composante de rendement en phase d'élaboration. Certaines phases peuvent être sensibles à un stress hydrique mais survenir à des périodes où le manque d'eau est rare ou de très faible ampleur et ne justifie jamais d'irrigation. Selon le type de production considérée, les phases de cycle les plus sensibles seront différentes :

Cas des céréales à paille (Figure 4.1.1)

La première partie du cycle (levée à début montaison) ne pose pas de problème pour les céréales à paille. Durant cette période, la seule phase réellement sensible est la germination. En France métropolitaine, l'offre climatique est le plus souvent suffisante pour couvrir les besoins en eau de cette période. De la levée à début montaison le bilan P-ETP est très souvent excédentaire en période hivernale et le front du système racinaire progresse vite et accède rapidement à des ressources supplémentaires en eau stockées dans le sol. Sauf exception (zone méditerranéenne) aucun stress n'est à redouter sur cette période.

Pendant la première partie de la montaison, d'épi 1 cm à 1-2 nœuds, la sensibilité au stress hydrique reste faible et les stress