

L'IRRIGATION DU MAÏS

MÉTHODES DE PILOTAGE DE L'IRRIGATION
EN NOUVELLE-CALÉDONIE

Edition : octobre 2015

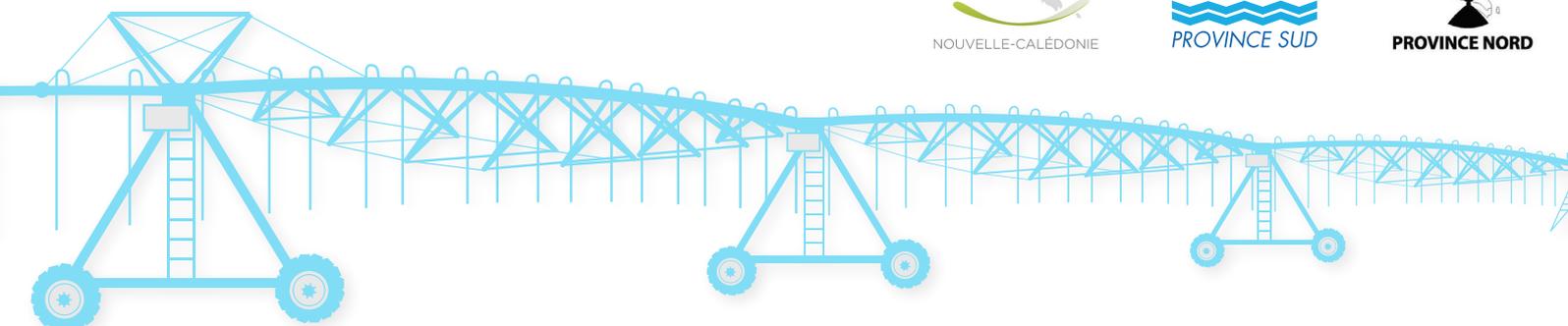


FICHE TECHNIQUE

ADECAL
TECHNOPOLE
NOUVELLE-CALÉDONIE

PROVINCE SUD

PROVINCE NORD



CYCLE DU MAÏS ET SES BESOINS EN EAU

Les besoins en eau du maïs sont de **450mm** (pluies, irrigations, réserve en eau du sol) pour une production de **10 tonnes par hectare**.

Ces besoins se répartissent différemment tout au long du cycle du maïs.

1mm de pluie ou d'irrigation = 1 litre / m²
= 10 m³ / ha = 10 tonnes d'eau sur 1 hectare

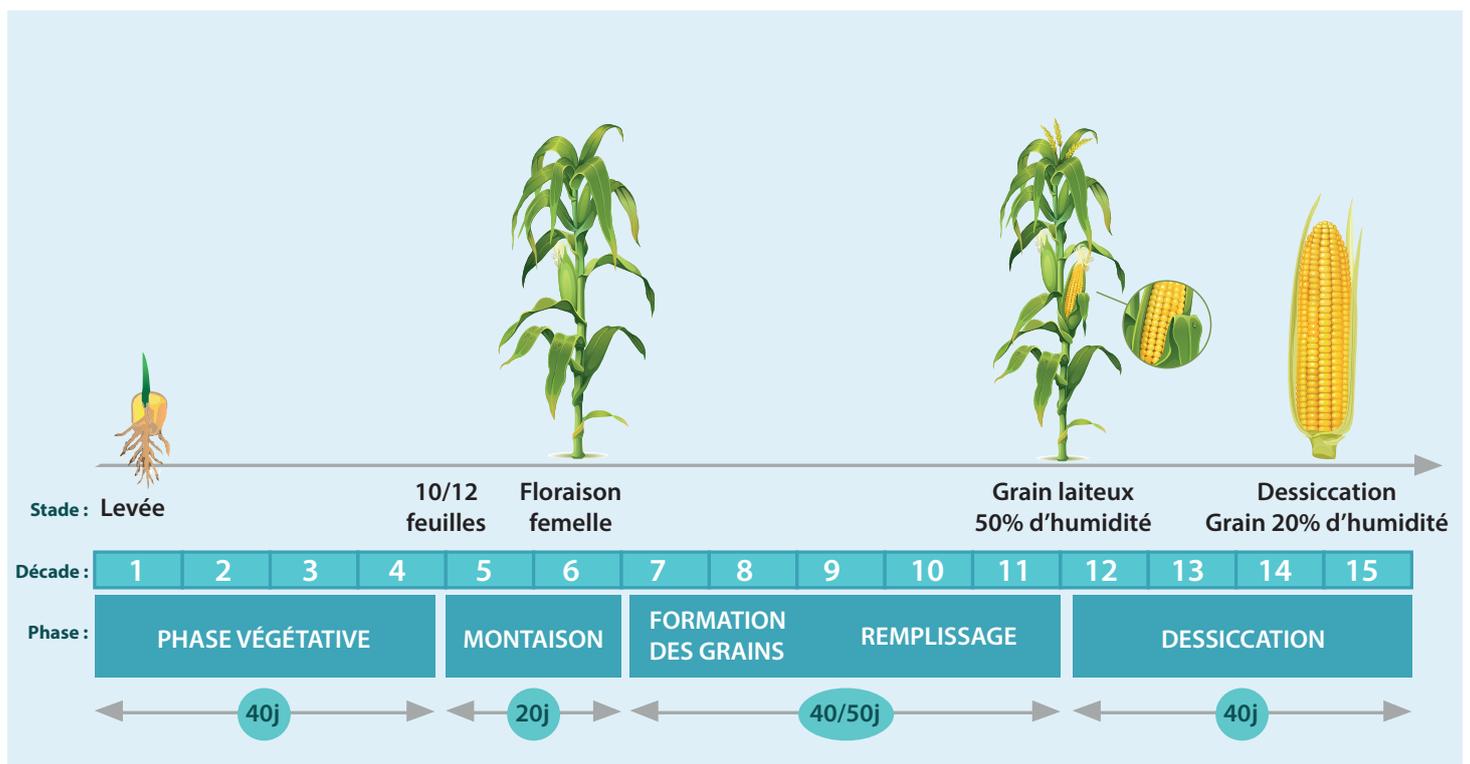
3 stades à repérer :

- ▶ 10/12 feuilles
- ▶ la floraison femelle
- ▶ le grain à 50% d'humidité

On décompose le cycle du maïs (semis d'avril à juin), sur les variétés communément utilisées en Nouvelle-Calédonie (Frontal, 606) en un cycle de 150 jours (15 décades), du semis à la récolte (grain entre 20 et 25% d'humidité), répartis comme suit :

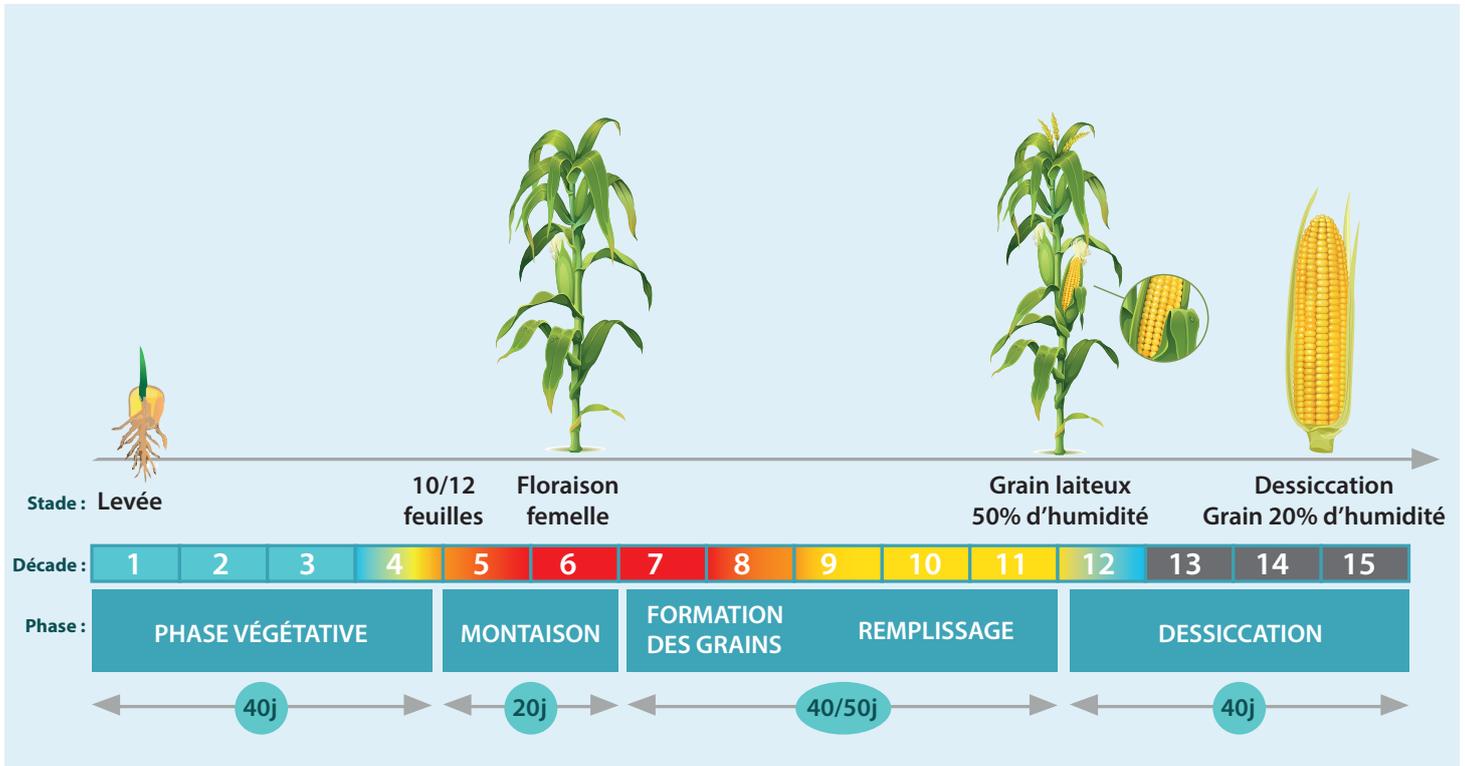
- La phase végétative, 40 jours : du semis au stade 10/12 feuilles (=0 à 40 Jours Après Semis JAS).
- La montaison, environ 20 jours : du stade 10/12 feuilles à la floraison femelle (=40 à 60 JAS).
- Le remplissage des grains : de la floraison femelle au grain à 50% d'humidité, 40 à 50 jours après la floraison (=60 à 100/110 JAS).
- La dessiccation : assèchement des grains et du pied, 40 jours environ pour arriver à 20/25% d'humidité (=100/110 à 150 JAS).

Rappel : on considère une culture à un stade donné quand plus de 50% des plants ont atteint ce stade.



CONSÉQUENCES DU STRESS HYDRIQUE

Le stress hydrique est l'un des principaux facteurs impactant le rendement. La sensibilité du maïs au stress hydrique évolue selon les stades de développement et un stress aura un impact différent en fonction de la phase.



PHASE	COMPOSANTE DE RENDEMENT IMPACTÉE	IMPACT D'UN STRESS HYDRIQUE À CE MOMENT
PHASE VÉGÉTATIVE	Densité de plants / ha	<ul style="list-style-type: none"> ► Densité de levée faible ► Levée hétérogène dans le temps
MONTAISON FORMATION DES GRAINS <i>(10 j avant la floraison jusqu'à 3 semaines après)</i>	Nombre de grains par épi	<ul style="list-style-type: none"> ► Diminution du nombre de rangs par épi ► Diminution du nombre de grains par rang ► Humidité dans la soie insuffisante -> mauvaise diffusion du pollen -> mauvaise fécondation -> ► Avortement des grains en pointe d'épi
REMPLISSAGE -> 45% d'humidité dans le grain	Poids de 1 000 grains (PMG)	<ul style="list-style-type: none"> ► Limitation du remplissage des grains
APRÈS LE STADE 45% d'humidité dans le grain	Un stress hydrique n'a plus aucun impact sur le rendement final	

Les irrigations sont donc essentielles et très valorisées par le maïs du stade 10/12 (40 JAS) au stade 45% d'humidité du grain (45/50j après la floraison), **la période la plus critique se situant autour de la floraison femelle, de 10 jours avant à 3 semaines après** sur nos variétés les plus utilisées (Frontal, 606).



Epi normal



Selon le stade du maïs, un stress hydrique prononcé aura des effets distincts sur épis :

A : Mauvaise programmation

B : « Bouchon » (autour de la floraison)

C/D/E : Stress de sévérité croissante après la floraison



D'autres facteurs peuvent donner des effets similaires et être confondus.

En cas de :

- ▶ Faible densité ou
- ▶ Nombre de rangs ou
- ▶ Nombre de grains par rang
- ➔ Le maïs peut compenser en partie par le PMG (Poids de Mille Grains)

Un stress hydrique au stade de remplissage des grains fait baisser le PMG, sans compensation possible.

➔ 30g de perdu sur le PMG = 1 tonne de perdu / ha



BIEN MAÎTRISER SA LEVÉE

Il est primordial d'obtenir une bonne levée (vigueur, homogénéité), c'est une des composantes du rendement. Ensuite, le maïs n'est que peu sensible à un stress hydrique pendant la phase végétative.

Quels que soient les cas de figure, les tours d'eau doivent être de 20mm minimum. En deçà, ils sont quasi inutiles, le sol sèche trop rapidement pour que la graine en profite.

Pour maîtriser sa levée, on distingue plusieurs cas de figure :

➤ **Sol humide, pas de déficit hydrique sur les 3 derniers mois.**

- **Cas 1** (labours) : texture fine, bonne préparation => irrigation de 20mm après semis
- **Cas 2** (labours) : texture plus grossière, préparation moins bonne (agrégats) => irrigation de 30mm au semis
- **Cas 3** (semis direct) : 1 irrigation de 20mm au semis.

➤ **Sol sec, fort déficit hydrique sur les 3 derniers mois, ETP importantes.**

On conseille une irrigation renforcée entre le semis et la levée (5 JAS maximum).

- **Cas 4** (labours) : en labours, 3 irrigations => 1 avant le semis, 1 au semis et 1 moins de 5 jours après semis. Entre 20 et 30mm (cf. cas 1)
- **Cas 5** (semis direct) : 2 irrigations de 20mm

L'eau est mieux valorisée à la levée par 2 petits tours d'eau de 20mm plutôt qu'un seul plus important.

Un semis tardif placera la zone de sensibilité la plus forte au stress hydrique en saison sèche. Le besoin en eau à combler par irrigation est le plus important.

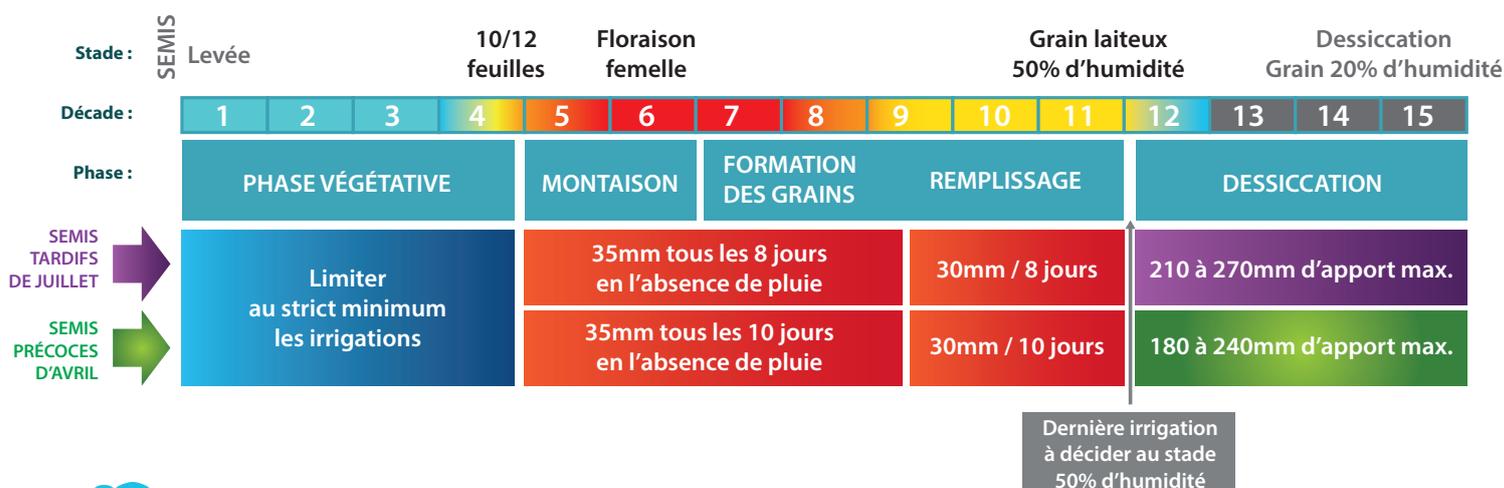


3 MÉTHODES POUR PILOTER SON IRRIGATION

1. MÉTHODE SIMPLIFIÉE

Cette méthode repose sur la méthode du bilan hydrique, d'après les essais menés en maïs sur le Territoire. Cette méthode a été élaborée à partir des ETP moyens et de résultats d'essai.

Ces essais permettent d'établir une méthode simplifiée de conduite d'irrigation, pour 2 dates de semis données : les **semis précoces d'Avril à mi-juin** et les **semis tardifs de mi-juin à fin Juillet**.



EN CAS DE PLUIE

Les irrigations sont systématiques en l'absence de pluies comme indiqué dans le schéma. Si la pluie est inférieure ou égale à 10 mm, on n'interrompt pas le tour d'eau.

Si la pluie est supérieure à 10 mm, on décale les irrigations d'une journée par tranche de 5 mm. (ex : une pluie de 15mm décale le prochain tour d'eau de 3 jours)

AVANTAGES

- ▶ En condition normale d'ETP, cette méthode procure une marge de sécurité par rapport au stress hydrique.
- ▶ On destine les irrigations principalement au moment où le maïs en a le plus besoin.
- ▶ Facile à suivre.

INCONVÉNIENTS

- ▶ Pas au plus proche des conditions réelles d'eau dans le sol (on ne tient pas compte de la réserve utile).
- ▶ Intègre les coefficients culturaux avec des ETP classiques.
En cas de saison anormalement sèche, cette méthode induira une sous-irrigation.
En cas de saison anormalement froide et/ou peu venteuse, cette méthode induira une sur-irrigation.



3 MÉTHODES POUR PILOTER SON IRRIGATION

2. MÉTHODE SIMPLIFIÉE DU BILAN HYDRIQUE

La méthode du bilan hydrique est un outil simple de suivi des besoins en eau du maïs en fonction de son cycle et des conditions météorologiques (chaleur, vent). Ces besoins doivent être comblés naturellement (par la pluie) et artificiellement si besoin (irrigation).

La relation est simple :

$$\text{Besoins de la culture (ETM en mm)} = \text{ETP (SOMME des ETP entre le dernier tour d'eau et celui à prévoir)} \times \text{Kc (du moment)}$$

SEMIS	Levée			10/12 feuilles	Floraison femelle			Grain laiteux 50% d'humidité				Dessiccation Grain 20% d'humidité			
Décades :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Kc*	0,4	0,5	0,7	0,9	1,05	1,15	1,1	1,1	1,05	1	0,9	0,8			
	PHASE VÉGÉTATIVE			MONTAISON		FORMATION DES GRAINS		REPLISSAGE				DESSICCATION			

*Kc : adapté aux variétés type Frontal, 606 : grain à 20% d'humidité à environ 150 jours

On donne ici une méthode simplifiée du bilan hydrique en fixant quelques règles de base :

- ▶ La RFU (réserve facilement utilisable) du sol n'est pas comptabilisée. S'il n'y a pas eu de pluie conséquente 30 jours avant le semis, on réalise une irrigation de : 60mm sur sol lourd, 30mm sur sol léger pour refaire à minima la réserve du sol,
- ▶ La RFU est mise à 0mm après ce tour d'eau avant semis.

On procède ensuite comme suit (cf. tableau ci-dessous) :

1. On fixe le tour d'eau à : valeur entre 25 et 40mm max, au choix de l'agriculteur et selon le type de sol.
2. On additionne les ETP (Evapotranspiration : disponible sur le site www.meteo.nc) journalières et on le multiplie par le coefficient cultural (Kc) correspondant à la phase végétative de la culture à ce moment.

Ce total indique le besoin total de la culture. On soustrait les pluies de la même période.

3. Dès qu'on arrive à une valeur positive correspondant à la valeur de notre tour d'eau, on irrigue d'autant.

En phase de stress maximal, la quantité minimale d'un tour d'eau est de 25mm en sol léger et 30mm en sol lourd, pour qu'elle soit significative, et de 40mm maximum pour éviter de créer soit un lessivage, un tassement de sol, ...

On considère que la situation concernant les besoins en eau est égale à 0 après l'irrigation post-fertilisation azotée (on écrit « 0 » dans la colonne 5 au démarrage).

Stade de la culture	Date	ETP journalière en mm	Kc de la culture	1	2	3	4	5
				Conso journalière (ETM= en mm = ETP x Kc)	Pluies en mm	Irrigation en mm	Total apports (2+3)	DÉCISION : Situation des besoins en eau (4-1)
							Report du 14/06/2014	- 24
Maïs 10/12F	15/06/2014	2.1	1.05	2.2	0	0	0	-26.2
	16/06/2014	2.4	1.05	2.5	0	0	0	-28.7
	17/06/2014	3.1	1.05	3.2	0	0	0	-31.9
Flo. Fem. 50%	18/06/2014	2.0	1.15	2.3	0	30	30	-4.2
	19/06/2014	2.1	1.15	2.4	0	0	0	-6.6
	20/06/2014	2.7	1.15	3.1	0	0	0	-9.7
	21/06/2014	3.4	1.15	3.9	15	0	15	1.4
	22/06/2014	2.4	1.15	2.7	0	0	0	-1,3

Exemple :

L'agriculteur décide de poser des tours d'eau de 30mm. Il tient son bilan hydrique jusqu'à ce que la situation des besoins en eau atteigne un déficit d'environ 30mm. Il déclenche son irrigation et l'indique ensuite dans son tableau de suivi. Les pluies sont notées également.

AVANTAGES

- ▶ On reste assez proche des besoins en eau du maïs.

INCONVÉNIENTS

- ▶ Le suivi de l'ETP est quasi journalier (données à 10j sur Météo France).
- ▶ On ne tient pas compte avec cette méthode de la réserve utile du sol qui peut, en cas de bonne pluie avant le semis, représenter jusqu'à 100mm d'eau.

3. MÉTHODE DE PILOTAGE PAR L'UTILISATION DE SONDES TENSIONNOMÉTRIQUES

Le tensiomètre mesure la tension (force) avec laquelle le sol retient l'eau, et non une quantité d'eau dans le sol. Elle représente la difficulté réelle qu'a une racine à extraire l'eau du sol.

Pour piloter l'irrigation du maïs par sonde, on installe 1 couple de sondes : une à 30cm et une 60cm. La sonde à 30 nous permet de piloter l'irrigation jusqu'au stade 10/12 feuilles. La sonde à 60 nous permet de piloter ensuite.

Installation des sondes :

Il faut les installer sur une zone de sol représentative de la parcelle et sur une parcelle en début de tour d'eau. Il faut prévoir 3 postes de 2 sondes par parcelle afin de pouvoir confirmer les mesures.

Une tarière spéciale permet d'installer les sondes qui doivent être préalablement saturées en eau 24 heures à l'avance.



Sonde à 60 cm

Sonde à 30 cm

Boitier de lecture manuel

En règle générale on prend comme mesure représentative la valeur médiane (la valeur au milieu des 3 relevés, exemple : 65Cb, 75 Cb et 80Cb, la médiane est 75Cb) des 3 sondes situées à la même profondeur (30 ou 60 cm).

- ▶ De **0 à 10** Centibars (Cb), le sol est quasiment saturé en eau.
- ▶ De **10 à 60** Cb, le sol est à une tension de confort hydrique pour le maïs.
- ▶ De **60 à 80** Cb c'est le **seuil de déclenchement des irrigations**.
- ▶ **120** Cb Tension max à ne pas dépasser pour **éviter tout stress hydrique**
- ▶ **200** Cb La RFU (Reserve Facilement Utilisable) est vide.
La plante est en état de stress permanent.

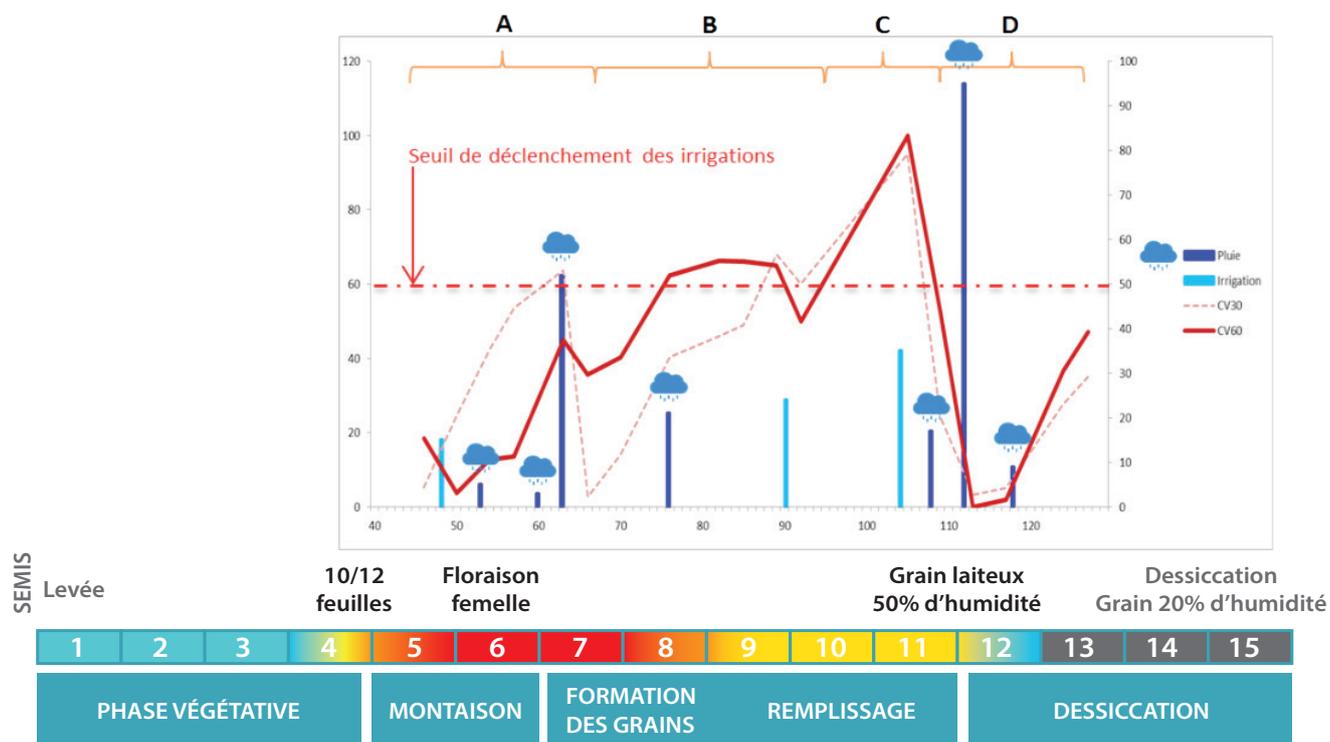
SEUILS DE DÉCLENCHEMENT DES IRRIGATIONS :

- ▶ **Stade de 7 à 12 feuilles sur tous type de sol.**
60 Cb atteint sur 2 sondes sur 3 à 30 cm
- ▶ **Après le stade 12 feuilles sur sol drainant ou superficiel.**
60 Cb atteint sur 2 sondes sur 3 à 60 cm
- ▶ **Après le stade 12 feuilles sur sol lourd ou profond.**
80 Cb atteint sur 2 sondes sur 3 à 60 cm

Le suivi tensiométrique répond avec une grande facilité et fiabilité à trois problèmes essentiels de l'irrigant :

- ▶ Quand est ce que j'effectue mon premier arrosage ?
- ▶ Quand est ce que je reprends mon irrigation après une pluie ?
- ▶ Quand est ce que je réalise mon dernier arrosage en fonction de l'humidité résiduelle de mon sol ?

Exemple de lecture des résultats :



Lors d'un arrosage ou d'une pluie, les tensions baissent si l'apport d'eau est suffisant.

- A. On constate que les premières pluies ne sont pas suffisantes. Seule la pluie de 50mm a pour effet de baisser véritablement les valeurs des 2 sondes. L'infléchissement est significatif pour la sonde de surface (à 30cm) mais pas pour la sonde en profondeur (à 60cm).
- B. La petite pluie vers 75 jours après semis ne suffit pas non plus à limiter les valeurs de sonde. A 30 et à 60cm, les valeurs grimpent et on dépasse le seuil de déclenchement des irrigations. Une irrigation est décidée à 90 jours après constat de l'insuffisance en 7ème décade. Elle n'est pas suffisante.
- C. A 100 jours, on sort même de la plage de confort du maïs (à 80 Cb). Une irrigation plus importante (35mm) est lancée à 105 jours, suivie d'une pluie de 25mm. Ces 2 épisodes suffisent à ramener les valeurs de sonde dans la plage de confort. Une pluie très importante de quasi 120mm à 112 jours ramène les valeurs des 2 sondes à 0.
- D. Cependant, les valeurs remontent rapidement, malgré une petite pluie à 117 jours. Au-delà de la 12ème décade, la culture a passé le stade du grain à 50%, une grosse pluie a saturé le sol en humidité, on ne fait pas de dernière irrigation et les valeurs de sonde n'ont plus d'importance : le maïs ne valorise plus l'eau.

AJUSTEMENT DES IRRIGATIONS :

- ▶ Les doses d'irrigations doivent être augmentées si les sondes à 60 cm continuent de monter après une pluie significative (> à 10 mm) ou une irrigation.
- ▶ Les doses d'irrigations doivent être diminuées si les valeurs des sondes à 60 cm restent stables.



À condition de suivre correctement les consignes d'installation.

AVANTAGES

- ▶ C'est la méthode de pilotage la plus précise. Elle tient compte de la RU.

INCONVÉNIENTS

- ▶ Il est impératif de suivre correctement les consignes d'installation.
- ▶ Le suivi doit être rigoureux.



FIN DES IRRIGATIONS

Quelle que soit la méthode de pilotage choisie, la fin des irrigations est la même.

Le grain de maïs ne fait plus de matière sèche à partir de 45% d'humidité dans le grain. Ensuite, le maïs ne valorise plus l'eau.

La décision de faire un dernier tour d'eau est à prendre un peu avant, au stade « grain à 50% d'humidité » :

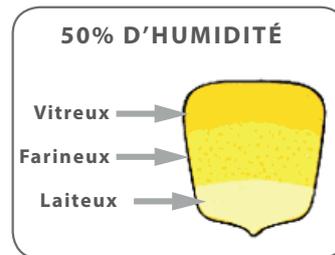
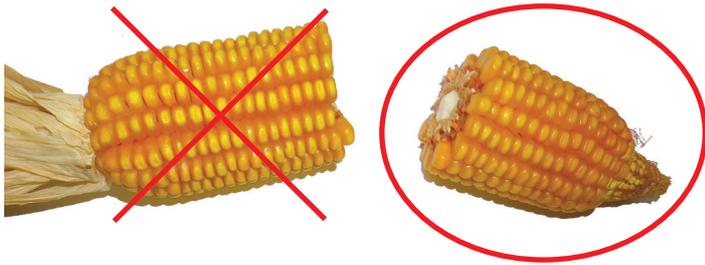
- ▶ **Cas 1** : si l'humidité du sol* est importante ou en cas de pluie annoncée, on ne lance pas de dernière irrigation.
- ▶ **Cas 2** : sinon, on lance une dernière irrigation.

L'ARRÊT TOTAL DE L'IRRIGATION SE SITUE AU STADE DE 45% D'HUMIDITÉ DANS LE GRAIN.

**Attention à la sensation d'humidité dans le sol, cf Partie Remarques et Astuces.*

Reconnaître l'humidité dans le grain :

1. Casser un épi en 2, jeter la base.
2. Regarder les grains au niveau de la cassure du morceau gardé (le bout de l'épi).
3. Lorsque 1/4 du grain est vitreux (jaune brillant) : grain à 50% d'humidité



REMARQUES ET ASTUCES

SEMIS :

En cas de sol sableux/sablo-limoneux + ETP élevée : semer plus profond (4/5cm).

Rappel : le maïs valorise mieux pour sa levée 2 petits tours d'eau de 20mm qu'un seul plus conséquent

LEVÉE / STADE 10/12F :

En conditions climatiques normales : ne pas sur-irriguer jusqu'au stade 10/12F.

En cas de sur-irrigation, le maïs ne développera pas ses racines en profondeur.

Les plants deviendront plus sensibles avec un système racinaire moins performant.

FLORAISON :

Ne surtout pas arrêter les irrigations pendant la floraison, c'est la phase de sensibilité maximale du maïs !

L'irrigation ne fait pas tomber le pollen.

COMPOSANTES DE RENDEMENT et COMPENSATION :

Le maïs a une faculté, tout au long de son cycle, à compenser en partie les pertes de rendement.

Une mauvaise levée entraînera une densité de pieds plus faible à l'hectare.

Certaines cultures compensent en tallant (blé, riz). Les plants de maïs compenseront avec des épis plus gros. Des ovules avortés sur l'épi seront en partie compensés par des grains plus gros sur l'épi. Mais une fois le nombre de grains programmé, il ne reste plus qu'aux grains à grossir.

C'est le PMG, la dernière composante de rendement. Toute perte à ce niveau ne pourra plus être compensée par la suite, c'est la fin de l'élaboration du rendement.

SOL :

Attention aux sensations d'humidité au toucher : pour un sol argileux, l'impression de sol humide est à 30% d'humidité dans le sol, pour un sol sableux, on a cette sensation à seulement 5% !

