

L'ESSENTIEL DU MAÏS GRAIN



Guide technique pour
réussir votre culture



A BRAND OF
MAÏSADOUR

masseeds
UNITED TO GROW

Sommaire

LES ATOUTS DU MAÏS GRAIN

Les Atouts du maïs grain	P. 5
Le maïs : une céréale incontournable	P. 6
Pourquoi utiliser des hybrides?	P. 8

PHYSIOLOGIE DU MAÏS GRAIN

Caractéristiques physiologiques	P. 11
Les besoins du maïs en température	P. 12
La texture des grains de maïs	P. 14
Les stades clés du maïs	P. 16
L'élaboration du rendement du maïs	P. 16
Les 8 stades clés du maïs	P. 17

LA CULTURE DU MAÏS GRAIN

Le semis P. 22

Qu'est-ce qu'un bon semis? P. 22

Deux avantages au semis précoce P. 24

La vitesse de semis et un mauvais réglage du semoir pénalisent la densité P. 25

Les stratégies de désherbage du maïs P. 27

Fertilisation et irrigation P. 28

La fertilisation azotée P. 28

La fertilisation phospho-potassique P. 32

L'irrigation P. 33

La récolte P. 34

Un compromis entre quantité, qualité, séchage et conditions locales P. 34

Conseils pour l'entreposage de la récolte P. 35

Données météo sur l'Europe P. 35

LES RAVAGEURS ET MALADIES

Calendrier des insectes du maïs P. 38

Calendrier des maladies du maïs P. 42



LES ATOUTS DU MAÏS GRAIN



Pourquoi le maïs est une céréale incontournable ?

Pourquoi utiliser des hybrides?



LE MAÏS : UNE CÉRÉALE INCONTOURNABLE

Dans les 20 prochaines années, la demande en grains va augmenter en raison de l'accroissement de la population et de l'élévation des niveaux de vie dans les pays émergents, qui s'accompagne d'une évolution de la demande vers plus de produits animaux. Pour faire face à ces besoins, la production mondiale de maïs devrait augmenter de 50% d'ici à 2050... pendant que les surfaces de terres arables diminueront de 24% !

Le maïs, première céréale cultivée au monde, présente de nombreux atouts pour relever ce défi :

Produire plus avec la même quantité d'eau que les autres grandes cultures, grâce à son exceptionnelle efficacité vis-à-vis de l'eau et son potentiel de production.

Produire mieux de par ses exceptionnelles qualités d'adaptation et en se montrant particulièrement économe en traitements (1.75 passages de pulvérisateur en moyenne par culture).

Produire utile pour l'environnement, en respectant le climat et la biodiversité.

Produire varié et utile pour la société, avec de nombreux débouchés dans des filières d'avenir.



Toutes ces qualités ont été largement renforcées par l'amélioration génétique et font du maïs une culture phare de l'agriculture durable!

Le maïs est surtout destiné à :

- l'alimentation animale (70% des quantités produites en Europe),
- l'industrie de l'amidon (20%),
- la semoulerie (8%).

L'importance du grain de maïs en alimentation animale tient à sa richesse en énergie provenant de sa teneur en amidon (66-70%) et en matière grasse (4,7%).

Il est la plus énergétique de toutes les céréales (mais relativement pauvre en protéine et en calcium).



POURQUOI UTILISER DES HYBRIDES?

Le potentiel

Semer des hybrides permet dans la plupart des cas de multiplier le rendement de la parcelle par 6.

La stabilité et la fiabilité

Avantages des hybrides:

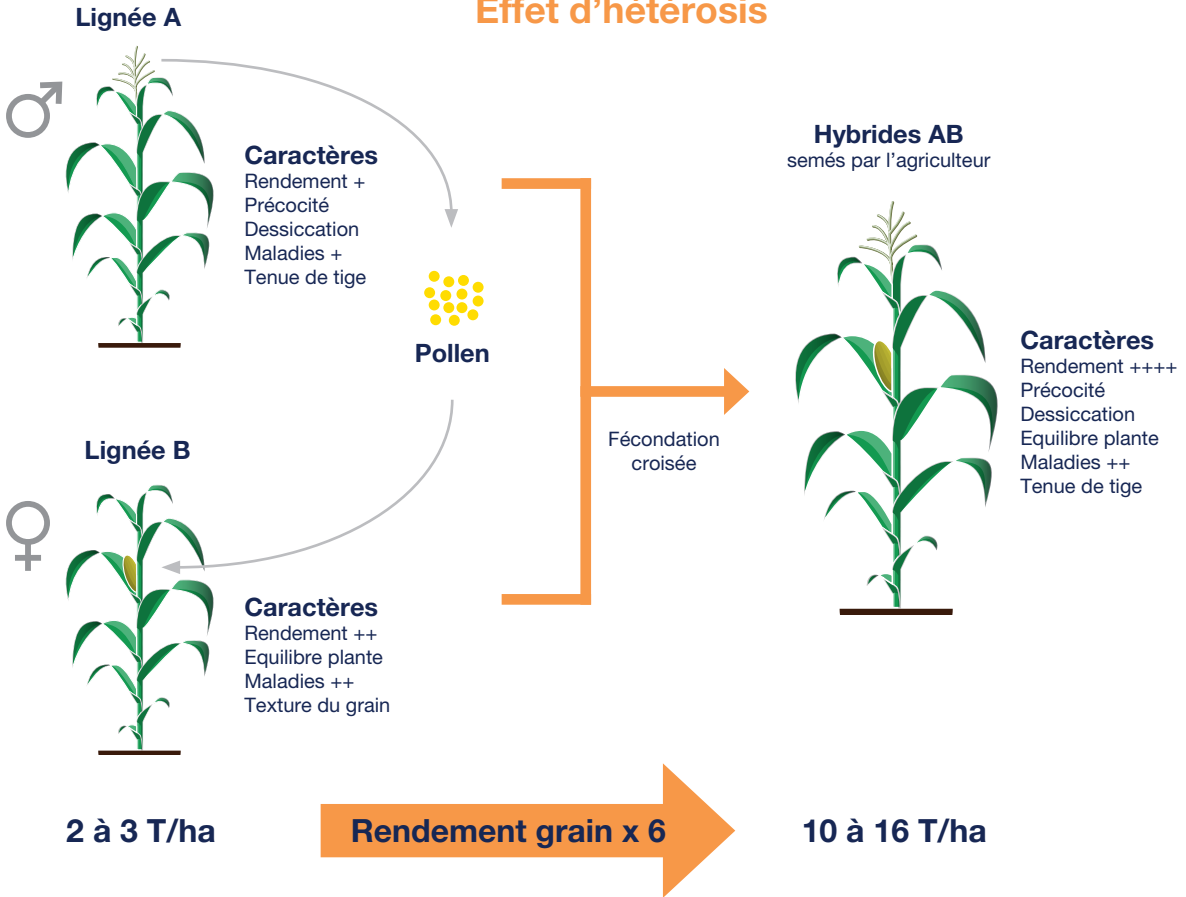
- Meilleure régularité de rendement
- Meilleure tolérance aux maladies
- Meilleure tolérance aux stress

L'effet d'hétérosis, nommé également vigueur hybride, se traduit par un gain de performance. L'hybride exprime le meilleur des 2 parents et un bonus transmis sur de nombreux caractères agronomiques. L'effet hétérosis est d'autant plus grand que les populations de départ sont éloignées génétiquement.



Autofécondation de lignées élites

Effet d'hétérosis



Notes

PHYSIOLOGIE DU MAÏS GRAIN



Quels sont les besoins du maïs en température ?

Quels sont les composantes de rendement ?

Quels sont les stades clés de la culture ?



LES BESOINS DU MAÏS EN TEMPÉRATURE

Plante d'origine tropicale, le maïs a été sélectionné pour les régions septentrionales, mais reste exigeant vis-à-vis des températures

- Le zéro de végétation est voisin de 6 °C.
- La levée nécessite une température du sol supérieure à 10°C.
- Il faut 80°C (base 6°C) du semis à la levée.
- Il faut 44°C (base 6°C) pour faire une feuille.

Calcul des températures efficaces (degrés/jour) base 6°C

Calcul des T° efficaces/jour =
 $((T^{\circ}\text{max} + T^{\circ}\text{min})/2) - 6$

NB: Si T°max >30°C, utiliser la valeur 30 pour le calcul

$$\begin{aligned} \text{Ex : } T^{\circ}\text{max} &= 24^{\circ}\text{C} & T^{\circ}\text{min} &= 10^{\circ}\text{C} \\ T^{\circ}\text{ efficace} &= ((24+10)/2) - 6 \\ &= 17 - 6 = 11^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

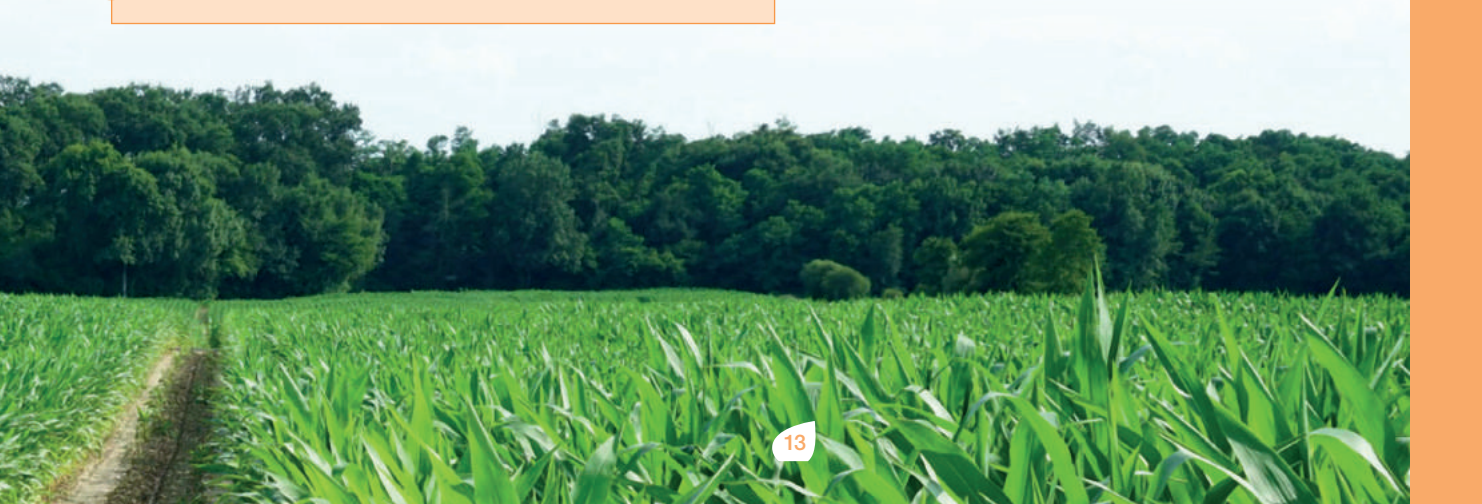


Besoin pour une base de température de 6°C selon les précocités de FAO (indice de précocité international)

	FAO 180-220	FAO 220-280	FAO 280-380	FAO 380-480	FAO 480-560	FAO 560-700
Besoins en degrés jours (base 6°C) du semis à la récolte (32% de teneur en eau du grain)	1 650- 1 555	1 775- 1 655	1 875- 1 775	1 925- 1 880	2 000- 1 930	2 200- 2 005
Nombre de feuilles totales	15-16 f	16-17 f	17-18 f	18-20 f	19-21 f	20-22 f



Besoin de température pour gagner un point de matière sèche (MS) en fourrage: 22°C (base 6°C)



LA TEXTURE DES GRAINS DE MAÏS

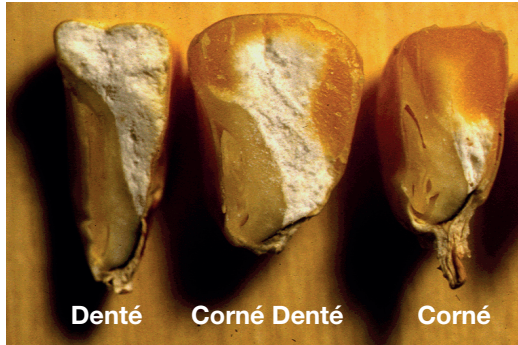
- Le grain de maïs renferme majoritairement de l'amidon qui peut être vitreux ou farineux.
- La texture du grain a bien sûr une influence sur le type d'amidon.

Type de grain	Denté	Corné origine Europe	Corné - Denté
Type d'hybrides	FAO 280 à 700	Précoces	FAO 180 à 300 hybrides issus des 2 autres familles
Aspect du grain	Plat et plutôt long, se rétracte à maturité donnant au grain une forme de denture au sommet du grain	Rond et souvent orangé, ne se rétracte pas à maturité	Grande diversité des textures avec grains plutôt dentés à plutôt cornés
Amidon	Farineux	Vitreux	Vitrosité intermédiaire et digestibilité de l'amidon plus lente en ensilage
Intérêt de la génétique	Potentiel rendement et qualité de dessiccation	Précocité et tolérance au froid	Créneaux précoces pour mixer tolérance au froid et potentiel de rendement
Utilisation	Alimentation animale		
	Amidonnerie	Industrie de la semoulerie et corn flakes	Semoulerie



Coupes de différents types de grains de maïs

Albumen farineux Albumen vitreux



Grain denté

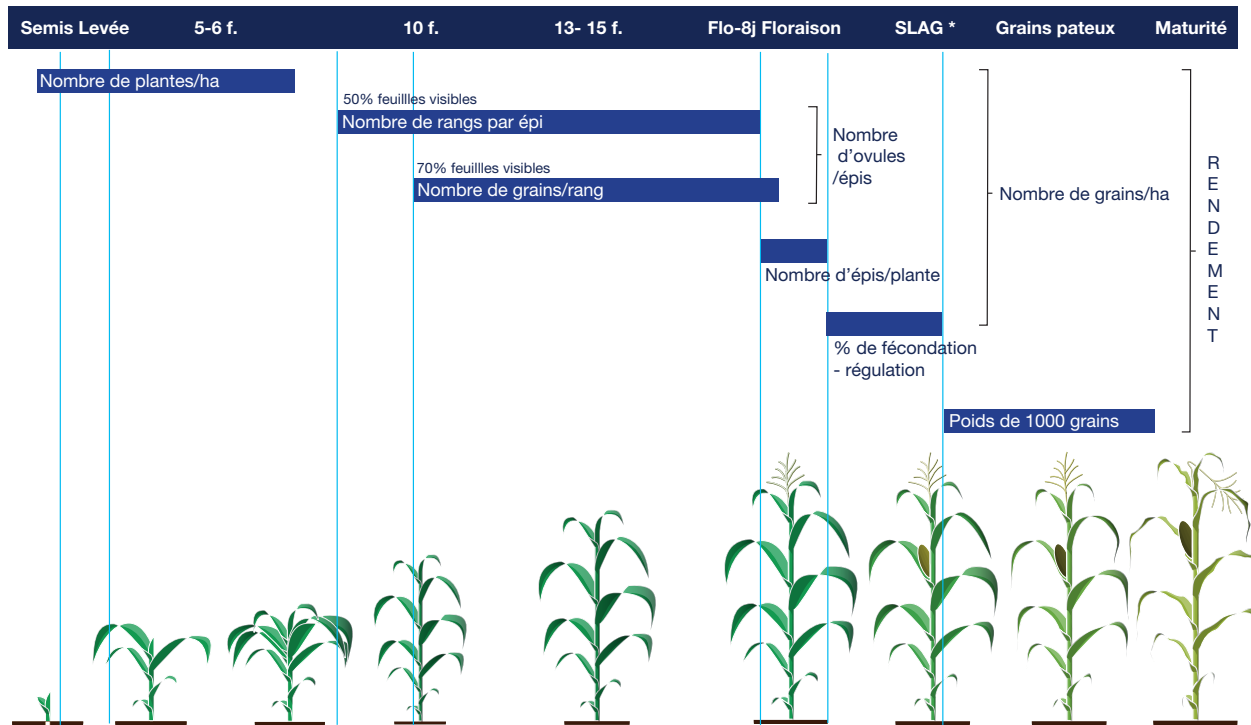


Grain corné



L'ÉLABORATION DU RENDEMENT DU MAÏS

L'élaboration du rendement du maïs grain se fait du semis jusqu'au stade 32% d'humidité.



SLAG: Stade limite d'avortement du grain

LES 8 STADES CLÉS DU MAÏS

1. L'émergence

- **Besoin de 10°C dans le sol pour germer**
- Besoin d'une terre suffisamment fine et humide autour de la graine
- Plus le sol est chaud et plus la levée est rapide



2. Stade 4-5 feuilles : Sevrage

- Apparition de nouvelles racines (coronaires)
- La plante n'est plus dépendante des réserves de la graine : elle est sevrée
- Sensibilité aux carences (phosphore)
- **Mise en place de la densité définitive**



3. Stade 8-10 feuilles : Initiation des épis (ovule)

- **Initiation des épis (nombre de rangs)**
- 10 feuilles : Stade d'élongation = besoin en eau et éléments nutritifs
- Sensibilité aux T° froides (<8°C), au faible rayonnement et à l'application d'herbicides



4. Panicule visible

- **Stade qui détermine le nombre d'épis par plante, le nombre d'ovules est à 90% déterminé**
- Stade de grande sensibilité au manque d'eau et d'azote





5. Floraison femelle

- Fécondation des ovules par le pollen
- Forte sensibilité au déficit hydrique et hautes températures:
 - sensibilité du pollen et des soies aux températures élevées ($>40^{\circ}\text{C}$)
 - absence de sortie des soies
 - problème de fécondation
 - développement des grains perturbé



6. Stade limite d'avortement des grains (SLAG)

- 250dj après la floraison, soit environ 3 semaines. Au-delà de ce stade les avortements de grains ne sont plus possibles.
- Le nombre de grains est définitif.
- Ce stade marque la fin de la sensibilité maximale au stress hydrique



7. Stade 50% d'H₂O = stade grains pateux

- Stade du dernier tour d'irrigation
= stade de 32% de MS plante entière



8. Stade 32% d'H₂O

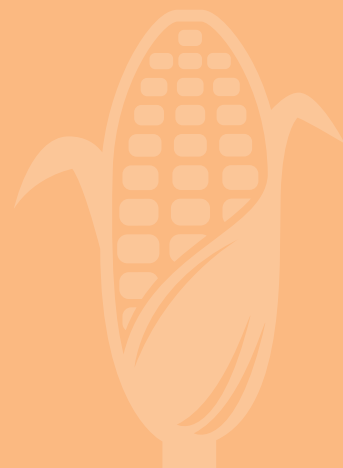
- **Maturité physiologique du grain : fin du remplissage**
- Formation du point noir : fermeture des vaisseaux entre grains et rafle



LA CULTURE DU MAÏS GRAIN



Interventions culturales :
Quand et Comment ?



QU'EST-CE QU'UN BON SEMIS?

Le maïs est une plante à cycle court. Les problèmes de levées et d'enracinement se rattrapent très difficilement. De la germination au stade 4 feuilles, les facteurs limitants du maïs sont le froid, l'excès d'eau et les parasites (taupins, limaces, vers gris...). Ils peuvent avoir une incidence non négligeable sur le peuplement et le rendement.

Précocité	Densité
FAO 180-280	80 - 110 000 gr/ha
FAO 280-480	70 - 90 000 gr/ha
FAO 480-700	65 - 80 000 gr/ha



Pour maximiser vos rendements :

- Privilégier les semis précoces qui ont souvent de meilleurs rendements
- Surveiller la vitesse de semis. Plus le semis est lent, plus il est précis
- Semer dans un sol ressuyé au minimum à 10°C
- Mettre la graine dans la fraîcheur, à une profondeur de 4 à 7 cm
- Adapter la densité au type de précocité et de sol



Une profondeur de semis régulière

- Mettre les graines à la même profondeur, 4 cm, dans la fraîcheur
- Lit de semences avec de la terre fine (attention au risque de battance en sol limoneux)
- Quelques petites mottes en surface
- Un bon niveau d'humidité autour de la graine

Un semoir en très bon état

- Pneus gonflés à 2 kg/cm²
- Socs ouvre sillons en très bon état pour une ouverture en V
- Aspiration des éléments semeurs parfaite
- Enterrage parfait et réglages des chasse mottes



Pour un bon semis :

- Contrôle régulier des réglages et distribution
- Respect des densités et des profondeurs de semis adaptée au sol

Une distribution des semences sur la ligne maîtrisée

- Densité vérifiée et maîtrisée : modifier le taux de semis pour l'adapter à chaque champ. Tenir compte du potentiel de rendement de chaque champ dans les critères utilisés pour déterminer le taux de semis approprié.
- Pas de doubles ni de manques

DEUX AVANTAGES AU SEMIS PRÉCOCE

Les meilleurs rendements se font très régulièrement sur les semis précoces. Il faut donc anticiper les travaux de fumure et de travail du sol pour être prêt fin mars début avril.

Ces semis précoces présentent aussi l'avantage d'être moins humides à la récolte et permettent donc des économies de séchage. Mais semer trop tôt peut nuire aussi aux rendements.

Le maïs germe et se développe quand la température du sol atteint 10°C. À des températures inférieures à celles indiquées précédemment, la semence demeurera en dormance et deviendra plus vulnérable aux attaques des maladies, des insectes et des animaux prédateurs.

Il est donc conseillé de prendre la température de son sol, d'examiner les prévisions sur cinq ou sept jours et de voir si les prévisions météo s'avèrent favorables.

Température du sol	Température efficace/j	Nb de jours de levée
10°C	4	20 - 22 j
11°C	5	16 - 18 j
12°C	6	13 - 15 j
13°C	7	12 - 13 j
16°C	10	8 - 10 j
21°C	15	5 - 7 j

Dynamique de levée du maïs en fonction de la température du sol

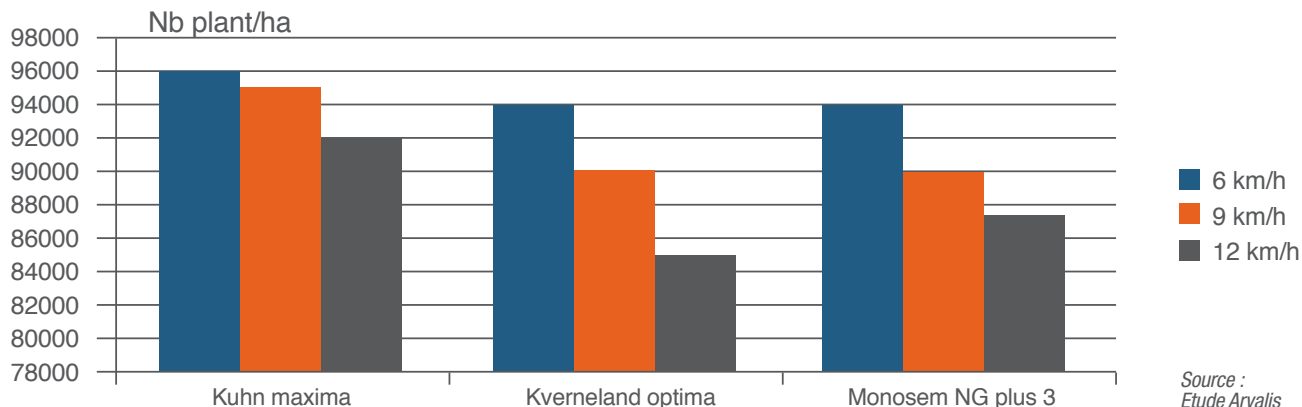
LA VITESSE DE SEMIS ET UN MAUVAIS RÉGLAGE DU SEMOIR PÉNALISENT LA DENSITÉ

La vitesse idéale de semis est normalement entre 5 et 7 km/h. Semer à trop grande vitesse provoque plus de manques, plus de doublons et une profondeur de semis inégale.

Le graphique suivant montre la perte de densité à différente vitesse et avec différents semoirs.

Des nouveaux semoirs arrivent sur le marché et annoncent qu'ils peuvent semer à plus de 12 km/h (Verderstad tempo, Amazone EDX...)

Pertes de plantes en fonction de la vitesse de semis liées à une hétérogénéité de semis



LES STRATÉGIES DE DÉSHERBAGE DU MAÏS

Différentes stratégies de désherbage s'offrent à l'agriculteur en fonction de la flore présente sur la parcelle

Une parcelle à désherber : Utiliser un produit en prélevée et un produit en post-levée

Une parcelle assez facile à désherber (ou à rotation longue) : Utiliser un produit en prélevée

Désherbage à vue : Utiliser un ou deux produits en post-levée

Stratégie de désherbage

	Pré-levée	Post-levée
Type de produits	Antigerminatifs à spectre large	Produits en plein jusqu'à 7-8 feuilles du maïs puis utilisés en dirigé après ce stade
Type de sol	Sol humide à ressuyage lent ou difficulté à rentrer dans la parcelle	A utiliser sur sol riche en matière organique Problème de rémanence des pré-levées
Utilisation/ Avantages	A préférer si forte présence de graminées	Peut être une stratégie (tout en post) de traitement à vue des herbes. Permet de lutter contre les vivaces
Remarque	Eviter de désherber sur maïs pointant (risque de phytotoxicité), et après le stade 7 feuilles du maïs avec certains produits (sulfonylurées). Un traitement à ce stade peut provoquer des stress et des stérilités des épis et des panicules	



Tous les éléments minéraux ont un rôle à jouer tout au long de la culture du maïs et un apport optimum de ceux-ci contribuera à atteindre les meilleurs rendements.

LA FERTILISATION AZOTÉE

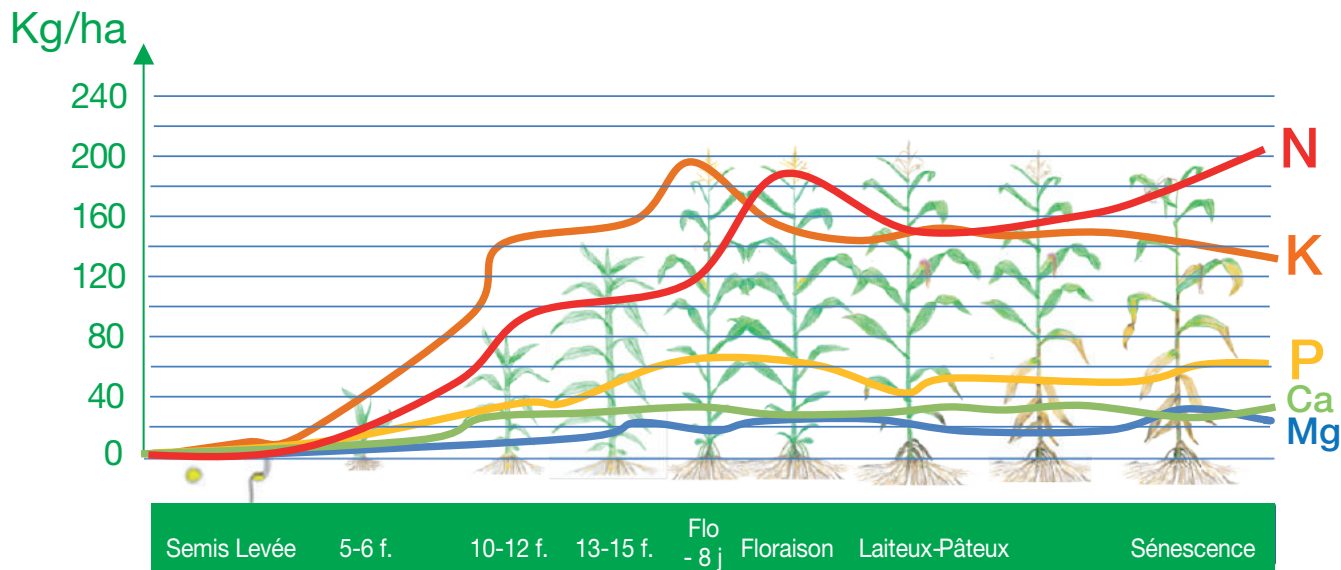
La période de végétation du maïs coïncide avec le moment où la minéralisation des matières organiques est optimale, surtout si l'eau n'est pas un facteur limitant.

La quantité d'azote à apporter =
besoins en fonction de l'objectif de rendement

⊖
fournitures du sol



Les principaux besoins en minéraux du maïs et leur évolution au cours du développement



Besoin en azote en fonction du potentiel

Maïs grain	Besoins en azote (kg/q)
< 100 qx/ha	2,2
> 100 qx/ha	2

Quelques repères : estimations des doses d'azote à apporter sur maïs grain (sur situations ne recevant pas d'apport organique)	Objectif de rendement Maïs grain	
	80 qx/ha	100 qx/ha
Sol superficiel pauvre en MO (< 1,5%)	130-180 U/ha	170-190 U/ha
Sol moyennement fertile (> 2% et < 5%)	110-130 U/ha	150-170 U/ha
Sol fertile riche en MO (> 5%)	80-100 U/ha	100-120 U/ha



Le fractionnement des apports d'azote est fortement conseillé, car le maïs n'absorbe pratiquement pas d'azote le 1er mois de végétation. A partir de 8 feuilles le maïs doit avoir de l'azote en quantité suffisante. On conseille d'apporter entre 20 et 50 unités au semis et de compléter au stade 7-8 feuilles.

Conseils d'usage des différentes formes d'azote

Type d'engrais	Unités d'azote dans 100 kg	Utilisation après la levée du maïs		
		Apport en plein	Apport en localisé	Enfouissement
Ammonitrate	27 ou 33,5% d'N • 50% en nitrates • 50% en ammoniac	Déconseillé après 5 feuilles (brûlure)	Recommandé	Conseillé surtout si le sol est sec
Urée	46% d'N • 100% en urée	Possible sur feuilles sèches et incorporation recommandée	Possible	Recommandé pour éviter la volatilisation
Ammoniac anhydre	82 dont 100% en ammoniac	Non	Obligatoire : Éviter les sols trop secs (volatilisation) et sols trop humides (lissage de la terre et évaporation de l'ammoniac)	
Solution 39	39 U d'N au 100 l • 25% de nitrates • 25% ammoniac • 50% urée	Non	Obligatoire : Utiliser des tubes de descente	Recommandé

LA FERTILISATION PHOSPHO-POTASSIQUE

La culture utilise une faible part des engrais phosphorique et potassique apportés l'année même.

Les exportations de phosphore sont de 0,6 kg P205/q de grains et de potasse 0,5 kg K20/q de grains.



Oligo-éléments

Surveiller les carences en manganèse, magnésium ou zinc dans des sols trop acides ou trop basiques

Quelques repères : estimation de fertilisation phospho-potassique

Maïs grain	Fertilisation Phosphorique (P)		Fertilisation Potassique (K)	
	80 qx/ha	110 qx/ha	80 qx/ha	110 qx/ha
Objectif de rendement	80 qx/ha	110 qx/ha	80 qx/ha	110 qx/ha
Sol bien pourvu	50-55 U	40-85 U	20-45 U	40-65 U
Sol normalement pourvu sans apport de fumure	45-55 U	80-90 U	45-55 U	70-80 U



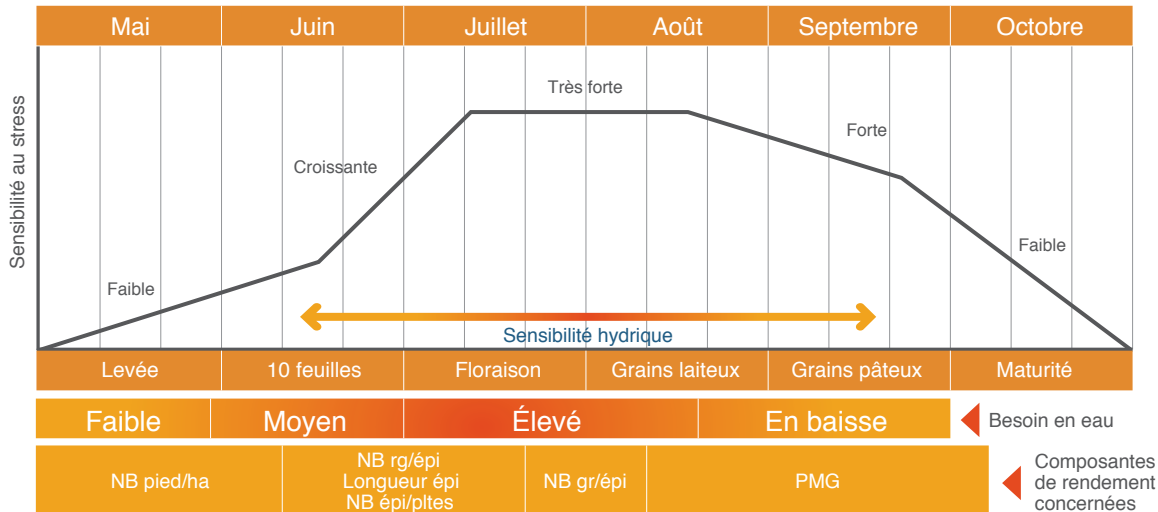
L'IRRIGATION

Le maïs est majoritairement cultivé en pluviale.

25% des surfaces de maïs en Europe sont irriguées. Le maïs est très sensible au déficit hydrique sur la période allant de 20 à 30 jours avant la floraison (stade 8-10 feuilles) jusqu'à 10-15 jours après et même pendant la phase de remplissage du grain (de fin juin à mi-août). En situation irriguée, en fonction du sol et de la climatologie de l'année, il faut donc prévoir :

	Avant Floraison	Floraison	Après Floraison
Nombre de tours d'eau	2	1	2 à 3
mm	25 à 30	25 à 30	25 à 30

Besoin en eau du maïs tout au long de son cycle



UN COMPROMIS ENTRE QUANTITÉ, QUALITÉ, SÉCHAGE ET CONDITIONS LOCALES

- Visez un taux d'humidité qui permettra à la fois de limiter les pertes au champ (verses ou chutes d'épis) et de maintenir les coûts de séchage à un niveau acceptable.
- Le rendement optimum est atteint dès que le transfert des assimilés est terminé (point noir).
- Le poids de 1000 grains est alors au maximum pour le nombre de grain/m².
- Réglez la batteuse de façon à limiter les dommages au grain et à maximiser le nettoyage.
- Broyez finement et rapidement après récolte (le jour même si possible afin de détruire efficacement les chenilles présentes dans la tige : pyrales, sésamies).
- Disquage rapide pour incorporer les tiges broyées et favoriser leur dégradation.



CONSEILS POUR L'ENTREPOSAGE DE LA RÉCOLTE

- Abaissez à 13-14% le taux d'humidité du grain avant l'entreposage.
- Conservez le grain au frais (0 à -6 °C).
- Vérifiez périodiquement la température, l'apparition de points chauds ou zones humides et la présence d'insectes.

DONNÉES MÉTÉO SUR L'EUROPE

Moyenne année 2000-2010

En grain, nombre de jours permettant de perdre 1 pt (22°C base 6)	Nombre de jours pour perdre un point d'humidité												
	France	Allemagne	Pologne	Belgique	Autriche	Rép. Tchèque	Hongrie	Roumanie	Italie	Espagne	Bulgarie	Ukraine	Russie
	Paris	Munich	Poznan	Bruxelle	Vienne	Prague	Budapest	Bucarest	Milan	Madrid	Pleven	Klev	Krasnodar
Du 15 au 30 août	1,6	1,9	2,6	1,8	1,6	1,8	1,5	1,3	1,2	1,1	1,3	1,6	1,2
Du 1 au 15 sept.	1,8	2,3	4,2	2,1	2,0	2,3	1,8	1,6	1,5	1,4	1,7	2,3	1,6
Du 16 au 30 sept.	2,2	3,0	7,0	2,6	2,4	3,0	2,2	1,9	1,8	1,5	2,1	3,0	1,9
Du 1 au 15 oct.	3,5	7,0	7,0	4,2	4,7	8,0	3,8	3,5	3,0	2,4	3,2	8,0	4,1

LES RAVAGEURS ET MALADIES



Quels sont les ravageurs et maladies les plus courantes du maïs ?



CALENDRIER DES INSECTES DU MAÏS



Semis	Levée	3-4 f.	5-6 f.	10-12 f.	Floraison	Laiteux-pateux		Sénescence	
Mars	Avril		Mai	Jun	Juliet	Août	Sept.	Oct.	Nov.
Mouche du semis				Diabrotica					
Taupin									
Scutigérelle				Pucerons					
Vers gris									
				Oscinie		Héliothis			
				Cicacelle					
				Sésamie 1 ^{ère} gén.		Sésamie 2 ^{ème} gén.			
Nématodes				Pyrales 1 ^{ère} gén.		Pyrales 2 ^{ème} gén.			

MOUCHES DU SEMIS

Germination



Larves sur graines

OSCINIES

Levée au stade 4-5 feuilles



Feuilles et plantes endommagées

SÉSAMIES

1ère génération : 3 à 10 feuilles
2ème génération : floraison à récolte



Larves et papillon

TAUPINS

Semis au stade 8-10 feuilles



Racines et plantes endommagées

CICADELLES

Mai à juillet



Virus MRDV provoqué par la cicadelle

PUCERONS

Juin à septembre



Puceron sur feuilles

SCUTIGÉRELLE

Mars à mai



Insectes sur racines

DIABROTICA - CHRYSOMÈLE

10 feuilles à fin floraison



Larve et adulte

PYRALES

1ère génération : 10-12 feuilles à fin flo

2ème génération : Floraison à récolte



Larves et papillons

NÉMATODES



Racines atrophiées à droite

VERS GRIS

Semis au stade 8-10 feuilles



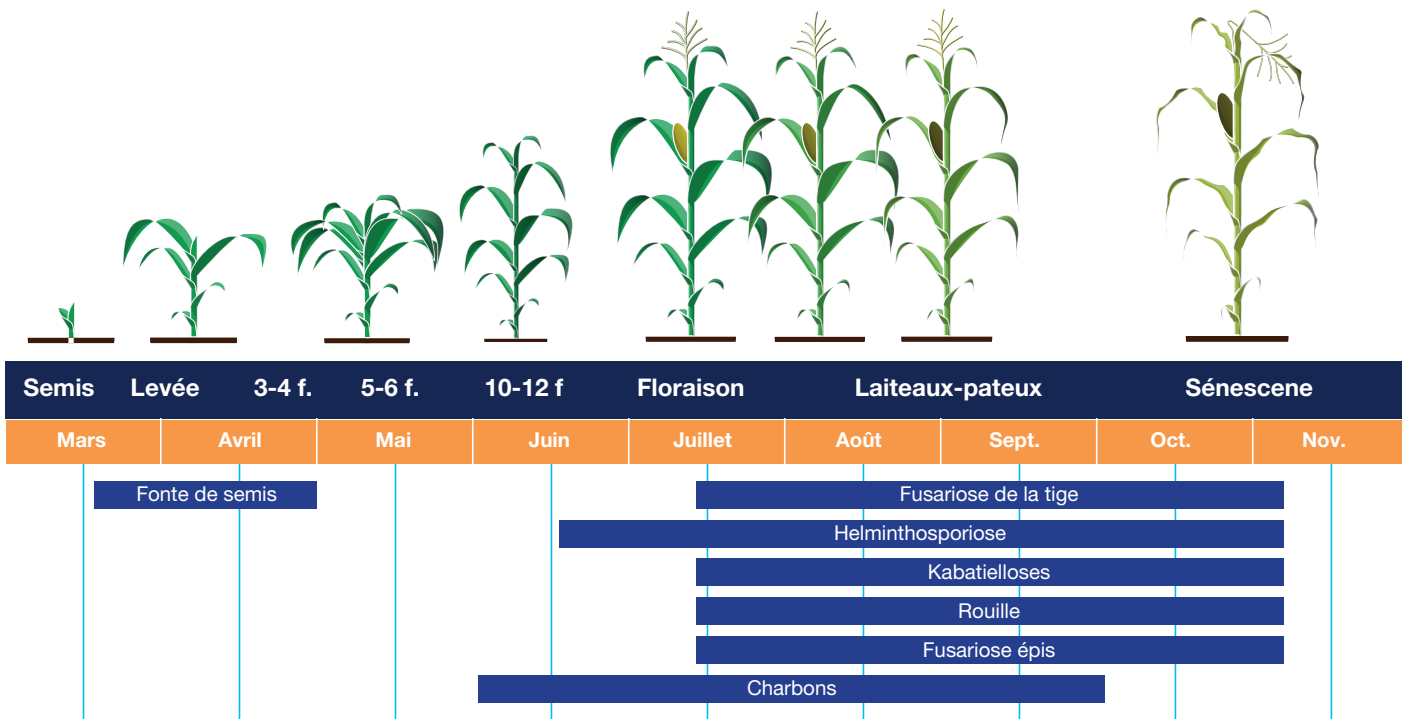
Tiges et plantes endommagées

HÉLIOTHIS

Floraison à récolte



CALENDRIER DES MALADIES DU MAÏS



FONTE DES SEMIS

Germination



Pythium, Fusarioses...

FUSARIOSE DE LA TIGE

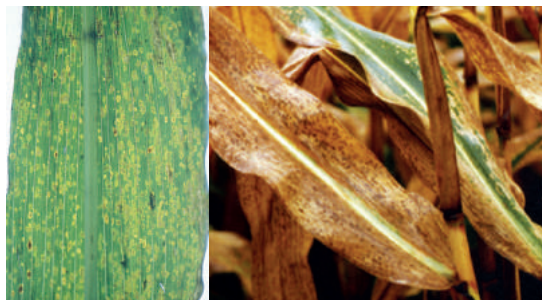
Semis au stade floraison à maturité



Tige et plantes endommagées

KABATIELLOSE

Juin à septembre



Feuilles et plantes endommagées

CHARBONS COMMUNS (Ustilago)



INFLORESCENCE (Sphacelotheca)



SYMPTOMES DE CARENCES



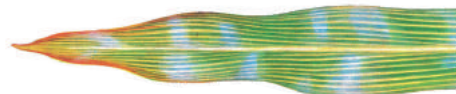
Carence Phosphore



Carence Potasse



Carence Azotée



Carence Magnésie



Brûlures d'ammoniac
ou produit herbicide

HELMINTHOSPORIOSE TURCICUM

10 feuilles à maturité



FUSARIOSE DES ÉPIS

LISEOLA



Attaques de pyrales ou fissuration du grain

ROUILLE

Floraison à maturité



GRAMINEARUM

Infestation à la floraison
Attaque au sommet de l'épi
Raflé pourrie



masseeds

UNITED TO GROW



A BRAND OF
MAÏSADOUR

MAS Seeds est la marque et filiale du Groupe Coopératif MAÏSADOUR

Route de Saint-Sever 40280 HAUT-MAUCO - FRANCE

Tel. +33.5.58.05.83.11 - Fax +33.5.58.05.89.34

www.masseeds.fr

PRIX : 15€
sources : shutterstock, istock, arvalis, web-agri