

LES ESSENTIELS

d'ADVANTA®



septembre 2020

n°3

MAÏS GRAIN

-> PRODUIRE DU MAÏS GRAIN EN FRANCE







SOMMAIRE

05 - 10	Les marchés du maïs grain
11 - 16	Une culture aux multiples débouchés
17 - 20	Les atouts du maïs grain
21 - 22	Potentialités régionales
23 - 24	Les stades clés du maïs
25 - 32	Le choix variétal
33 - 40	L'implantation
41 - 46	Récolte & qualité
47 - 50	Du maïs grain pour les animaux

ÉDITO

Depuis la découverte de la téosinte il y a 9 000 ans et sa domestication par les populations indiennes, le maïs s'est répandu d'abord sous les tropiques et en Amérique du Nord (Christophe Colomb l'a rencontré dès le XV^{ème} siècle), puis dans le monde entier avec des variétés adaptées aux climats plus tempérés.

L'hybridation dans les années 50 a accéléré son développement avec un gain de rendement spectaculaire de 10 à plus de 100 q/ha, avec des records à près de 200 qx, rendant la culture compétitive et rémunératrice.

Les sélectionneurs ont fait également progresser les tolérances au froid, au stress hydrique, à la verse et à diverses maladies en un temps record grâce à cette technique et permis ainsi de sécuriser les revenus des agriculteurs.

Limagrain, dès 1965, a activement participé à cette épopée avec des hybrides qui ont marqué l'histoire du maïs en France

comme LG11 dans les années 70 ou ANJOU 285 dans les années 90.

En tant que marque leader sur le maïs grain précoce en France

(source panel Kleffmann 2019), ADVANTA® vous propose avec ce livret N°3 un tour d'horizon des marchés et de la culture du maïs grain en abordant les étapes clés et les choix importants pour la réussite du maïsiculteur.

Nous vous souhaitons une bonne lecture et espérons que ce livret permettra de rappeler quelques fondamentaux de la culture et contribuera à optimiser nos 1,5 Millions d'hectares français de maïs.

L'Equipe ADVANTA®



LES MARCHÉS DU MAÏS GRAIN



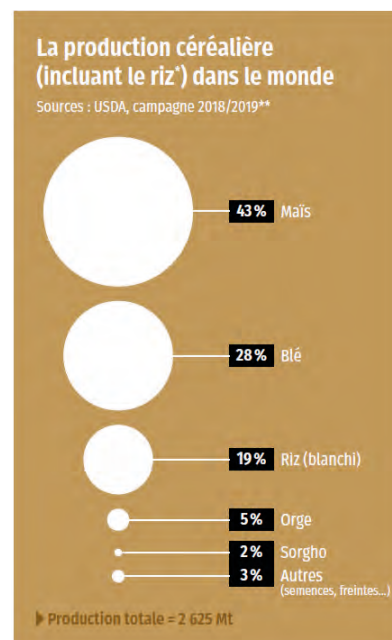
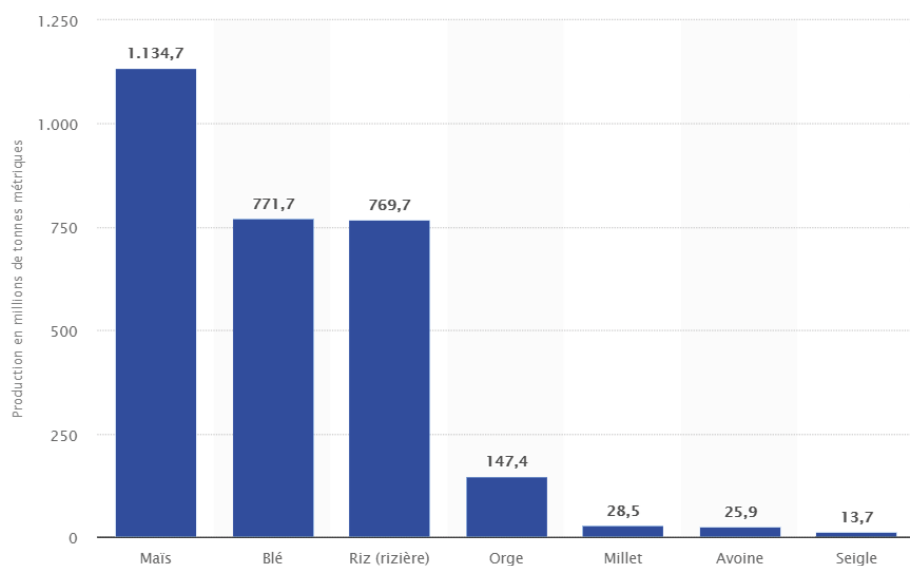
LES MARCHÉS DU MAÏS GRAIN

LE MAÏS GRAIN DANS LE MONDE

Le maïs est aujourd'hui la **première céréale cultivée dans le monde** avec plus de **1 100 Millions de tonnes** (loin devant le blé et le riz), représentant ainsi **43 %** de la production totale de céréales.

La surface de maïs grain mondiale s'élève à 192 Millions d'hectares (à laquelle on peut ajouter 16,5 Mha de fourrage, dont la moitié environ en Europe).

PRODUCTION MONDIALE DE CÉRÉALES



Source : Statista 2020

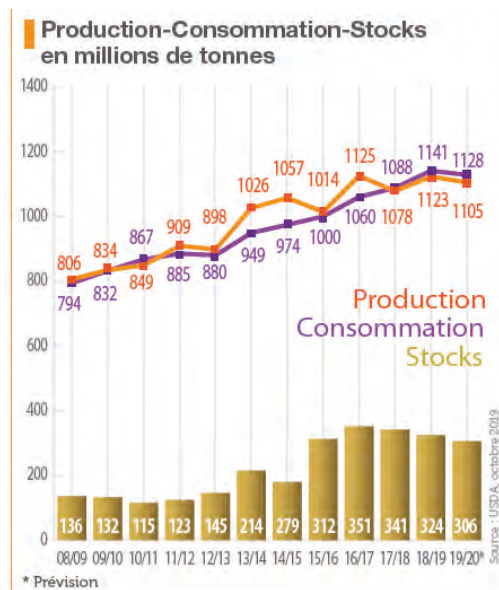


Passion Céréales
Des chiffres et des céréales
Édition 2019

La production et la consommation sont en hausse constante, comme le prouve le graphe ci-contre. Elles suivent la croissance et la montée du niveau de vie des populations, l'augmentation de la consommation mondiale de viande, mais aussi le développement de la production d'éthanol (aux Etats-Unis et au Brésil notamment).

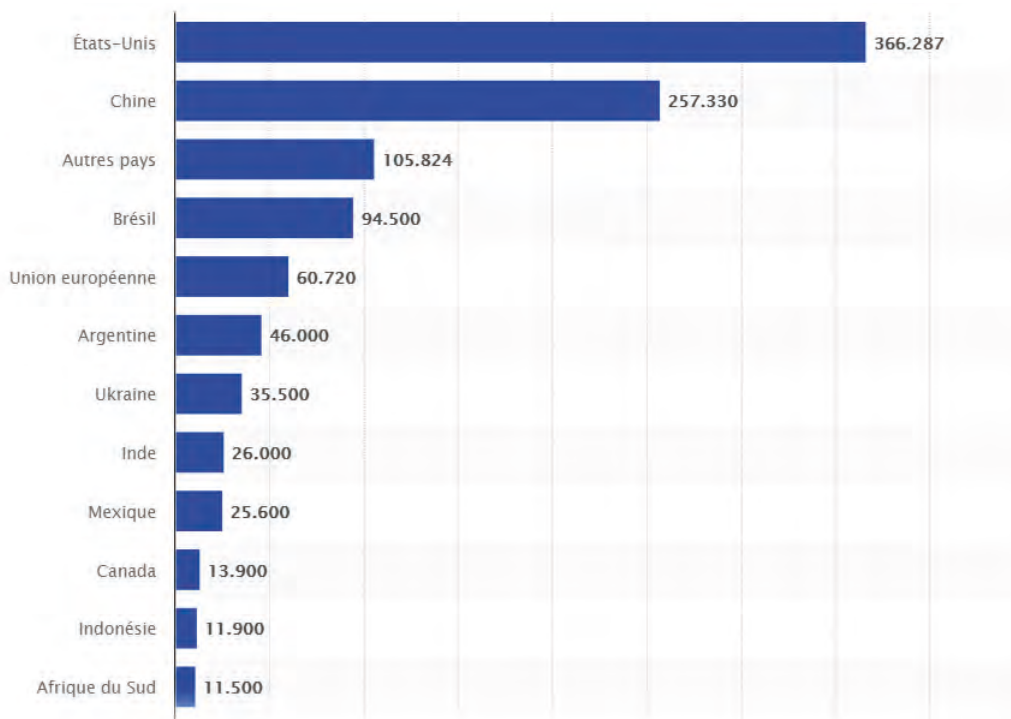
Son adaptabilité, grâce à la sélection et l'hybridation depuis les années 30, ont fait que **le maïs grain est cultivé sur tous les continents et sous toutes les latitudes**, de l'équateur aux régions septentrionales tempérées d'Europe du Nord et Canada.

Les rendements ont décuplé, passant de 10/30 quintaux à des niveaux moyens de 100 à 130 q/ha.



Source : USDA, octobre 2019

PRINCIPAUX PAYS PRODUCTEURS DE MAÏS DANS LE MONDE EN MILLIERS DE TONNES



Source : Statista 2020

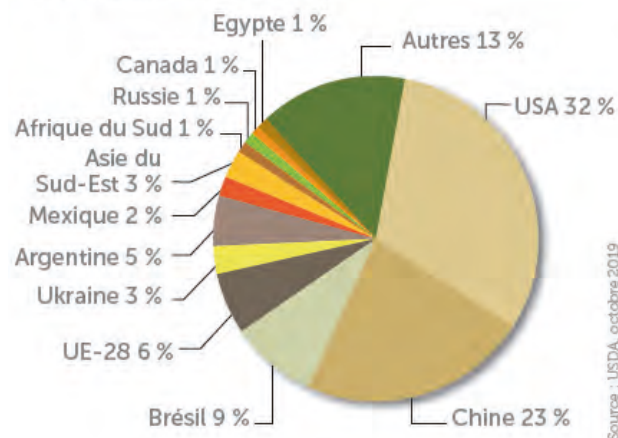
Les Etats-Unis et la Chine représentent plus de la moitié de la production mondiale, le premier étant un gros exportateur qui donne le ton aux marchés, et le second, malgré son volume produit, reste importateur.

Les pays d'Amérique du Sud (Brésil, Argentine) et l'Europe dont la France viennent ensuite loin derrière. Un nouvel intervenant en croissance, l'Ukraine, se place en concurrent de l'Europe de l'Ouest et du maïs français en particulier.

14 % de la production mondiale de maïs est échangée sur les marchés internationaux. Les échanges de maïs représentent 41 % des échanges mondiaux de céréales.

Les principaux pays exportateurs se trouvent sur le continent américain auxquels s'ajoute l'Ukraine, tandis que les principaux importateurs sont l'Asie, le Moyen-Orient et ... l'Europe à 28.

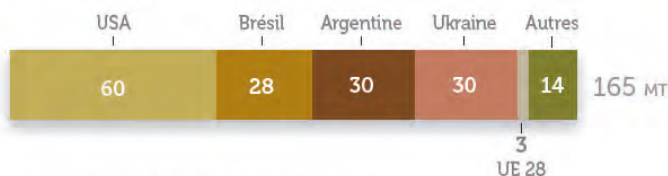
Une production mondiale de 1,1 milliard de tonnes en 2019/20



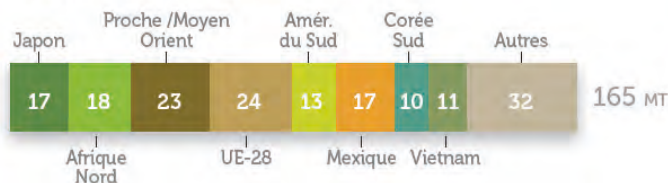
Source : USDA - oct. 2019

165 millions de tonnes de maïs grain échangées dans le monde en 2018/19

LES PAYS EXPORTATEURS (EN MT)



LES PAYS IMPORTATEURS (EN MT)



Source : CIC, octobre 2019



Source : CIC - oct. 2019

LE MAÏS GRAIN EN EUROPE

L'Union Européenne cultive **8,7 millions d'hectares** de maïs grain, soit seulement 4,5 % de la surface mondiale mais 6 % de la production.

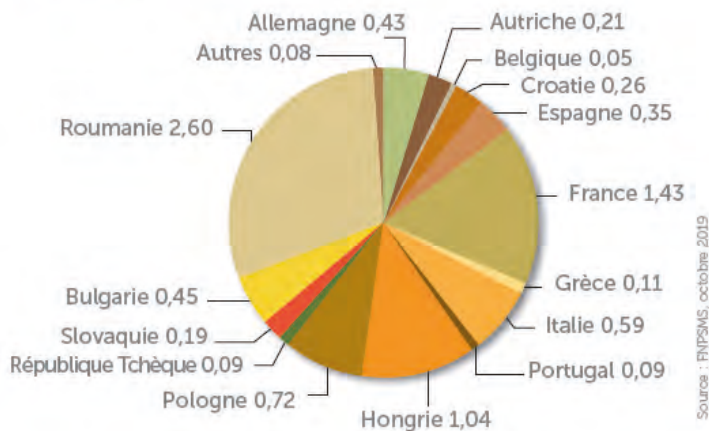
La Roumanie concentre les plus grosses surfaces avec 2,6 millions d'ha devant **la France (1,43 millions)** et la Hongrie (1 million). A titre de

comparaison, l'Ukraine cultive 4,4 millions d'ha et les USA plus de 30 millions !
En termes de production, la France se rapproche de la Roumanie grâce à des rendements nettement

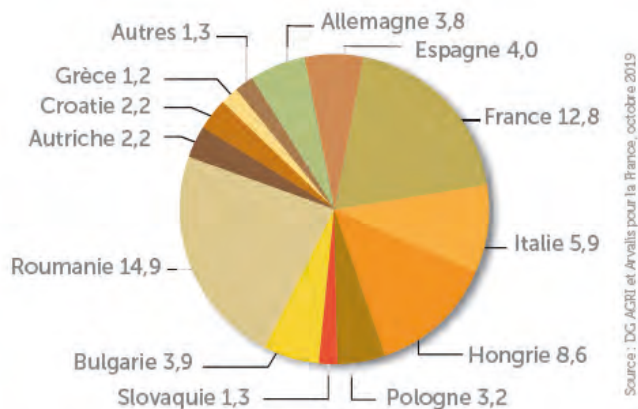
supérieurs (89,5 q/ha en 2019, année sèche, mais souvent plus de 100 qx ces dernières années, 105 q/ha en 2017).

8,7 millions d'ha de maïs grain en 2019/20

En Mha



66,5 millions de tonnes de maïs grain produites en 2019/20



Source : FNPSMS - oct. 2019

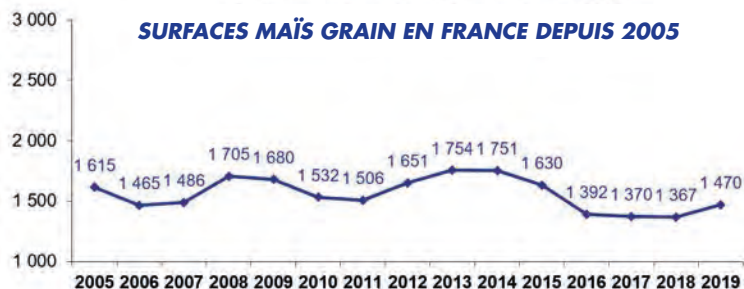


Source : DG AGRI et Arvalis pour la France - oct. 2019

LE MAÏS GRAIN EN FRANCE

Le maïs grain est une culture bien implantée en France depuis l'arrivée des hybrides dans les années 50 qui ont permis d'étendre son aire de culture vers le Nord en augmentant sans cesse les niveaux de rendement. **C'est la 2^{ème} céréale produite en France après le blé.**

Les surfaces longtemps stabilisées autour de 1,5 à 1,7 Mha ont connu une baisse dans la période 2014-2017 mais progressent à nouveau depuis deux ans et devraient repasser **en 2020 la barre de 1,5 millions d'hectares.**

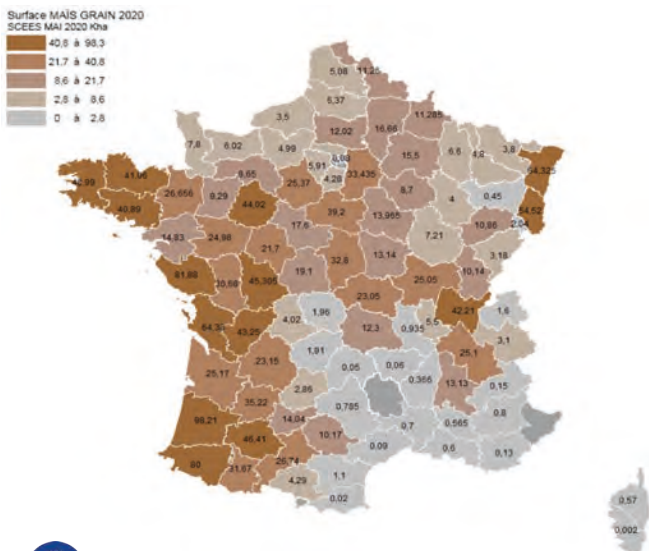


Source : SCESS Agreste

Les surfaces sont réparties sur tout le territoire. La Nouvelle Aquitaine (35 %) et le Grand-Est (13 %) en sont les plus gros bassins.

Les régions d'élevage (Bretagne et Pays de la Loire notamment) cultivent également du maïs grain (18 % de la sole française) où il est souvent utilisé en fabrication d'aliment à la ferme sous forme de maïs grain humide. Cette destination représente environ 160 000 ha.

SURFACES DÉPARTEMENTALES DE MAÏS GRAIN



Source : SCESS - Mai 2020

LE SAVIEZ-VOUS ?

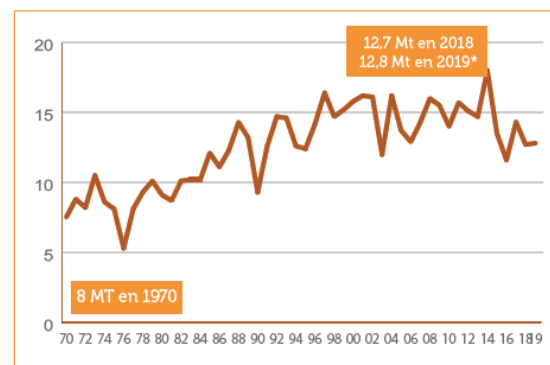
Plus de 85 000 exploitations cultivent du maïs grain en France !

(source France Agrimer)

1/3 des surfaces seulement sont irriguées (533 000 ha) principalement dans les régions Aquitaine, Midi-Pyrénées et Centre.

La production française varie de 12 à 16 millions de tonnes selon les variations de surfaces et de rendement. 30 % est exportée, principalement vers l'UE 28.

PRODUCTION FRANÇAISE DE MAÏS GRAIN



* Prévvision au 21/10. Avant transfert vers le maïs fourrage.



Source : Arvalis - oct. 2019



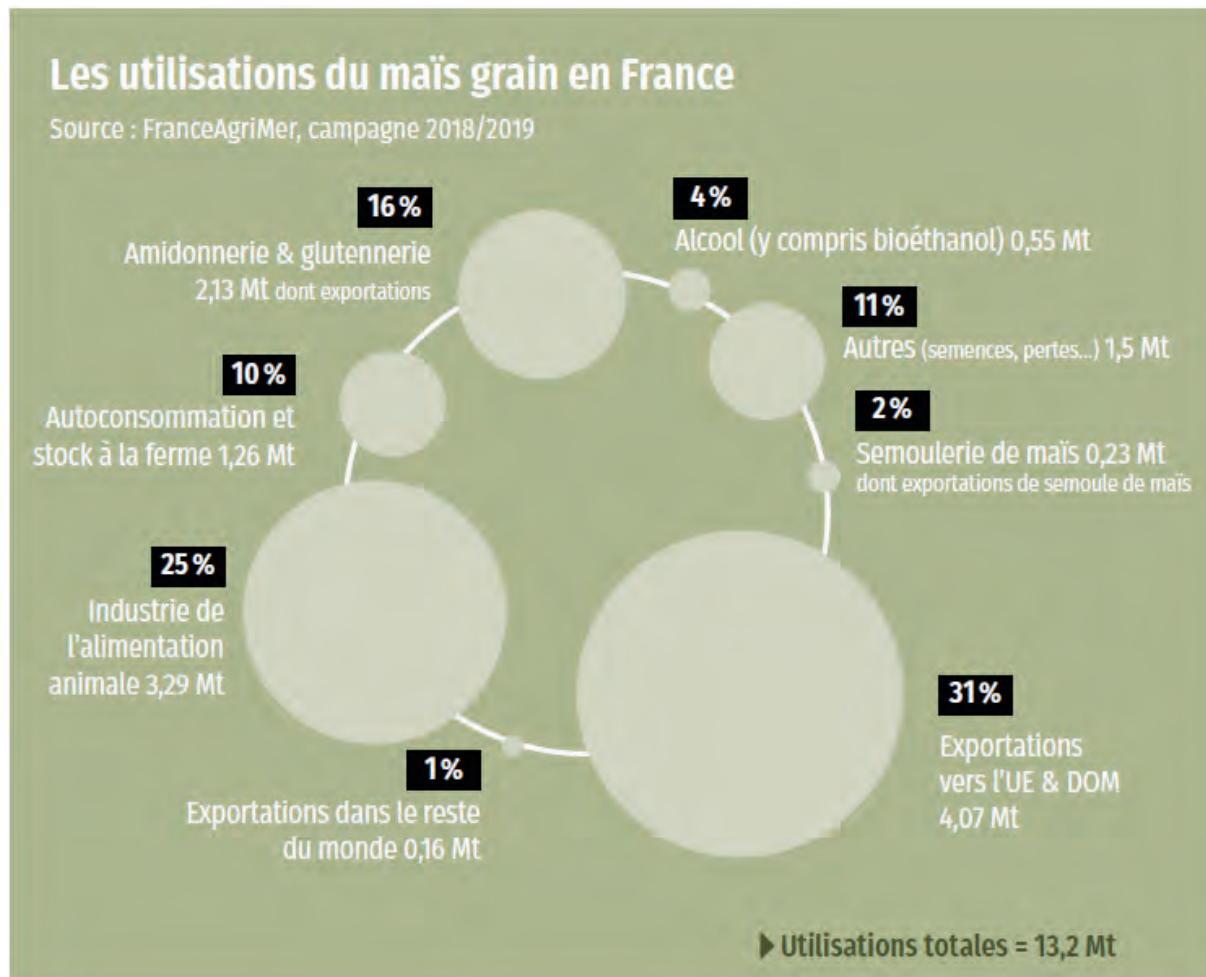
UNE CULTURE AUX MULTIPLES DÉBOUCHÉS



UNE CULTURE AUX MULTIPLES DÉBOUCHÉS

Le maïs grain offre des utilisations nombreuses et variées. **8,97 Mt sont utilisées sur le marché intérieur et 4,23 Mt sont exportées.**

37 % des débouchés intérieurs du maïs grain vont vers l'industrie de l'alimentation animale, suivie de l'amidonnerie 24 %, et des autres utilisations industrielles comme la semoulerie et l'éthanol.



Source : FranceAgriMer, campagne 2018/2019

LA FILIÈRE ALIMENTATION ANIMALE

L'alimentation animale est le premier débouché intérieur du maïs grain. 3,3 millions de tonnes sont consommées par ce débouché (25 % de la production totale).

A ceci s'ajoutent les **160 000 ha récoltés en Maïs Grain Humide (MGH)** consommées à la ferme, principalement en élevage porcin mais aussi pour les bovins (1,3 Mt).

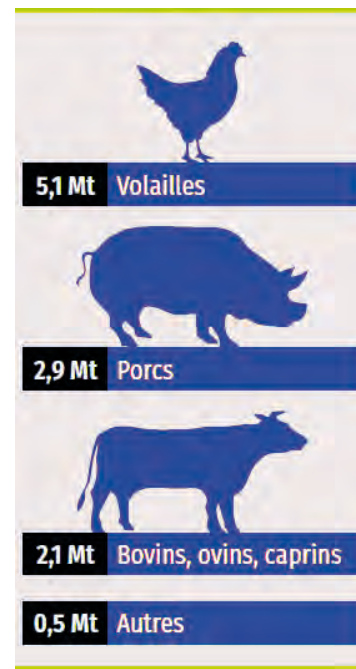
Le maïs grain est très apprécié en alimentation animale, notamment pour les volailles et les porcs.

C'est la céréale la plus riche en énergie grâce à sa teneur élevée en amidon et en matière grasse.

Les pigments naturels du grain, les xanthophylles, sont particulièrement recherchés pour l'élevage des poulets sous label Rouge et des poules pondeuses pour colorer les viandes et les jaunes. Il constitue l'élément de référence pour de nombreux labels de qualité : volailles des Landes ou de Bresse, jambon de Bayonne, foie gras...

Les fabricants d'aliment utilisent aussi des coproduits de maïs venant des amidonneries, des semouleries et des producteurs d'éthanol. Ces co-produits, souvent riches en protéines entrent dans la formulation de divers aliments.

PRODUCTION D'ALIMENTS DU BETAIL EN 18/19



Source : Coop de France
Nutrition animale

LE SAVIEZ-VOUS ?

100 kg de maïs permettent de produire :

- 60 kg de porc
- 83 douzaines d'œufs
- 80 kg de dinde
- 30 kg de canard gras dont 2.5 kg de foie gras

LA FILIÈRE AMIDON

La filière amidon a utilisé en 2018/2019 **plus de deux millions de tonnes de maïs** (16 % de la collecte de maïs).

La France est le 1^{er} producteur européen et 5^{ème} au rang mondial. 63 % de la production française d'amidon est exportée.

L'amidon entre dans la composition de beaucoup de produits d'alimentation humaine (sirops de glucose, caramels...) et animale (protéines, fibres, lipides) mais aussi industriels (comme la papeterie-cartonnerie, biochimie, industries pharmaceutiques et cosmétiques, matériaux de construction, textile, plastiques biodégradables, adhésifs...).

LE SAVIEZ-VOUS ?

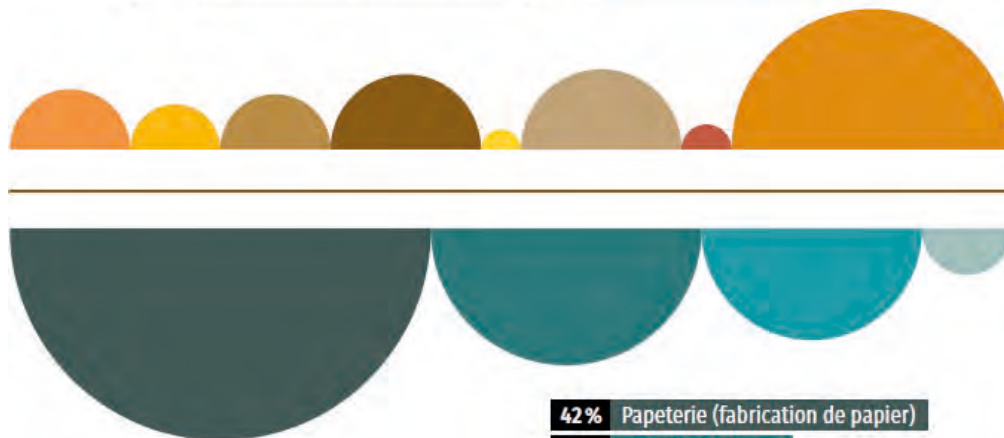
- ¼ des produits présents dans les supermarchés contiennent du maïs
- Pour fabriquer 1 tonne d'amidon, il faut : 1,4 tonne de maïs ou 1,9 tonne de blé

Les utilisations en 2018 de l'amidon et ses dérivés sur le marché français

Source : USIPA



► Utilisations alimentaires = 54 %



► Utilisations non alimentaires = 46 %

*Cosmétiques, adhésifs, matériaux de construction...



Source : Passion Céréales, Des chiffres et des céréales 2019

FOCUS SUR LES BIOPLASTIQUES

Les plastiques biosourcés représentent aujourd'hui environ 1 % du marché mondial du plastique, soit 2,11 millions de tonnes en 2018 (et devrait augmenter de 23 % d'ici 2023).

Le marché français des plastiques biosourcés et compostables représente 20 000 tonnes en 2018. Ils permettent la fabrication de nombreux produits, comme les sacs, les emballages...

Les sacs compostables et biosourcés sont les seuls autorisés dans les commerces depuis le décret du 31

mars 2016, pour la protection des océans. Ils sont issus d'une **matière renouvelable, comme le blé ou le maïs, et sont compostables en quelques semaines.**

On estime qu'un **hectare de céréales permet de produire jusqu'à 10 tonnes de plastiques compostables.**

Le maïs contribue ainsi à la protection de la planète. Sources : *European Bioplastics et Club Bio-Plastique*

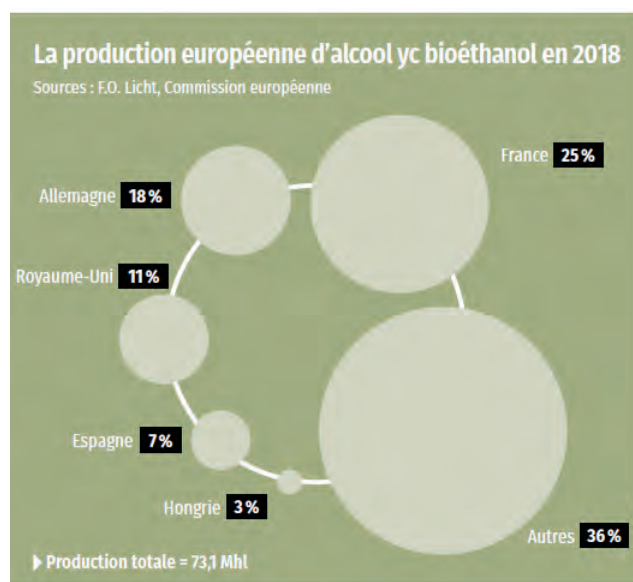
LA FILIÈRE BIOÉTHANOL

La France est aussi le 1^{er} producteur européen de bioéthanol avec 18 Mhl pour 11 Mhl de bioéthanol-carburant, connu sous les noms de SP95-E10 et Superéthanol-E95 (25 % de la production européenne).

Plus de 550 000 tonnes de maïs entrent

dans la filière bioéthanol, permettant de produire près de 230 millions de litres de bioéthanol !

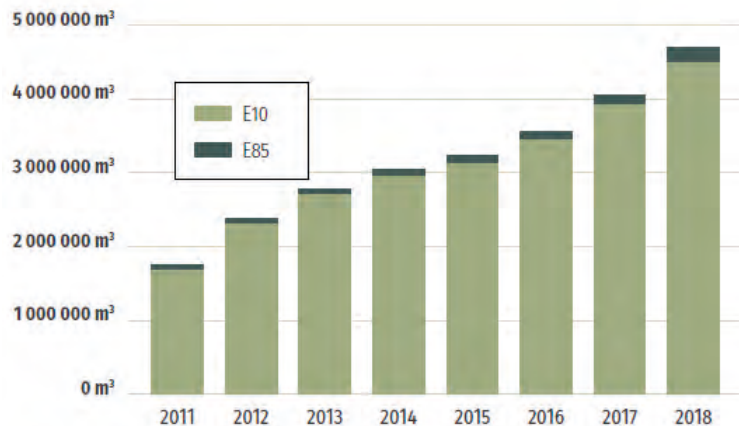
Le bioéthanol est le biocarburant le plus utilisé dans le monde (en 2018 : 1 milliard d'hectolitres).



Source : *Passion Céréales, Des chiffres et des céréales 2019*

La consommation de SP95-E10 et de Superéthanol-E85 en France

Source : Douanes, CPDP



En 2018, la consommation de bioéthanol en France était de 10 millions d'hectolitres pour une consommation totale d'essence de 105,3 millions d'hectolitres. Plus de 90 % sont issus de la production française.



Source : Passion Céréales, Des chiffres et des céréales 2019

LA SEMOULERIE DE MAÏS

La semoulerie de maïs, appelée aussi maïserie, transforme le grain de maïs en semoule.

La maïserie dégage un chiffre d'affaires de 90 millions d'euros. C'est un secteur très concentré, avec **cinq entreprises sur le marché français**.

En 2018/2019, **233 000 tonnes de maïs ont été transformées par la semoulerie**. 61 % de cette production est destinée à l'export (Source : FranceAgriMer).

Les semoules sont utilisées pour la fabrication de la bière, des céréales petit déjeuner, des biscuits apéritifs ou encore de la polenta.

LE SAVIEZ-VOUS ?

Pour produire 100 litres de bioéthanol, il faut : 240 kg de maïs ou 270 kg de blé

1 hectare de céréales* (blé ou maïs) permet de produire : 30 hectolitres d'éthanol et 2,8 tonnes de drêches destinées à l'alimentation animale.

**pour un rendement moyen à 8 t/ha*

LE SAVIEZ-VOUS ?

100 kg de maïs donne :

- 10 à 35 kg d'hominys (utilisés dans la fabrication de corn flakes)

ou

- 45 à 55 kg de semoule (utilisée dans la fabrication de la bière ou du malt)

- ainsi que d'autres produits utilisés par l'industrie alimentaire.



LES ATOUTS DU MAÏS GRAIN



LES ATOUTS DU MAÏS GRAIN

Grâce au développement des hybrides depuis les années 50, à la diversité génétique disponible et au travail des sélectionneurs, le maïs grain s'est imposé durablement comme la **2^{ème} céréale en France en surface et en volume produit.**

Bien que parfois ciblé par le grand public et les médias, **ses atouts sont multiples aussi bien pour l'agriculteur et son système d'exploitation que d'un point de vue sociétal et environnemental.**

DANS LA ROTATION

Très présent dans les régions de la façade atlantique et en Alsace, le maïs grain affectionne plus particulièrement les sols à bonne réserve en eau. 37 % des surfaces sont irriguées, principalement en Aquitaine (*Source Agreste 2020*), mais 63 % est cultivé en pluvial, prouvant l'efficience en eau de la plante.

Le maïs grain est une culture intéressante dans la rotation à plusieurs titres :

- En tant que culture de printemps, il permet de **diversifier les cycles**, les risques climatiques et étale la charge de travail.
- **Il rompt le cycle des adventices** dans les rotations où les cultures d'automne sont fréquentes (exemple Colza/Blé/Orge) et **facilite le désherbage**.
- Le maïs grain est **très efficace par rapport à l'azote** (1,8 à 2,2 kg/q de maïs contre 2,8 à 3,2 kg/q pour le blé) et valorise très bien les engrais organiques.

Culture	Besoin moyen en azote
Maïs grain (<100 q/ha)	2,3 kgN/q
Maïs grain (>100 q/ha)	2,1 kgN/q
Blé tendre d'hiver	3,0 kgN/q
Orge d'hiver	2,4 kgN/q
Seigle	2,3 kgN/q
Blé tendre de printemps	3,0 kgN/q
Orge de printemps	2,2 kgN/q
Blé dur	3,5 kgN/q
Colza	6,5 kgN/q
Tournesol	4,5 kgN/q

● **Il préserve le taux de matière organique** par sa production importante de biomasse, qui est systématiquement restituée au sol et bénéficie à son fonctionnement et donc aux autres cultures de la rotation. Les parcelles en monoculture de maïs présentent d'ailleurs de très bon taux de matière organique.

DES ATOUTS ENVIRONNEMENTAUX

Grâce à sa tolérance aux maladies et son faible nombre d'agresseurs, **l'IFT du maïs grain (Indice de Fréquence de Traitement) est l'un des plus faibles des grandes cultures**, de 2,5 à 3 selon les régions et la pression pyrale (*source Agreste janvier 2020*).

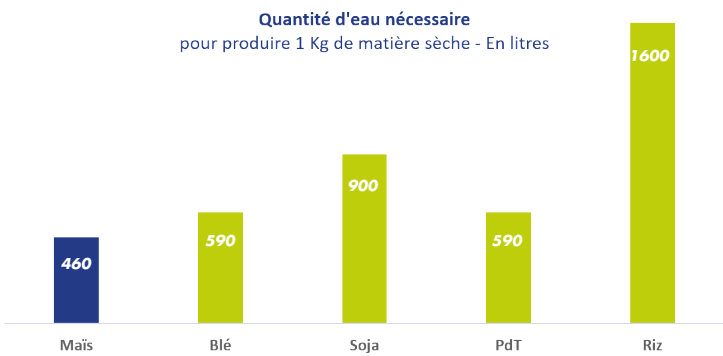
Indicateur	Blé tendre	Blé dur	Orge	Triticale	Colza	Tournesol	Pois protéagineux	Mais fourrage	Mais grain	Betterave sucrière	Pomme de terre	Féverole	Soja
IFT total hors biocontrôle	5,1	4,2	4,3	2,6	6,3	2,7	4,6	2,4	2,8	5,5	16,2	3,2	1,7



Source : SSP - Agreste - Enquête Pratiques culturales en grandes cultures 2017 (janvier 2020)

EFFICACE DANS SA GESTION DE L'EAU

Le maïs, malgré des besoins importants sur juillet, est aussi l'une des cultures les plus **efficaces dans sa gestion de l'eau**, caractéristique liée à son cycle de photosynthèse en C4 et sa capacité à réduire son évapotranspiration en conditions climatiques chaudes ou sèches.



Source : Maïs culture durable

UN EXCELLENT PIÈGE À CARBONE

Grâce à sa photosynthèse très efficace, **le maïs capte une grosse quantité de CO₂** qu'il stocke dans ses organes aériens et souterrains pour restituer ensuite le carbone au sol. **Cette quantité est proportionnelle au rendement en biomasse** (grains, plante et racines) et un hectare de maïs grain à 100 q/ha va restituer au sol (par ses 10 tonnes de paille et de racines, transformées en humus) **600 kg de carbone/ha**, soit 2 200 eq CO₂/ha.

Du fait de ses chaînes carbonées en C4 et de son rendement, le maïs capte plus de carbone que les autres cultures françaises.

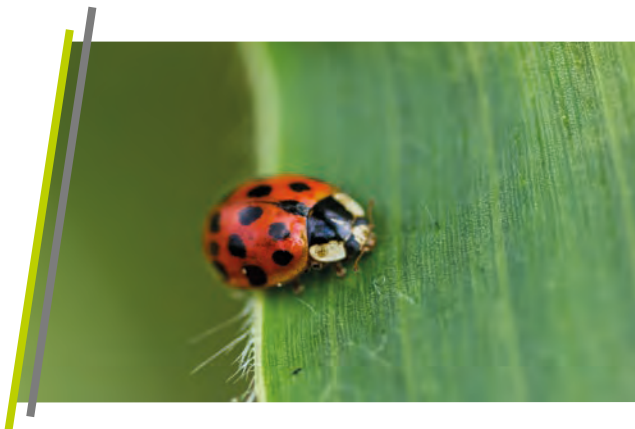
LE SAVIEZ-VOUS ?

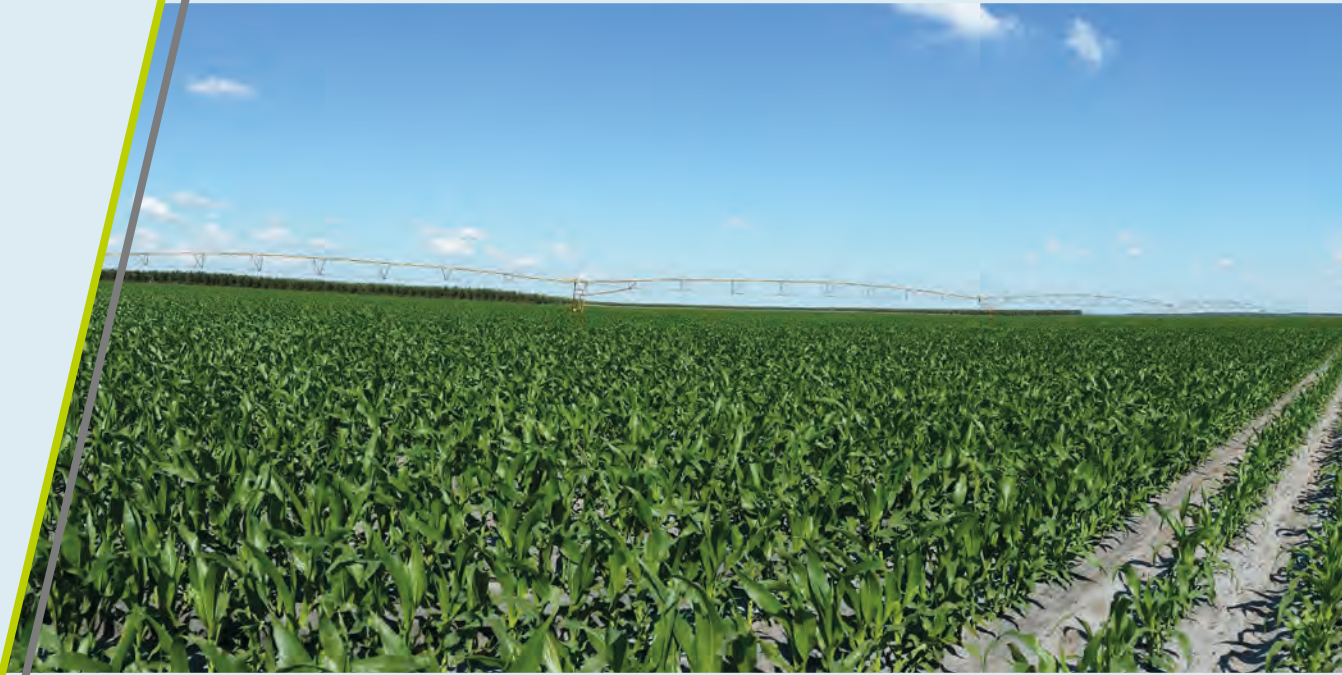
- Plus le rendement est important, plus la restitution est importante : un ha de maïs capte 220 eq CO₂/ha de plus qu'il y a 10 ans grâce au progrès génétique !
- Un gros émetteur d'oxygène : un hectare de maïs produit 16 à 32 tonnes d'oxygène, soit deux fois plus qu'un hectare de forêt !

UN ABRI POUR LA FAUNE SAUVAGE

En été, alors que les autres cultures sont desséchées ou récoltées, le maïs offre un environnement frais et hygrométrie élevée à une faune sauvage diversifiée allant des insectes auxiliaires (mais aussi parfois parasites !) aux petits rongeurs, petits et gros gibiers.

Le maïs participe à la biodiversité !





POTENTIALITÉS RÉGIONALES

POTENTIALITÉS RÉGIONALES

Le climat français, de type tempéré, est globalement bien adapté à la culture du maïs en général et du maïs grain en particulier. La variabilité génétique permet de fournir des variétés adaptées aux différentes particularités régionales en termes de précocité et d'adaptation aux conditions pédoclimatiques.

Le rendement moyen national atteint ou dépasse désormais fréquemment 100 q/ha malgré **2/3 des surfaces conduites en maïs dit « pluvial »** (sans irrigation).

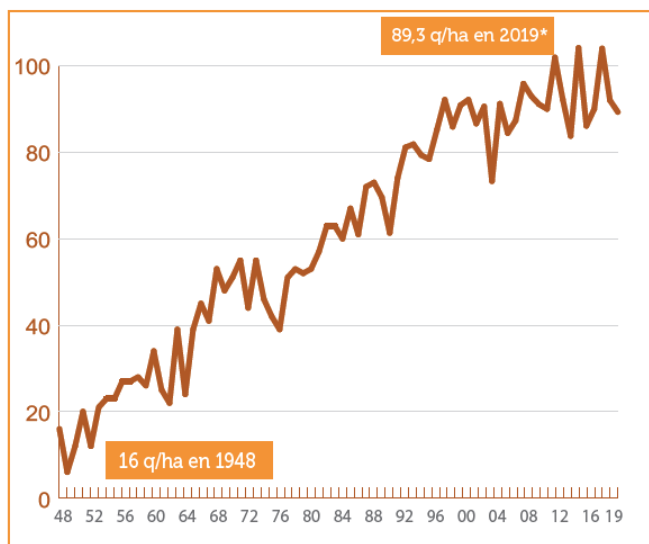
L'irrigation permet d'atteindre des rendements nettement supérieurs (un record de 196,4 q/ha a déjà été atteint dans des parcelles d'essais à Bergerac en 2005).

Les essais du réseau post-inscription français 2019 vont de 115 q/ha en G0 (Très précoces) à 154 q/ha pour les G6 (Très tardives).

Bien sûr il y aura des variations régionales et annuelles mais les potentialités sont bien là à condition de mettre toutes les chances de son côté. **La préparation de sol et l'implantation sont deux étapes cruciales qui détermineront le potentiel de la culture.**

La suite n'est que gestion des stress climatiques et des rares ravageurs du maïs.

RENDEMENT MOYEN NATIONAL - MAÏS GRAIN



Source : Arvalis, octobre 2019



Source : Arvalis - oct. 2019



A RETENIR

Le progrès génétique a permis de gagner en moyenne 1,5 qx/ha/an.
(Source : essais pluriannuels Arvalis - Institut du végétal)



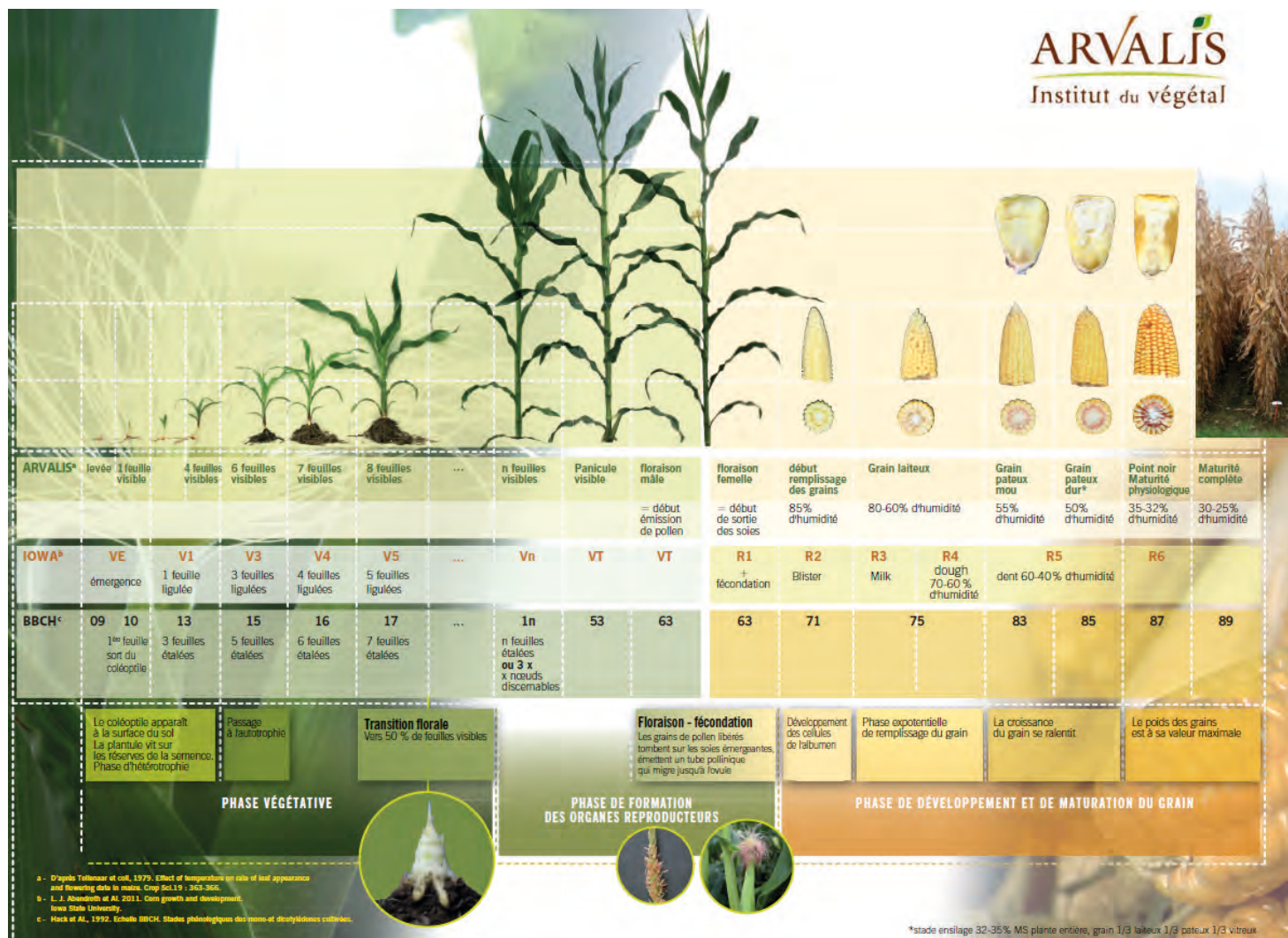
LES STADES CLÉS DU MAÏS



LES STADES CLÉS DU MAÏS

Trois phases distinctes :

- phase végétative
- phase de formation des organes reproducteurs
- phase de développement et de maturation du grain.





LE CHOIX VARIÉTAL



LE CHOIX VARIÉTAL

CHOISIR UNE PRÉCOCITÉ ADAPTÉE

Le choix de la précocité est la **résultante de plusieurs facteurs** :

- **L'offre climatique** en températures
- **Les dates de semis et de récolte visées** pour garantir une récolte dans de bonnes conditions (préservation de la structure du sol), une bonne qualité sanitaire des grains et une implantation optimale de la culture suivante.
- Une éventuelle **stratégie d'esquive** par rapport au stress hydrique (date de floraison)
- Dans certaines régions, il est important également d'obtenir une certaine maturité avant les premières gelées pour assurer un bon remplissage du grain.

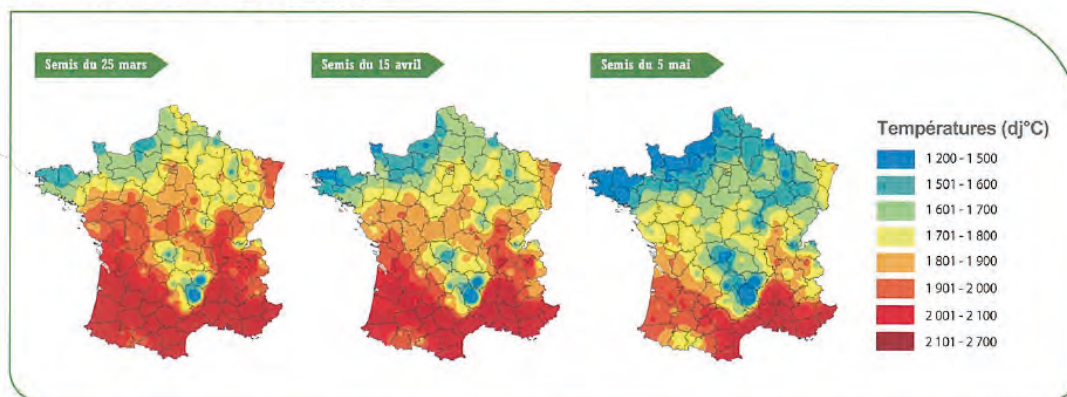
LE SAVIEZ-VOUS ?

La couleur du sol joue sur la vitesse de levée. Une terre blanche se réchauffe moins vite qu'une terre noire car elle capte moins de rayonnement. L'écart peut être de 2 à 3 feuilles jusqu'à la récolte soit 40 à 60°C qui peuvent se traduire en 2 à 3 points d'humidité à la récolte.

L'offre en températures croît selon deux gradients :

- Un gradient Nord-Sud bien évident
 - Un gradient Ouest-Est pour les semis précoces (ce gradient est tamponné pour les semis plus tardifs par les automnes plus frais de l'Est).
- L'offre climatique diminue avec la date de semis, le choix de la précocité devra donc aussi tenir compte des contraintes à ce niveau : ressuyage des sols, récolte du précédent, risque de gelées printanières...

➤ *Moyenne des sommes de températures (dj°C base 6-30) du semis au 1er octobre / 8 années sur 10
(Données sur 20 ans / de 1997 à 2016)*



UNE OFFRE VARIÉTALE LARGE

L'offre variétale est large sur le marché français, et peut répondre à chacun des besoins recensés. Les hybrides sont classés par groupes de précocité, du très précoce au très tardif :

GROUPES DE PRÉCOCITÉ ET BESOINS EN SOMMES DE TEMPÉRATURE (BASE 6°C)

Groupe de précocité		Semis-Floraison femelle	Semis- 32% Humidité du grain	Indice FAO
G0	Très Précoce	790-835	<1690	150-250
G1	Précoce	825-870	1690-1740	250-280
G2	Demi-Précoce	850-930	1740-1800	280-330
G3	Demi-Précoces dentées	920-975	1800-1875	320-400
G4	Demi-Tardives	975-1020	1870-1940	400-480
G5	Tardives	1020-1050	1940-2015	470-560
G6	Très tardives	>1050	>2015	>550

POUR RÉSUMER LES CRITÈRES DE CHOIX D'UNE VARIÉTÉ :

CRITÈRES PRINCIPAUX

- Précocité adaptée
- Régularité de performances et tolérance au stress hydrique
- Vigueur au départ
- Tenue de tige et résistance aux verses (tiges creuses)

CRITÈRES SECONDAIRES

- Tolérance aux maladies du feuillage (helminthosporiose selon régions)
- Etat sanitaire épi (Fusarium)
- Port et taille de la plante

Aujourd'hui, compte-tenu des évolutions climatiques et réglementaires (disparition des protections insecticides ou corvifuges), **la vigueur de départ et la tolérance aux stress prennent encore plus d'importance.** Ne pas oublier de bien raisonner dans la rotation : une récolte trop tardive pénalise la culture suivante.

LES TYPES DE GRAINS

Les hybrides actuels pour le marché français se divisent en deux grands types :

- **Hybrides de type denté** (croisement de deux lignées dentées), pour les quatre groupes « tardifs » (G3 à G6), hormis quelques marchés spécifiques semouliers.

- **Hybrides majoritairement et historiquement de type corné-denté** (cd dans les listes officielles) pour les groupes de G0 à G2, avec une variabilité allant de variétés plus « cornées » (cc) à des hybrides dentés (d) selon la forme du grain et l'origine génétique. On va donc trouver

des variétés notées cc, c.cd, cd, cd.d, d.

L'historique de ces deux groupes présentait des hybrides dentés plus tardifs adaptés aux régions chaudes avec une dessiccation rapide du grain, et des corné-dentés plus adaptés en conditions froides, une floraison plus précoce mais une dessiccation plus lente due à la structure du grain et de son enveloppe.

Après des années de sélection, les différences ne sont plus aussi tranchées mais il reste des tendances caractéristiques dans les groupes précoces :

HYBRIDES CORNÉ-DENTÉS

- Bonne ou très bonne vigueur de départ
- Floraison précoce favorisant la tolérance au stress hydrique (esquive)
- Bonne tolérance aux stress

HYBRIDES DENTÉS

- Vigueur de départ moyenne
- Floraison plus tardive
- Sensibilité plus marquée au stress hydrique

Le choix de l'agriculteur doit intégrer ces critères en fonction de ses contraintes. **Il est important d'intégrer les qualités agronomiques et raisonner Produit brut/ha (en €) et régularité pluriannuelle.**

LE SAVIEZ-VOUS ?

- 1 point d'humidité gagné économise 1,10 €/T soit 11 €/ha (à 30 %, barème coopérative)
- 1 quintal/ha rapporte 12 €/ha séchage déduit

FOCUS SUR LES HYBRIDES ADVANTA® DANS LA SÉRIE G1

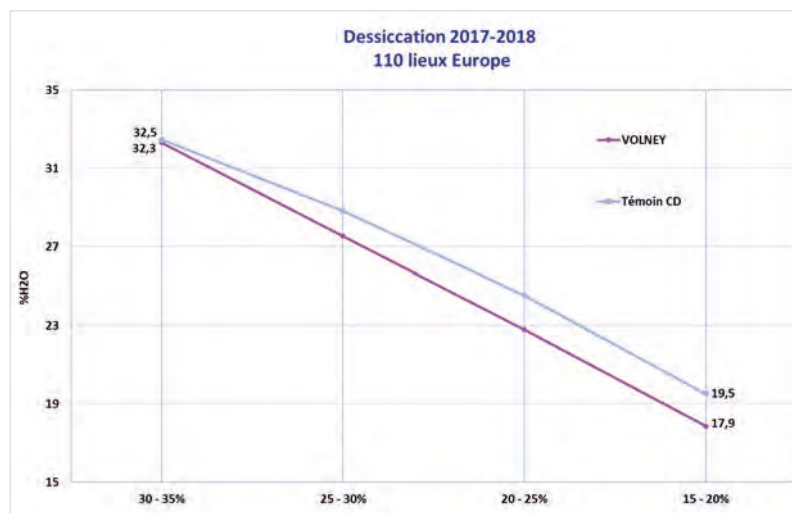
La marque **ADVANTA®** est leader en France en maïs grain Précoce et présente dans les réseaux officiels, avec les variétés **ADEVEY** et **VOLNEY** notamment.

Avantages des hybrides ADVANTA® du groupe G1 :

	Hybrides ADVANTA®	Moyenne hybrides dentés G1	Bénéfices Agriculteur
Vigueur de départ (ADV Pro 18-19)	8,1	6,9	• Meilleure implantation • Esquive ravageurs
Floraison plus précoce			Esquive stress hydrique
Rdt qx/ha (Réseau VPI-Arvalis 2018-19)	115,2 q/ha	112,4 q/ha	+2,8q/ha soit 39.20 €/ha
Rdt économique	2018 : 1 359,40 € 2019 : 1 276 €	2018 : 1 339,50 € 2019 : 1 275 €	+ 10€/ha en moyenne 2 ans

Les sélectionneurs Limagrain travaillent sur la vitesse de dessiccation du grain.

Ainsi celle-ci s'accélère avec les nouvelles générations pour optimiser le revenu des maïsiculteurs, comme le prouve le graphique ci-contre avec la variété **VOLNEY** comparée à un hybride de 2011 :



EFFICIENCE GRAIN

- Une excellente vigueur de départ pour une meilleure implantation
- Une floraison précoce pour l'esquive stress hydrique
- Un très bon couple rendement/humidité récolte pour optimiser le revenu de l'agriculteur

LES PRINCIPALES MALADIES

Le maïs est peu sensible aux maladies fongiques et la sélection travaille pour mettre en marché des variétés présentant le moins de risques possibles pour l'agriculteur et la filière en général.

Rappelons que le maïs ne nécessite pas d'application fongicide (sauf quelques rares cas sur helminthosporiose (azoxystrobine),

ou fusariose (tébuconazole) en production de semences uniquement.

Certaines maladies sont très liées aux conditions de culture, mais d'autres peuvent donner lieu à des échelles de tolérances à prendre en compte dans le choix variétal. Sans entrer dans le détail de chaque maladie, en voici un état des lieux :

MALADIES À TOLÉRANCE VARIÉTALE :

Maladies	Echelle de notation	Principales régions à risque
Charbon des inflorescences* (<i>Sphacelotheca reiliana</i>)	1 (tolérant) à 15	Tous les secteurs (zones inondables ou tassées)
Charbon commun (<i>Ustilago maydis</i>)	Sensible à tolérant	Toutes ; lié aux stress ou blessures
Helminthosporiose fusiforme (<i>H. turcicum</i>)	1 (tolérant) à 10 (Arvalis)	Alsace, Bretagne, Aquitaine
Kabbatiellose	Sensible à tolérant	Zones froides et humides
Dessèchement fulgurant précoce (coup de feu fusarien)	Sensible à PS	Monoculture irriguée
Tiges creuses	Sensible à tolérant	Tous secteurs
Fusarioses de l'épi : <i>F. graminearum</i> (bout d'épi et raffle) <i>F. moniliforme</i> (diffus)	Sensible à tolérant	Tous secteurs Forte humidité à floraison Blessures (foreurs, grêle)

(*) Traitement de semences (Alios, Feuver) sur variétés sensibles

LA TOLÉRANCE AU STRESS HYDRIQUE

Même si la plante a un bon ratio de consommation d'eau/q produit (460 l/q), **un hectare de maïs évapotranspire entre 4 et 6000 m³ d'eau pendant tout son cycle.** La majorité

du maïs français (63 %) étant cultivée sans irrigation (maïs « pluvial »), son alimentation en eau est cruciale.

Il y a stress hydrique quand la diminu-

tion d'alimentation en eau perturbe le métabolisme de la plante. Dans un premier temps, la plante limite son évapotranspiration en fermant ses stomates, mais sa photosynthèse dimi-

nue, et au final le rendement s'en trouve affecté. Selon le stade où intervient le stress, les conséquences sur la plante seront différentes :

Période du stress	Conséquences et sensibilité
Croissance végétative (avant floraison)	Diminution de la masse végétative, du nombre de rangs puis du nombre de grains/rang, voire nombre moyen d'épis/plante
Avant floraison	Baisse du nombre d'ovules fécondables/épi
Floraison - SLAG	Baisse du nombre de grains/épi et du PMG
Remplissage	Baisse du PMG jusqu'à 20 à 40 %



Stress hydrique précoce
dans un premier temps, la plante essaie de limiter son évapotranspiration



Symptômes sur épis d'un stress pré et post-floraison
(Ovules non fécondés en bout d'épi et grains avortés) Lutz-en-Dunois 2019

Le risque de stress hydrique doit être intégré à la conduite de la culture et au choix variétal en fonction de la région et de son climat, et de la Réserve Utile (RU) du sol. De manière générale, la tolérance au stress hydrique a été améliorée par la sélection mais il existe toujours des différences variétales observables dans certains essais et en grandes parcelles.

Nous portons chez ADVANTA® une grande attention à cette qualité pour **sécuriser autant que possible le rendement et le revenu des maïsiculteurs.** Les variétés les plus tolérantes sont repérables par ce pictogramme :





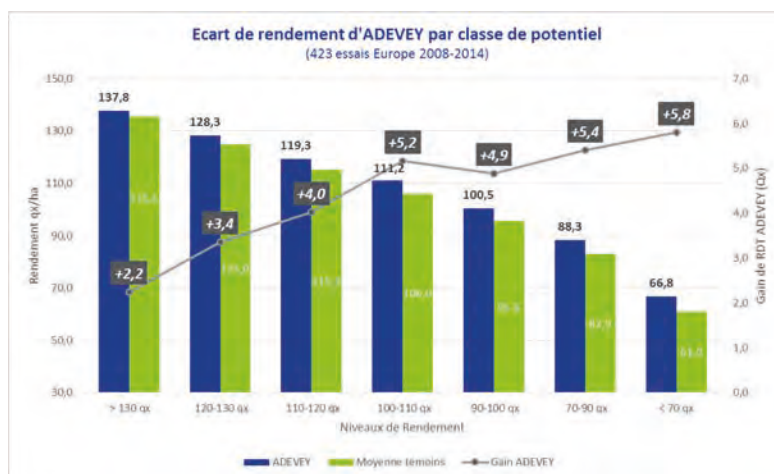
ADEVY
(Lutz-en-Dunois 2019)



Témoin G1
(Lutz-en-Dunois 2019)

La variété **ADEVY** est particulièrement reconnue en culture pour sa tolérance au stress hydrique, prouvée par ses performances dans nos réseaux d'essais européens avec **plus de 5 q/ha supplémentaires** en conditions de stress.

ADEVY est aussi largement cultivé en Europe Continentale pour cette qualité.



D'autres hybrides **ADVANTA®** comme **HUMPHREY (G1)**, **CROSBY** en très précoces (**G0**) ou **PAULEEN** en fourrage (**S2**) ont également cette qualité de tolérance.



L'IMPLANTATION

L'IMPLANTATION

NDLR : Nous aborderons ici les principaux thèmes relatifs à l'implantation, un livret « Les Essentiels d'ADVANTA® » consacré exclusivement à ce sujet est prévu au printemps prochain.

L'implantation est un moment crucial dans le cycle de la culture car sa qualité va conditionner son développement futur et le rendement accessible : densité, démarrage, croissance racinaire de la plante et donc son alimentation en eau et en nutriments.

Le maïs étant déterminé pour faire un épi/plante, **la densité est le premier facteur de rendement.**

LE TRAVAIL DU SOL

Quelles que soient les techniques utilisées, le **travail du sol a pour but de créer des conditions favorables à la levée et au développement de la culture** (grâce notamment à une bonne croissance du système racinaire).

La première précaution à prendre, dès les premières interventions (labour ou non), est de **travailler en sol ressuyé** pour préserver la structure des différents horizons.

Le maïs est très sensible au tassement des sols. On veillera donc à éviter ce phénomène dès la récolte de la culture précédente et en interculture, (notamment lors des apports d'engrais organiques, compte-tenu du poids des outils actuels). Pour les mêmes raisons, on cherchera à réaliser un minimum de passages (et en même temps optimiser les coûts).

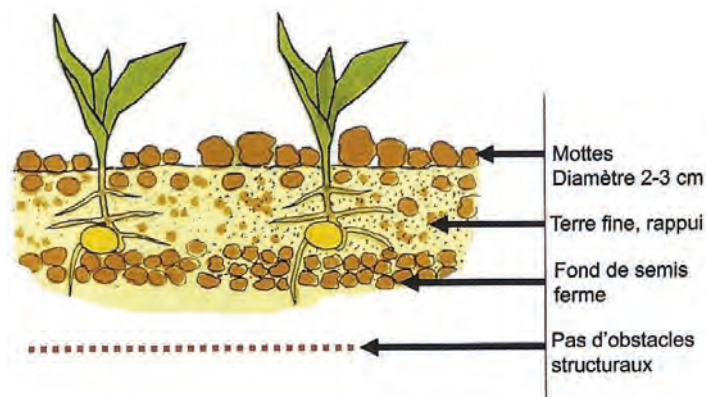
Lors des travaux de reprise, l'objectif est d'avoir un **lit de semence suffisamment fin** pour

obtenir un bon contact graine/sol, tout en gardant quelques mottes en surface notamment en sols battants.

Trop de résidus en surface peuvent perturber le semis et la levée (sauf semoir adapté ou choix technique) mais aussi le désherbage en abritant les adventices.

Le lit de semence idéal

Les graines doivent être déposées à la même profondeur pour permettre une levée homogène.



Source : Arvalis

LA DATE DE SEMIS

La densité étant primordiale, on apportera une attention particulière à la date, aux conditions et à la qualité du semis.

L'objectif en maïs est d'exploiter au mieux l'offre climatique de températures pour exprimer le potentiel maximum, mais tout est affaire de compromis entre :

- **Le ressuyage du sol** : tenir compte du type de sol et des deux horizons
- **Le réchauffement du sol** : la semence de maïs germe à partir de 8 à 10°C mais la levée sera d'autant plus rapide que le sol se réchauffe. En conditions froides, la levée est plus lente et les

pertes de pieds peuvent être plus importantes.

- En cas de semis précoce, on doit évaluer **le risque de gel** : jusqu'à 5 feuilles, le risque est faible, mais une gelée après 6 feuilles ou plus peut détruire la culture ou avoir des impacts sur la formation des épis (entre 8 et 10 F).

Un OAD comme Adequat Semis modélise l'état de ressuyage du sol, le risque de levée lente et le risque de gel sur la station météo sélectionnée :



LES SEMIS PRÉCOCES

Dans beaucoup de régions, on assiste à des semis plus précoces (à partir de fin mars) avec plusieurs motivations :

- **Diminuer les frais de séchage** et optimiser le revenu/ha
- Avancer la floraison et tenter d'**esquiver le stress hydrique** ou les températures élevées
- Cultiver un hybride plus tardif et **gagner en potentiel**.

Il faut toutefois prendre certaines précautions :

- Augmenter la densité pour compenser les pertes plus importantes à la levée (levée lente) et ne pas semer trop profond
- Appliquer un engrais starter
- Bien tenir compte du type de sol, notamment du risque de battance.

Un semis très précoce diminue la surface foliaire et la biomasse et demande donc une densité récolte supérieure.

Arvalis considère qu'un semis avant le 1^{er} ou 5 avril pour le Sud ou le 10 ou 15 avril pour les régions Nord comporte beaucoup de risques pour un gain relativement faible.

Date semis	Abbeville	Alençon	Quimper	Rennes	Nancy	Colmar	Clermont-F.	Orléans	Angers	Niort	Toulouse	Pau	Lyon	Bordeaux	Etoile
15-mars	38	34	28	26	30	30	27	29	25	26	20	21	24	18	22
25-mars	32	30	26	25	29	29	28	28	25	24	19	18	22	17	21
05-avr	26	25	22	21	22	22	22	23	21	21	17	18	18	16	19
15-avr	20	19	17	15	15	15	16	16	14	16	13	13	14	12	14
25-avr	16	16	15	15	11	11	14	15	14	14	11	12	10	11	10
05-mai	14	13	14	12	11	10	11	12	12	12	10	10	10	10	10
15-mai	11	11	12	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8

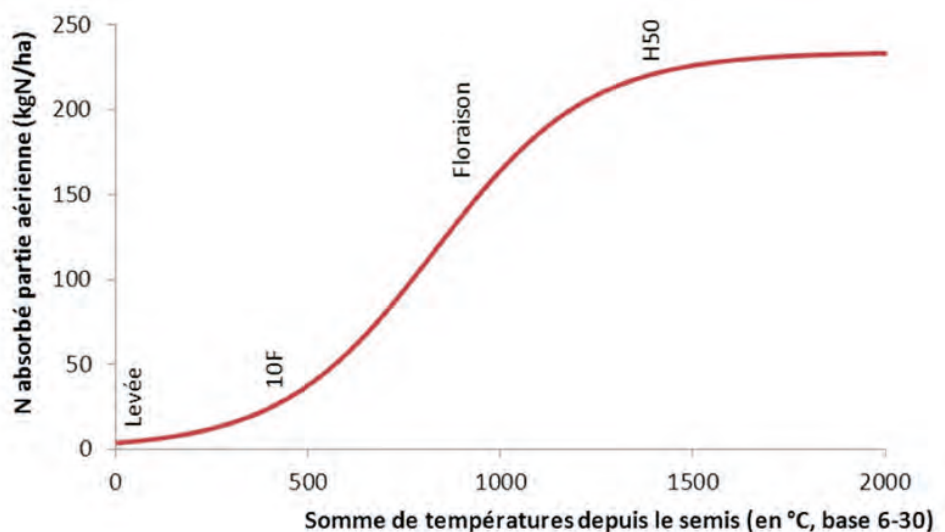
Tableau 1 : Durée de la phase semis-levée en nombre de jours pour la période 1992-2011. Les valeurs correspondent au décile 8, soit la possibilité d'avoir une durée supérieure 2 années sur 10.

LA FERTILISATION

Nous l'avons dit précédemment, le maïs (grain ou fourrage) a une **très bonne efficacité de l'azote**, mais son potentiel fait que celle-ci est très importante pour maximiser le rendement.

Les besoins de la plante augmentent pendant son cycle jusqu'au Stade Limite d'Avortement du Grain (SLAG, 250° après la floraison femelle).

CINÉTIQUE D'ABSORPTION DE L'AZOTE PAR LE MAÏS



Source : Arvalis - Le Magneraud (17), 2011-2013

On estime les besoins en fonction du rendement visé et du besoin/q, en tenant compte des fournitures du sol :

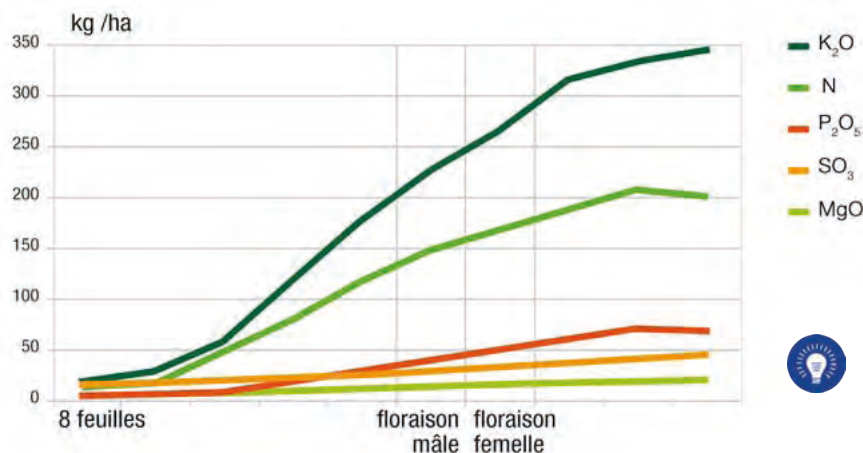
Potentiel visé	Besoin unitaire (kg/q)
< 100 q/ha	2,3
100-120 q/ha	2,2
> 120 q/ha	2,1

Rappelons que **le maïs valorise très bien les fumures organiques**. Cependant, il faut tenir compte de la minéralisation parfois aléatoire et ajuster la date d'apport en fonction de la forme de l'engrais (lisier ou fiente plus disponibles, fumier plus lent à minéraliser).

Les besoins en **Potassium** suivent la croissance de la plante et sont maximums à la floraison, ceux du **Phosphore** sont moins importants mais plus constants dans la durée.

Concernant les oligo-éléments, les fournitures du sol sont généralement suffisantes. Les carences parfois remarquées (Zinc, manganèse) résultent plutôt de blocages liés à la structure ou au pH du sol (carences induites). On peut alors intervenir avec un engrais foliaire avant de corriger la cause profonde.

COURBE D'ABSORPTION DU MAÏS



L'apport d'**engrais starter localisé** de type 18-46 favorisera le démarrage notamment par son apport de phosphore disponible et est fortement conseillé dans les sols ou régions froides.



Source : Ministère de l'Agriculture
UNIFA fertilisation-edu.fr

LA DENSITÉ DE SEMIS

La densité de plantes à la récolte est la première composante du nombre de grains/m² et donc du rendement et du revenu de l'agriculteur.

Le maïs est une plante programmée pour faire un épi par plante. Si la densité n'est pas optimale au départ de la culture, aucune intervention ne pourra augmenter la composante nombre d'épis/m² (contrairement à une céréale à paille où on peut influencer sur le tallage).

Autrement dit, **l'essentiel n'est pas d'avoir le plus bel épi, mais le plus grand nombre d'épis** (et de grains/m²).

Ne pas confondre densité de semis et objectif récolte : même si les semences de maïs sont d'excellente qualité (garantie par la certification) les pertes à la levée ne sont jamais nulles. Compter une moyenne de 5 à 10 % de pertes selon l'année et la pression des ravageurs (les solutions de protection insecticide sont de moins en moins nombreuses).

La densité récolte optimale dépend d'abord de la précocité et de la destination. En règle générale, plus l'hybride est précoce, plus il valorisera la densité. En effet, le gabarit et le nombre de grains/épi augmentent avec les indices.

On peut ainsi donner une densité seuil (la densité minimale à viser à la récolte) selon le groupe de précocité, en dessous de laquelle le rendement ne sera pas atteint, le revenu/ha est donc pénalisé. En maïs grain, pour les hybrides très précoces et précoces, on peut retenir **qu'au-dessous d'une densité récolte de 100 000 plantes /ha, on a perdu des quintaux (et donc des €) dès le semis !**

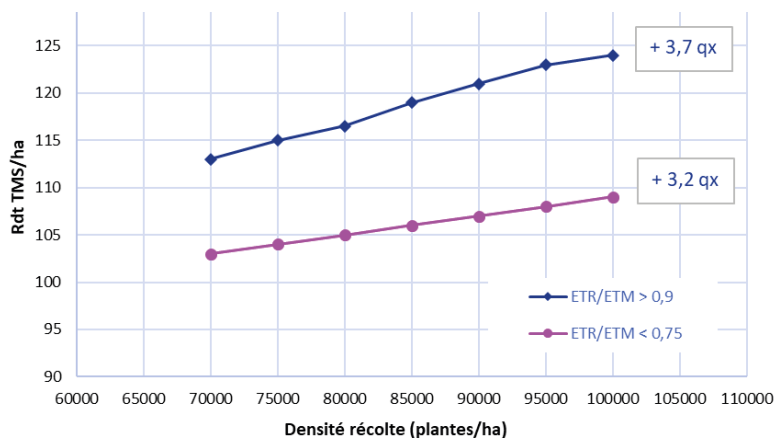
DENSITÉS RÉCOLTE PRÉCONISÉES (PLANTES/HA)

Précocité	Type de grain	Maïs grain
Très précoces	Corné ou corné-denté	100 000 à 110 000
Précoces	Corné ou corné-denté	95 000 à 105 000
Demi-précoces	Corné-denté ou denté	85 000 à 95 000
Demi-précoces	Denté	80 000 à 90 000

Si une très forte densité n'est pas toujours valorisée, elle n'est jamais pénalisante, même en situation de déficit hydrique (courbe rose).

RÉPONSE À LA DENSITÉ MAÏS GRAIN

+ 3,6 qx/ha par 10 000 plantes/ha



Source : données Arvalis 2013 - variété demi-précoce

A RETENIR

Pour un investissement semences de 18 €, le bénéfice agriculteur va jusqu'à 44 €/ha (à 120 €/T net de séchage) .

La densité récolte dépend aussi de l'attention portée à la protection contre les ravageurs de début de cycle (mouche du semis, taupins, oscinies, géomyza principalement), ainsi que les corbeaux (contre lesquels il existe peu de solutions homologuées).

Toutes les solutions qui favorisent le démarrage de la culture (dont le choix d'une **variété à bonne vigueur de départ**) constituent des leviers à mettre en œuvre dans une stratégie d'esquive.

On peut également choisir un traitement de semences insecticide (FORCE 20CS®) ou appliquer un micro-granulé, en fonction du risque identifié.

LE DÉSHÉBAGE

Le maïs est une plante très sensible à la concurrence des adventices, par son cycle court et son mode de semis avec un large inter-rang.

Il existe de nombreuses spécialités dotées de bonnes efficacités sur la flore à détruire. Les deux stratégies les plus fréquentes sont basées sur deux passages :

- Pré-levée (notamment sur graminées) puis post-levée
- Deux passages en post-levée (2-3 F puis 5 à 8 feuilles du maïs)

Il est important de traiter sur les mauvaises herbes jeunes (avant 3 à 4 feuilles), qui seront plus facile à détruire avec une dose plus faible.

Traiter avant le stade 8-10 feuilles du maïs et même avant 6-8 F pour les produits les moins sélectifs :

- Plus la plante est développée, plus elle va absorber de produit et devra donc détoxifier plus de matière active.
- A partir de la 7^{ème} feuille, la cuticule évolue et devient plus pénétrable aux produits.
- Au stade 8-10F se joue aussi l'initiation de l'épi avec ses composantes nb de rangs et nb d'ovules/rang. **Toute phytotoxicité risque d'avoir des conséquences sur l'épi** et peut donc affecter le rendement de la parcelle.

On veillera aussi à traiter sous de bonnes conditions climatiques en évitant les forts écarts climatiques et les températures trop chaudes y-compris dans les 2 à 3 jours qui suivent le traitement en évitant les températures inférieures à 10°C ou supérieures à 25°C, en particulier avec les sulfonylurées ou les hormones.

TABLEAU DES CONDITIONS CLIMATIQUES ET DU RISQUE DE PHYTOTOXICITÉ DES HERBICIDES

Avant traitement (4j)	Après traitement (4j)	Risque de phyto	Efficacité
mini <10° MAXI >30° Stressantes → Pénétration faible	Stressantes → Métabolisation faible	Moyen	Faible
	Poussantes → Bonne métabolisation	Faible	Faible
mini >10° MAXI <30° (faible hygrométrie ou maïs < 7F) ↑ Poussantes ↓ Pénétration intense (forte hygrométrie ou maïs ≥ 7F)	Stressantes → Métabolisation faible	Moyen	Moyenne
	Poussantes → Bonne métabolisation	Faible	Moyenne
	Stressantes → Métabolisation faible	Élevé	Moyenne
	Poussantes → Bonne métabolisation	Moyen	Bonne

LE BINAGE

Du fait de son semis en inter-rang large, le maïs est une culture **facile à biner**. Le binage peut compléter avantageusement le désherbage chimique ou se combiner lors des mêmes passages (on parle alors de désherbinage) avec un équipement spécifique.

Cette pratique se développe car elle permet d'éviter la sélection d'adventices résistantes et de baisser l'IFT. Elle peut être aussi agronomiquement bénéfique pour la culture par aération du sol et favorise une meilleure pénétration de l'eau.

Pour une bonne efficacité du binage, on veillera à réunir certaines conditions :

- Intervenir sur des **adventices jeunes** (2 à 4 feuilles maxi).
- Un sol bien ressuyé et une **absence de**

mottes grossières et de cailloux.

- Une **absence de pluies** dans les jours qui suivent pour éviter un ré-enracinement des mauvaises herbes.
- Intervenir sur une **culture bien implantée** pour éviter le déchaussement des plantes de maïs.
- Ne pas biner trop profond pour ne pas endommager le système racinaire du maïs.
- Etre en présence d'une **flore sans vivaces** que le binage multiplierait en sectionnant les rhizomes.

Il faut dans tous les cas intégrer cette pratique dès le semis car elle va occasionner quelques pertes de pieds et peut donc altérer la densité à la récolte. Le binage est plus efficace sur une flore constituée de dicotylédones.

PRINCIPAUX TYPES D'OUTILS UTILISÉS

Outil	Avantages	Contraintes
La bineuse	• Très bonne efficacité dans l'inter-rang • Dégâts limités sur le maïs • Efficace/adventices développées et graminées annuelles • Entretien peu coûteux	• Peu efficace en présence de cailloux • Destruction de plantes dans les courbes
La herse étrille	• Désherbe toute la surface • Utilisable sur toutes les cultures • Débit important (4 à 7 ha/h) • Demande peu de puissance	• Très dépendant des conditions sol/climat • Adventices jeunes • Plus délicat à régler • Plus agressive sur la culture • Sensible aux débris de culture
La houe rotative	• Désherbe toute la surface • Utilisable sur toutes cultures • Intéressante en sols battants • Peu sensible aux débris de culture	• Efficacité variable • Principalement dicots jeunes • Très dépendant des conditions sol/climat • Investissement élevé



RÉCOLTE & QUALITÉ

LA RÉCOLTE

La récolte du maïs grain aura 3 objectifs :

- **La recherche du meilleur rendement économique** (rendement/humidité)
- **Un bon état des plantes** pour limiter les pertes au champ (tiges creuses, casse de plantes et chute d'épis)
- **Un bon état sanitaire du grain**

On cherchera aussi à éviter une récolte trop tardive qui pourrait avoir des conséquences sur le rendement de la culture suivante en repoussant sa date de semis ou en affectant la structure du sol en conditions trop humides.

La maturité physiologique est atteinte vers 32 % d'humidité du grain. L'apparition du point noir marque la fin du remplissage du grain (entre 35 % et 32 %).

- En année favorable (températures élevées, sol sec), la perte d'humidité au champ optimisera le coût du séchage (environ 1,10 €/t par point à 30 %).
- En année plus humide, on veillera à la structure du sol et l'implantation de la culture suivante.

AVANTAGES/INCONVÉNIENTS D'UNE RÉCOLTE TROP PRÉCOCE/TARDIVE

	Avantages	Inconvénients
Récolte trop précoce	• Moins de pertes par casse ou chute d'épis • Structure de sol préservée • Semis de la culture suivante plus précoce	• Battage plus difficile • Grains écrasés, salissement de la machine • Coût séchage plus élevé • Rendement maxi non atteint
Récolte trop tardive	• Battage plus facile • Economie de frais de séchage	• Risque climatique et sur la structure • Augmentation des pertes (épis au sol) • Augmentation des risques sanitaires et qualité du grain



Source : D'après Arvalis - Institut du végétal

A RETENIR

Le manque à gagner sur la culture suivante est souvent plus important que l'économie réalisée sur les frais de séchage.

PRÉSERVER LA QUALITÉ

Les conditions de vente pour les maïs sont les suivantes :

- 15 % de teneur en eau (appelé poids « aux normes »)
- 5 % maxi de grains cassés
- 3,5 % d'impuretés

(Source : Syndicat de Paris du commerce et des industries des grains, produits du sol et dérivés)

LA QUALITÉ SE PRÉPARE AU CHAMP

Les choix tout au long de la culture vont avoir une incidence sur la qualité des grains :

- La qualité est optimale quand **la précocité de l'hybride est adaptée** et que les besoins en eau ont été pourvus.
- La qualité sanitaire est préservée si la **gestion des résidus** en interculture (broyage et incorporation) et la **lutte contre les foreurs**

ont été bien intégrées (les foreurs comme la pyrale vont favoriser le développement de fusarioses sur les épis).

- La maîtrise des adventices va jouer sur le taux d'impuretés (des graines toxiques comme le datura sont indésirables dans un lot de maïs).
- Une récolte tardive est aussi préjudiciable à la qualité sanitaire.

LA QUALITÉ AU BATTAGE

Le chantier de récolte va conditionner la qualité physique des grains (grains cassés et impuretés).

Les réglages de la batteuse et le débit de chantier sont deux éléments importants pour la qualité des grains (grains cassés, graines étrangères, rafles, grains échaudés...).

Les réglages (vitesse et serrage du batteur, "vents", ouverture des grilles) doivent être adaptés en fonction du **taux d'humidité du grain et de la variété** (selon sa facilité de battage).

Ces éléments sont importants car les grains fissurés vont se briser lors des multiples manutentions qu'ils subissent dans la chaîne de transformation.





Fusarium moniliforme sur épi



Fusarium graminearum sur épi

La qualité sanitaire est un enjeu majeur pour la filière maïs, quel que soit son débouché, alimentation humaine ou animale. Les agriculteurs qui en font une utilisation à la ferme (en porc ou en volaille notamment) en sont très conscients depuis très longtemps.

Les mycotoxines sont des composés (métabolites) secondaires produits par certains champignons sous conditions de stress (changement de température ou d'hygrométrie notamment).

On distinguera deux types de mycotoxines :

- **Les mycotoxines produites au champ** sont principalement le déoxynivalénol (DON), la zéaralénone (ZEA), les fumonisines, et les toxines T2 et HT2. Elles sont produites principalement par les champignons du genre *Fusarium graminearum* spp et *verticilloïdes* section *liseola* (voir chapitre maladies).
- **Les mycotoxines de stockage**, principalement produites par des *Aspergillus* et *Penicillium*. Ce sont les aflatoxines et l'ochratoxine (OTA). Ces mycotoxines donnent lieu à des normes ou des recommandations.

CADRE RÉGLEMENTAIRE DES PRINCIPALES MYCOTOXINES EN MAÏS GRAIN (µG/KG OU PPM)

		LMR*/ recommandation** alimentation animale (sur grains)	LMR*/recommandation** alimentation animale (aliment)	LMR*/recommandation** alimentation humaine (sur grains)
Deoxynivalenol	DON	8 000**	5 000** sauf : Veau, agneau, chevaux : 2000** Porc : 900**	1 750
Zearalenone	ZEA	2 000**	Veau, VL, ovin, caprin : 500** Truie, porc : 250** Porcelet, cochette : 100**	350
T2 et HT2		500** (total)	250** (total)	200 (total)
Fumonisines (B1 + B2)	FB1 & FB2	60 000** (somme)	Ruminant 50 000** Volaille, ovin-caprin, chevreau : 20 000** Porc, cheval, lapin, pet : 5 000*	4 000
Aflatoxines (B1, B2, G1, G2)	AFB/AFG	20*	20* sauf : Jeunes animaux : 10* Bétail laitier : 5*	5* ou 2 sur maïs trié (B1) 10* (somme AF) ou 5 sur maïs trié
Ochratoxine A	OTA		Porc : 50 Volaille : 100	5*

*LMR : Limites Maximales Réglementaires



Source : Intercéréales

FACTEURS FAVORISANT LES MYCOTOXINES

- **La floraison** : Toutes les espèces de *Fusarium* notamment *graminearum* peuvent pénétrer dans la plante par les soies, notamment en climat humide et doux (ou sous irrigation).
- **Une plante stressée** : *Fusarium (liseola)* et *Aspergillus* vont contaminer plus facilement une plante stressée (stress hydrique) ou blessée (insectes foreurs, grêle).
- **Les conditions climatiques** :
 - *F.graminearum* : conditions humides et douces (25-27°C)
 - *F.verticillioïdes* en conditions chaudes et sèches (>30°C)
 - *Aspergillus* >34°C, d'où sa présence rare en France

Si on remarque une attaque importante de l'un ou l'autre des champignons, on avancera la date de récolte pour limiter la production de mycotoxines.

Pour limiter le risque mycotoxines et éviter la progression des champignons :

- Choisir une **précocité adaptée** pour permettre une récolte précoce.
- **Protéger les parcelles** contre les insectes foreurs (pyrale, sésamie, héliothis) qui créent des portes d'entrée aux champignons.
- Limiter le délai entre la maturité et la récolte : avec le temps (notamment après le 1^{er} Novembre), les teneurs en mycotoxines augmentent significativement.
- Limiter la **durée de stockage avant séchage** (pas plus de deux jours).
- **Limiter la quantité de résidus au sol** : broyer et enfouir les pailles réduira la pression fongique en monoculture mais aussi en rotations céréalières. Cette action aura aussi un effet sur la population de foreurs.



Dégâts de pyrale sur épi



DU MAÏS GRAIN POUR LES ANIMAUX



DU MAÏS GRAIN POUR LES ANIMAUX

Une part non négligeable du maïs grain est utilisé à la ferme sous forme de **maïs grain humide (plus de 160 000 ha pour 1,3 Mt) pour l'alimentation des animaux**, principalement pour les porcs et les volailles, mais aussi de plus en plus pour les bovins en complément énergétique des rations.

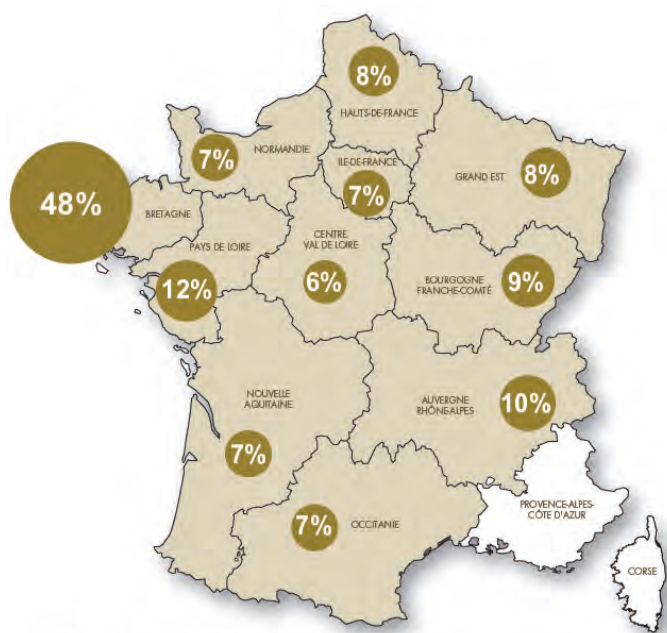
LE MAÏS GRAIN HUMIDE (MGH)

Le maïs grain est la céréale la plus énergétique, grâce à sa teneur en amidon et en acides gras. L'absence de frais de séchage et sa simplicité d'utilisation fait qu'il est très utilisé dans les élevages de porcs et est un facteur d'amélioration de la marge des élevages.

La récolte se fait à la moissonneuse-batteuse entre 26 et 35 % d'humidité voire 38 % et sa conservation se fait avec deux options :

- **Inerté (MGHI) :** le grain est stocké entier et hors d'air (inertage) en silo clos, big-bag ou silo tour. C'est le même principe que le silo d'ensilage (anaérobie).
- **Ensilé (MGHE) :** le grain est broyé à la récolte et mis en silo. Cette méthode est très utilisée par les producteurs de porcs.
- Assez peu pratiqué en France, la récolte est aussi possible en **Maïs Grain Rafle (MGR)** avec un réglage adapté de la moissonneuse-batteuse, ou en **ensilage d'épis entiers** avec une ensileuse équipée de becs cueilleurs.

Dans tous les cas, l'humidité élevée à la récolte (parfois à plus de 35 voire 40 %) permet un bon tassement du silo et à la mise en anaérobie qui permettra la bonne conservation.



x% Répartition par région de la sole maïs grain conservé humide en France (en rapport avec la surface totale de maïs grain)



Source : FNPSMS - Enquête Kleffmann 2016

AVANTAGES DU MGH CHEZ LE PORC

- **Pas de séchage** (coût et environnement)
- **L'énergie** du MGH Ensilé est plus digestible que celle du maïs grain sec (+1,6 point).
- La **valorisation des protéines** du MGH est également supérieure de 4,5 à 8 % (*).
- Au final, **l'énergie digestible** porcs est supérieure de 100 Kcal/kg MS / à celle du maïs grain sec.

- La **digestibilité du phosphore** est également supérieure (milieu acide de l'ensilage) avec un double avantage : économique sur l'achat d'aliment, et environnemental par réduction des rejets de phosphore dans les effluents (-6 à -10 % de quantité contenue dans la ration).

() On constate souvent une meilleure teneur en protéines chez les hybrides corné-dentés.*

LE MGH CHEZ LES BOVINS

NDLR : Voir aussi Les Essentiels N°2

Le MGH peut également être utilisé chez les ruminants (bovins ou caprins) **en complément d'une ration à base d'herbe ou luzerne ou pour compléter un maïs pauvre en amidon.**

Pour les bovins, il peut être distribué entier (si >35 % H₂O), aplati ou broyé, et aura une dégradabilité moins rapide que les autres céréales (blé ou orge) et sera donc moins acidogène.

Valeur UFL	Avantages	Vigilance
1,22 UFL ; 1,23 UFV/kg MS 75 % amidon 8,5 à 9% MAT 2,5 % Cellulose brute	• Concentration énergétique élevée • Pas de frais de séchage	• Stockage dédié • Récolte soignée • Surveiller teneur amidon de la ration pour VL et chèvres



LE CHOIX VARIÉTAL - FACTEUR DE RÉUSSITE DU MGH

La première étape consiste à choisir une variété de précocité adaptée à la région pour permettre une récolte précoce préservant la qualité sanitaire, élément crucial en élevage porcin. En effet, les porcs et notamment les truies et les porcelets sont particulièrement sensibles aux mycotoxines (voir chapitre sur la récolte).

Le choix d'une variété précoce présente plus de sécurité pour une récolte dans de bonnes conditions.

Le choix se portera sur une variété peu sensible à la fusariose des épis (*F.graminearum* notamment) et avec une bonne tolérance aux verses.

LA RÉCOLTE DU MGH

- **Récolter dès l'apparition du point noir sur le grain** (35-32 % d'humidité du grain chez les grains de type corné-denté). Une humidité trop basse va entraîner des difficultés de tassement, de conservation et des pertes nutritionnelles, donc de performances chez les animaux.

- En cas de symptômes de fusarioses constatés au champ, ne pas hésiter à **avancer la date de récolte** pour limiter le risque de contamination par les mycotoxines (de toute manière, ne pas récolter après le 1^{er} Novembre).

On veillera tout particulièrement à la **qualité du battage** et à la qualité sanitaire des grains récoltés, en évitant les grains fusariés ou cassés.



BIBLIOGRAPHIE

- SCEES/Agreste
Données surfaces
- Statista
Production mondiale des céréales
- Maïs culture durable
La filière maïs
- Passion Céréales
Des chiffres et des céréales, Ed.2019
- MAIZ'EUROP
Les chiffres clés maïs grain – Nov. 2019
- Arvalis
Maïs grain et fourrage – Guide de culture – 2017
Stades du maïs – Comprendre les étapes physiologiques du rendement – Edit. Arvalis 06.17
Le maïs sous toutes ses formes pour l'alimentation des bovins – Editions Arvalis 2016



www.advantaseeds.fr



@advantaFR



GÉNÉTIQUEMENT PROCHE DE VOUS



DISTINGUÉ POUR SA RÉGULARITÉ

MAÏS GRAIN



BÉNÉFICIEZ

du savoir-faire
de nos équipes de Recherche

GAGNEZ

en revenu/hectare

GARANTISSEZ

votre rendement grâce à plus
de régularité



GÉNÉTIQUEMENT PROCHE DE VOUS



www.advantaseeds.fr



@advantaFR

Advanta® est une marque enregistrée par Advanta Netherlands Holdings BV, LIMAGRAIN EUROPE - SAS au capital de 10 543 346,75 €, Siège social : Biopôle Clermont-Limagne, rue Henri
Mondor, 63360 Saint-Beaupierre, SIREN 542 009 824 RCS Clermont-Ferrand. Photos : Walter Visuel, Limagrain Europe. Adobee stock, Juillet 2020 - Les recommandations d'utilisation sont
données à titre purement indicatif et ne sauraient engager la responsabilité de Limagrain Europe à quelque titre que ce soit.

