



Un critère à prendre en considération

Précocité des variétés de maïs grain

La précocité est le premier critère de choix et de caractérisation des variétés de maïs. Critère de sélection et de segmentation de marché pour les obtenteurs, il n'est pas spontanément cité par les agriculteurs qui effectuent leurs choix de variétés au sein d'une gamme de précocité adaptée à leur région.

taire du grain et la gestion volumétrique de l'irrigation peuvent conduire à réajuster les compromis. Après un rappel des différentes unités utilisées pour qualifier la précocité des variétés, cet article rappelle la signification biologique et économique de la précocité, ainsi que les conséquences d'un choix inapproprié. Il rassemble aussi l'ensemble des références à retenir sur les variétés de maïs grain disponibles en France et expérimentées par ARVALIS - Institut du végétal au cours des 15 dernières années.

Au-delà des stades de maturité à la récolte et de l'aptitude à la culture dans une région donnée, la précocité a des effets directs et induits sur d'autres caractéristiques agronomiques. La succession d'années chaudes au cours des deux dernières

décades a conduit à des choix de variétés un peu plus tardives qui, par leurs durées de cycle plus longues, produisent généralement plus en années chaudes. Mais le poids du coût de séchage dans les charges de production, la maîtrise de la qualité sani-

Josiane Lorgeou
et Bruno Martin

j.lorgeou@arvalisinstitutduvegetal.fr
b.martin@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

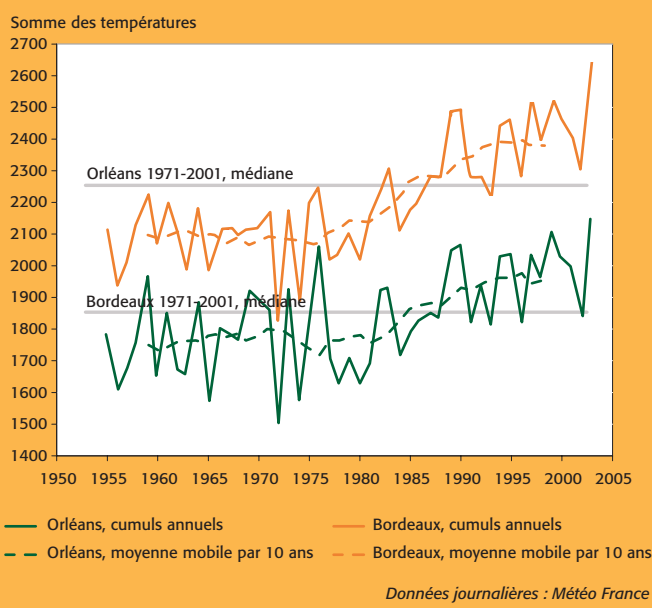
grain, qui s'étendent des groupes très précoce à très tardif, présente l'inconvénient de ne pas être extrapolable dans d'autres pays qui ont des définitions et des dénominations de groupes de précocité différentes selon l'étendue de la gamme de précocité de chacun des pays.

La qualification des variétés par l'indice FAO de l'échelle de précocité internationale résout en partie ce problème d'équivalence. Largement utilisé en France dans les années 1970, l'indice FAO apporte des précisions sur le classement des variétés au sein des groupes de précocité. Tombé en désuétude du fait de l'absence d'actualisation des indices des variétés de référence, il reste ponctuellement utilisé dans des articles scientifiques, des messages de vulgarisation et quelques pays sans toutefois présenter de garanties de calages entre les auteurs des références.

Du point de vue opérationnel, l'expression de la précocité des variétés sous forme d'écart de teneurs en eau du grain ou de taux de matière sèche à la récolte avec des variétés témoins est la méthode la plus répandue. Elle a l'avantage d'être significative du point de vue agronomique et économique. De plus, elle est explicite pour le producteur

Analyse des données historiques de sommes de températures cumulées entre le 21 avril et le 31 octobre

1995 à 2001, Orléans (45) et Bordeaux (33)



Indicateurs de précocité des variétés

La précocité est exprimée couramment de quatre façons.

Le groupe de précocité d'appartenance situe les variétés dans la gamme de précocité des variétés inscrites, expérimentées et cultivées en France. La classification au sein des 7 groupes de maïs

qui effectue son choix de variétés sur un nombre limité d'hybrides qu'il analyse en valeur relative.

La représentation de la précocité des variétés de maïs par les besoins en degrés-jours entre le semis et la maturité physiologique du grain apporte une information sur la durée de cycle des variétés dans une unité de temps biologique qui exprime correctement la vitesse de développement de la culture (*encadrés 1 et 2*). La nature agroclima-



50 des panicules visibles : c'est le stade de floraison du maïs.

Les groupes de précocité des variétés de maïs grain en France

Appellation des groupes de précocité en maïs grain en France	Codes des groupes de précocité au CTPS	Codes des listes variétales en post-inscription	Equivalence en degrés-jours (seuil 6°C) sur la période du semis à la maturité du grain		Fourchette de teneurs en eau du grain qui encadre la moyenne des variétés Témoins retenus en 2003 pour définir les groupes de précocité lors de l'inscription		Estimation de la gamme d'indices FAO de précocité
			à 35 % d'humidité	à 32 % d'humidité	Ecart de points d'humidités avec la moyenne des témoins (moy Te)	Témoins (Te) retenus pour la définition des groupes de précocité	
Très précoce	A	10	< 1620	< 1700	A < Moy Te + 0,5	Antarès°, DK 210°, Fjord°, Prinz*	140 à 230
Précoce	B	11	1620 à 1680	1680 à 1740	Moy Te - 1,4 < B < Moy Te + 1,6	Anjou 285°, Nexxos°, Prinz°, Antarès*, Aprilia*	210 à 290
Demi-Précoce C1	C1	12	1680 à 1740	1740 à 1800	Moy Te - 1,4 < C1 < Moy Te + 1,6	Anasta°, Aprilia°, DK 312°, Anjou 285°, Kuxxar*	260 à 330
Demi-Précoce C2	C2	13		1800 à 1870	Moy Te - 1,9 < C2 < Moy Te + 1,1	Baxter°, DK 312°, Kuxxar°, Anasta*, Naudi*	310 à 400
Demi tardif	D	14		1870 à 1940	Moy Te - 1,9 < D < Moy Te + 1,6	Naudi°, Panama°, Saxxoo°, Baxter*, Eski*	400 à 480
Tardif	E1	15		1940 à 2015	Moy Te - 1,8 < E1 < Moy Te + 1,7	Cécilia°, DK 532°, Eski°, Panama*, DK 604*	470 à 560
Très Tardif	E2	16		2015 à 2090	Moy Te - 1,0 < E2 < Moy Te + 2,5	DK 585°, DK 604°, DK 617°, Cécilia*	550 à 620

° : variétés de référence de productivité du groupe

* : variétés de référence des groupes de précocité adjacents

L'appartenance à un groupe de précocité s'analyse au regard d'un pool d'hybrides témoins caractérisés par une valeur moyenne de sommes de températures auquel est affectée une fourchette de teneur en eau du grain, ou de teneur en matière sèche de la plante entière, qui équivaut à la plage de sommes de température retenue pour le groupe.

2a Besoins en degrés-jours des variétés très précoces

	Classes de besoins en températures			Classes de besoins en températures	
	Du semis à la floraison	Du semis à 35 % de teneur en eau du grain		Du semis à la floraison	Du semis à 35 % de teneur en eau du grain
ACADI	830 à 850	1605 à 1625	FJÖRD	830 à 850	1605 à 1625
ADLI	830 à 850	1605 à 1625	FORMI	830 à 850	1630 à 1650
AILIZA	830 à 850	1605 à 1625	FREDI	830 à 850	1580 à 1600
AIMERI	805 à 825	1580 à 1600	GOLDABON	855 à 875	1630 à 1650
AKIM	805 à 825	1580 à 1600	GOLDENSO	830 à 850	1605 à 1625
ALLIANCE	805 à 825	1605 à 1625	GOLDOLI	805 à 825	1605 à 1625
AMILLI	830 à 850	1580 à 1600	GRACE	830 à 850	1630 à 1650
ANJOU 190	775 à 800	1555 à 1575	IMPACT	805 à 825	1580 à 1600
ANJOU 209	805 à 825	1580 à 1600	IRENE	830 à 850	1605 à 1625
ANJOU 219	805 à 825	1605 à 1625	KENZOR	805 à 825	1580 à 1600
ANJOU 222	830 à 850	1605 à 1625	KOMMODORE	830 à 850	1630 à 1650
ANJOU 228	830 à 850	1630 à 1650	KRONOS	805 à 825	1555 à 1575
ANJOU 230	830 à 850	1630 à 1650	LAURELIS	830 à 850	1605 à 1625
ANJOU 233	830 à 850	1630 à 1650	LG 2222	830 à 850	1630 à 1650
ANJOU 235	830 à 850	1605 à 1625	LG 2227	830 à 850	1605 à 1625
ANTARES	805 à 825	1605 à 1625	LG 3215	805 à 825	1580 à 1600
ANTICA	805 à 825	1580 à 1600	MAESTRIS	830 à 850	1630 à 1650
ANXXIL	805 à 825	1605 à 1625	MANATAN	775 à 800	1580 à 1600
ARDILES	805 à 825	1605 à 1625	MERIBEL	805 à 825	1580 à 1600
AXXUR	805 à 825	1580 à 1600	NERIS	805 à 825	1605 à 1625
BALTI	805 à 825	1605 à 1625	ORSAY	830 à 850	1605 à 1625
BERING	805 à 825	1580 à 1600	PASSI	805 à 825	1580 à 1600
BEXXIN	830 à 850	1605 à 1625	PERNEL	805 à 825	1605 à 1625
BIXXIO	830 à 850	1580 à 1600	PR39F83	830 à 850	1580 à 1600
BUBRI	805 à 825	1630 à 1650	PR39F83	830 à 850	1580 à 1600
CASTELIS	805 à 825	1580 à 1600	PR39G12	830 à 850	1680 à 1700
COSMIC	855 à 875	1630 à 1650	PR39H32	830 à 850	1605 à 1625
CRISSA	805 à 825	1605 à 1625	PR39H32	830 à 850	1605 à 1625
CURLING	830 à 850	1605 à 1625	PR39R10	830 à 850	1605 à 1625
DAISY	805 à 825	1555 à 1575	RAFALE	830 à 850	1605 à 1625
DAXXAR	805 à 825	1605 à 1625	RENOIR	830 à 850	1630 à 1650
DK 196	805 à 825	1580 à 1600	RICHMOND	830 à 850	1630 à 1650
DK 208	830 à 850	1580 à 1600	SABRE	830 à 850	1605 à 1625
DK 210	830 à 850	1605 à 1625	SANTORIN	855 à 875	1655 à 1675
DK242	830 à 850	1605 à 1625	SEGUR	830 à 850	1630 à 1650
DK243	805 à 825	1605 à 1625	SERAC	805 à 825	1605 à 1625
DK243	805 à 825	1605 à 1625	SIMBAD	830 à 850	1605 à 1625
DOLMEN	805 à 825	1580 à 1600	SPEEDY	775 à 800	1555 à 1575
DOMENICO	830 à 850	1605 à 1625	SYMPHONY	830 à 850	1580 à 1600
EARLY STAR	830 à 850	1580 à 1600	TIAMAT	830 à 850	1605 à 1625
ECRIN	805 à 825	1580 à 1600	TIBECO	805 à 825	1605 à 1625
EREBUS	805 à 825	1605 à 1625	TUPAN	830 à 850	1630 à 1650
FILOU	805 à 825	1605 à 1625	VDH 140	805 à 825	1630 à 1650

Besoins en degrés-jours des variétés précoces

2b

	Classes de besoins en températures			Classes de besoins en températures	
	Du semis à la floraison	Du semis à 35 % de teneur en eau du grain		Du semis à la floraison	Du semis à 35 % de teneur en eau du grain
ACORES	855 à 875	1655 à 1675	ERATHO	855 à 875	1630 à 1650
AMI	830 à 850	1630 à 1650	ETENDARD	855 à 875	1630 à 1650
ANJOU 245	855 à 875	1630 à 1650	FANION	830 à 850	1630 à 1650
ANJOU 246	830 à 850	1630 à 1650	FAXXER	830 à 850	1655 à 1675
ANJOU 248	855 à 875	1630 à 1650	FRIPON	830 à 850	1630 à 1650
ANJOU 249	855 à 875	1630 à 1650	FUXXOL	830 à 850	1605 à 1625
ANJOU 258	855 à 875	1655 à 1675	GOLDENA	830 à 850	1655 à 1675
ANJOU 265	855 à 875	1705 à 1725	HEXXER	855 à 875	1630 à 1650
ANJOU 268	855 à 875	1630 à 1650	HEXXOD	855 à 875	1655 à 1675
ANJOU 278	855 à 875	1655 à 1675	IKOS	830 à 850	1680 à 1700
ANJOU 280	880 à 900	1655 à 1675	INDIGO	855 à 875	1655 à 1675
AQUI	855 à 875	1655 à 1675	KORNELI	855 à 875	1630 à 1650
ARGENTERA	880 à 900	1655 à 1675	KRISTI	880 à 900	1655 à 1675
AROBASE	880 à 900	1630 à 1650	LEXXIC	880 à 900	1630 à 1650
ATUGAN	830 à 850	1630 à 1650	LG 2244	830 à 850	1630 à 1650
AUBADE	855 à 875	1630 à 1650	LG 2272	855 à 875	1655 à 1675
BACCHUS	855 à 875	1655 à 1675	LG 2275	855 à 875	1655 à 1675
BAILLI	855 à 875	1655 à 1675	LG 2280	880 à 900	1655 à 1675
BALTIMORE	855 à 875	1655 à 1675	LG 3245	855 à 875	1630 à 1650
BANGUY	830 à 850	1630 à 1650	LG 3267	880 à 900	1630 à 1650
BASTAN	880 à 900	1630 à 1650	LG 3281	880 à 900	1630 à 1650
BELVI	855 à 875	1630 à 1650	LORETTO	855 à 875	1630 à 1650
BEMOL	855 à 875	1605 à 1625	LUXXAC	880 à 900	1630 à 1650
BENEFIC	855 à 875	1630 à 1650	MAGISTER	855 à 875	1655 à 1675
BOSCO	830 à 850	1630 à 1650	MAGISTRAL	855 à 875	1630 à 1650
BOTTI	855 à 875	1655 à 1675	MENUET	855 à 875	1630 à 1650
BUGATI	855 à 875	1630 à 1650	MIKIS	830 à 850	1630 à 1650
CANTATE	855 à 875	1655 à 1675	MONCADA	855 à 875	1630 à 1650
CASSINI	855 à 875	1630 à 1650	MONOPOL	830 à 850	1630 à 1650
CELEST	830 à 850	1630 à 1650	MONUMENTAL	855 à 875	1630 à 1650
COLT	830 à 850	1655 à 1675	ORACLE	855 à 875	1630 à 1650
CORSAIRE	830 à 850	1680 à 1700	PANTHER	855 à 875	1630 à 1650
DARIUS	855 à 875	1630 à 1650	PISTOLE	855 à 875	1630 à 1650
DATCHA	830 à 850	1605 à 1625	PLUTON	830 à 850	1655 à 1675
DEFI	855 à 875	1655 à 1675	PR39A37	855 à 875	1630 à 1650
DELITOP	855 à 875	1630 à 1650	PR39D35	855 à 875	1630 à 1650
DIAMANTIS	880 à 900	1630 à 1650	PR39M90	855 à 875	1630 à 1650
DIONE	830 à 850	1630 à 1650	PR39V89	855 à 875	1655 à 1675
DIXI	830 à 850	1680 à 1700	PR39Y16	880 à 900	1655 à 1675
DK 232	855 à 875	1630 à 1650	PRINZ	830 à 850	1630 à 1650
DK 246	855 à 875	1630 à 1650	RIVALDO	830 à 850	1630 à 1650
DK 250	805 à 825	1630 à 1650	SANDRINA	855 à 875	1605 à 1625
DK 256	855 à 875	1630 à 1650	SEGOVIA	855 à 875	1655 à 1675
DK 259	830 à 850	1655 à 1675	STADIUM	855 à 875	1630 à 1650
DK 262	855 à 875	1655 à 1675	TACOMA	880 à 900	1655 à 1675
DK272	880 à 900	1630 à 1650	TARRO	855 à 875	1630 à 1650
DK287	880 à 900	1655 à 1675	VALORIS	830 à 850	1630 à 1650
DKC3420	880 à 900	1630 à 1650	VENDOME	830 à 850	1630 à 1650
EBENE	855 à 875	1655 à 1675	ZOMBA	855 à 875	1655 à 1675



L'écart du taux de matière sèche à la récolte avec des variétés témoins permet d'apprécier la précocité des grains.

2c Besoins en degrés-jours des variétés **demi-précoces C1**

	Classes de besoins en températures				Classes de besoins en températures		
	Du semis à la floraison	Du semis à 35 % de teneur en eau du grain	Du semis à 32 % de teneur en eau du grain		Du semis à la floraison	Du semis à 35 % de teneur en eau du grain	Du semis à 32 % de teneur en eau du grain
ADONIS	855 à 875	1680 à 1700	1730 à 1750	KADDI	880 à 900	1680 à 1700	1755 à 1775
AGROSTAR	935 à 950	1730 à 1750	1805 à 1825	LAUREAT	905 à 930	1705 à 1725	1780 à 1800
ANASTA	905 à 930	1705 à 1725	1780 à 1800	LEOTO	880 à 900	1680 à 1700	1755 à 1775
ANJOU 285	855 à 875	1655 à 1675	1700 à 1725	LG 2289	880 à 900	1680 à 1700	1730 à 1750
ANJOU 295	905 à 930	1680 à 1700	1700 à 1725	LG 2290	880 à 900	1680 à 1700	1730 à 1750
ANJOU 308	935 à 950	1730 à 1750	1780 à 1800	LG 2306	905 à 930	1680 à 1700	1700 à 1725
ANJOU 310	935 à 950	1730 à 1750	1780 à 1800	LG 2307	905 à 930	1730 à 1750	1780 à 1800
ANJOU 37	880 à 900	1705 à 1725	1780 à 1800	LG 3303	880 à 900	1680 à 1700	1755 à 1775
APRILIA	905 à 930	1680 à 1700	1755 à 1775	LG 3310	905 à 930	1730 à 1750	1780 à 1800
ATALANTE	855 à 875	1680 à 1700	1730 à 1750	LINGOT	855 à 875	1730 à 1750	1805 à 1825
BOBINO	880 à 900	1680 à 1700	1730 à 1750	MANDRA	905 à 930	1705 à 1725	1780 à 1800
BRISSAC	855 à 875	1655 à 1675	1730 à 1750	MECENIS	905 à 930	1680 à 1700	1755 à 1775
BRUCE	935 à 950	1705 à 1725	1755 à 1775	MESNIL	880 à 900	1730 à 1750	1780 à 1800
CELEXIA	905 à 930	1705 à 1725	1780 à 1800	MEXXEO	880 à 900	1730 à 1750	1780 à 1800
CENTENA	880 à 900	1655 à 1675	1700 à 1725	MONTANIS	880 à 900	1750 à 1775	1830 à 1850
CHAMBORD	855 à 875	1705 à 1725	1755 à 1775	MONTCALM	905 à 930	1705 à 1725	1755 à 1775
CHANTILLI	935 à 950	1730 à 1750	1780 à 1800	NEXXIA	855 à 875	1680 à 1700	1755 à 1775
CLARICA	905 à 930	1680 à 1700	1730 à 1750	NEXXOS	880 à 900	1630 à 1650	1700 à 1725
COCAGNE	880 à 900	1730 à 1750	1805 à 1825	NICCO	880 à 900	1655 à 1675	1730 à 1750
COCHISE	855 à 875	1630 à 1650	1700 à 1725	NOBILIS	855 à 875	1705 à 1725	1780 à 1800
CORRIDA	880 à 900	1680 à 1700	1700 à 1725	NOVADOUR	935 à 950	1705 à 1725	1755 à 1775
CAZI	880 à 900	1730 à 1750	1780 à 1800	NOXXAD	880 à 900	1705 à 1725	1805 à 1825
DK 295	905 à 930	1705 à 1725	1755 à 1775	OPTI	905 à 930	1705 à 1725	1805 à 1825
DK 298	880 à 900	1705 à 1725	1755 à 1775	PAVI	855 à 875	1705 à 1725	1755 à 1775
DK 300	905 à 930	1705 à 1725	1780 à 1800	POLLEN	935 à 950	1730 à 1750	1780 à 1800
DK 312	905 à 930	1705 à 1725	1780 à 1800	PONTOS	855 à 875	1655 à 1675	1755 à 1775
DK281	905 à 930	1655 à 1675	1730 à 1750	PR38A67	880 à 900	1680 à 1700	1730 à 1750
DK291	905 à 930	1705 à 1725	1755 à 1775	PR38R69	880 à 900	1655 à 1675	1730 à 1750
DK292	905 à 930	1680 à 1700	1755 à 1775	PR39F58	880 à 900	1680 à 1700	1730 à 1750
DK313	905 à 930	1705 à 1725	1755 à 1775	PR39R20	880 à 900	1680 à 1700	1755 à 1775
DK315	905 à 930	1705 à 1725	1755 à 1775	QUALITIS	905 à 930	1655 à 1675	1730 à 1750
DKC3660	880 à 900	1680 à 1700	1755 à 1775	SAFRANE	880 à 900	1680 à 1700	1730 à 1750
ELECTRON	855 à 875	1630 à 1650	1700 à 1725	SALTILLO	880 à 900	1630 à 1650	1700 à 1725
ESTEREL	855 à 875	1655 à 1675	1730 à 1750	SOLAL	855 à 875	1705 à 1725	1780 à 1800
FABULIS	905 à 930	1730 à 1750	1780 à 1800	SPLENDIS	880 à 900	1705 à 1725	1755 à 1775
FLAVI	880 à 900	1680 à 1700	1780 à 1800	STARBEL	880 à 900	1705 à 1725	1780 à 1800
FLOC	935 à 950	1705 à 1725	1755 à 1775	SUNSET	855 à 875	1730 à 1750	1805 à 1825
FRANKI	880 à 900	1680 à 1700	1755 à 1775	VALOI	880 à 900	1705 à 1725	1780 à 1800
GAVOTT	855 à 875	1655 à 1675	1755 à 1775	VDH 295	880 à 900	1705 à 1725	1755 à 1775
HAVANE	880 à 900	1705 à 1725	1755 à 1775	VENDEE	855 à 875	1655 à 1675	1700 à 1725
HIBISCUS	855 à 875	1705 à 1725	1755 à 1775	VINCENNES	855 à 875	1705 à 1725	1780 à 1800
HIFI	855 à 875	1680 à 1700	1755 à 1775	VITTORIA	905 à 930	1680 à 1700	1730 à 1750
JIMMI	905 à 930	1680 à 1700	1730 à 1750				

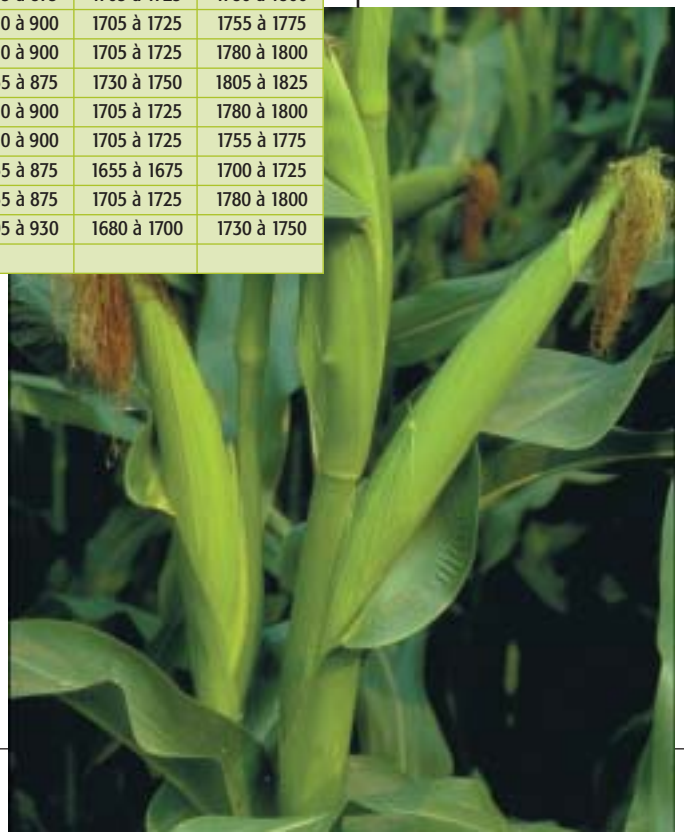
Besoins en degrés-jours des variétés **demi-précoces C2** **2d**

	Classes de besoins en températures	
	Du semis à la floraison	Du semis à 32 % de teneur en eau du grain
ANJOU 381	955 à 975	1830 à 1850
BAXTER	980 à 1000	1830 à 1850
CHERIF	935 à 950	1780 à 1800
CITIZEN	955 à 975	1830 à 1850
COGNAC	980 à 1000	1830 à 1850
DESTRI	955 à 975	1805 à 1825
DIOR	980 à 1000	1805 à 1825
DK 314	955 à 975	1775 à 1800
DK353	935 à 950	1830 à 1850
DK440	955 à 975	1855 à 1875
DUKLA	955 à 975	1855 à 1875
ELOGE	980 à 1000	1855 à 1875
ETNIS	980 à 1000	1775 à 1800
FINKAS	935 à 950	1905 à 1925
GOLDACO	980 à 1000	1805 à 1825
GOLDIVIN	955 à 975	1805 à 1825
KRIB	955 à 975	1830 à 1850
KUXXAR	935 à 950	1775 à 1800
LAPOPI	955 à 975	1855 à 1875
MASABA	935 à 950	1830 à 1850
OPHELI	990 à 1000	1830 à 1855
PR38K29	955 à 975	1775 à 1800
RELAX	980 à 1000	1775 à 1800
TEXXUD	955 à 975	1880 à 1900

La durée de cycle des variétés dans un temps donné exprime la vitesse de développement de la culture.

tique de cette unité a l'avantage de pouvoir relier des caractéristiques génétiques, agronomiques et géographiques. Elle fournit un lien fonctionnel entre la précocité des variétés et le zonage géographique des disponibilités en températures (*encadré 3*). Elle permet de raisonner le choix de la précocité en tenant compte de l'adéquation entre les besoins des variétés

et l'offre en températures des milieux pour différentes hypothèses climatiques (analyses fréquentielles sur des données météo historiques), de dates de semis et de récolte et d'objectifs de maturité à la récolte. Le fondement biologique de l'expression des durées de cycle des variétés en degrés-jours milite pour une généralisation de la caractérisation de la précoci-



2e

Besoins en degrés-jours des variétés **demi-tardives**

	Classes de besoins en températures			Classes de besoins en températures	
	Du semis à la floraison	Du semis à 32 % de teneur en eau du grain		Du semis à la floraison	Du semis à 32 % de teneur en eau du grain
AMMON	980 à 1000	1930 à 1950	KALIS	980 à 1000	1930 à 1950
ANJOU 360	980 à 1000	1805 à 1825	LEONIS	1005 à 1025	1930 à 1950
ANJOU 400	980 à 1000	1880 à 1900	LG 2380	955 à 975	1830 à 1850
ANJOU 441	1005 à 1025	1855 à 1875	LG 2447	1005 à 1025	1880 à 1900
ANJOU 450	1005 à 1025	1880 à 1900	LG 2450	980 à 1000	1880 à 1900
BAOBAB	1005 à 1025	1880 à 1900	LG 3457	1005 à 1025	1905 à 1925
BELMONT	1005 à 1025	1880 à 1900	LG 3458	1005 à 1025	1905 à 1925
BUKARI	1005 à 1025	1855 à 1875	MADERA	955 à 975	1880 à 1900
BURTON	980 à 1000	1905 à 1925	MAHORA	1005 à 1025	1905 à 1925
BUXI	980 à 1000	1880 à 1900	MANDARIN	980 à 1000	1905 à 1925
CAPITOL	1005 à 1025	1855 à 1875	MERIDIEN	980 à 1000	1855 à 1875
CATALPA	1005 à 1025	1905 à 1925	MICASTAR	980 à 1000	1830 à 1850
CATHAR	1005 à 1025	1905 à 1925	MONBLANC 391	955 à 975	1855 à 1875
CEDEX	980 à 1000	1855 à 1875	NASDAC	955 à 975	1830 à 1850
CHARRON	1005 à 1025	1905 à 1925	NAUDI	1005 à 1025	1905 à 1925
CISKO	980 à 1000	1905 à 1925	NIRVANA	980 à 1000	1855 à 1875
CONCA	980 à 1000	1880 à 1900	NOEMI	1005 à 1025	1930 à 1950
DK 475	980 à 1000	1855 à 1875	PANZI	1005 à 1025	1905 à 1925
DK 476	980 à 1000	1905 à 1925	PARDI	980 à 1000	1930 à 1950
DK 479	980 à 1000	1905 à 1925	PECARI	1005 à 1025	1930 à 1950
DK434	955 à 975	1855 à 1875	PR36Y95	980 à 1000	1905 à 1925
DKC5011	980 à 1000	1880 à 1900	PR37B35	980 à 1000	1880 à 1900
DKC5050	980 à 1000	1905 à 1925	PR37Y15	980 à 1000	1880 à 1900
DOLBI	1005 à 1025	1905 à 1925	PR38A24	980 à 1000	1880 à 1900
DUNIA	1005 à 1025	1880 à 1900	QUINTIS	980 à 1000	1855 à 1875
EXCELLIS	1005 à 1025	1880 à 1900	RAGUSA	980 à 1000	1880 à 1900
FEROUZ	1005 à 1025	1880 à 1900	SAMSARA	1005 à 1025	1880 à 1900
FIACRE	980 à 1000	1855 à 1875	SAXXOO	980 à 1000	1880 à 1900
FRUCTIS	980 à 1000	1880 à 1900	SOXXBI	980 à 1000	1880 à 1900
FURIO	955 à 975	1855 à 1875	SURTEP	980 à 1000	1905 à 1925
GOLDADOR	1005 à 1025	1855 à 1875	TIZONA	980 à 1000	1905 à 1925
GOLDAMI	1005 à 1025	1905 à 1925	VIC	955 à 975	1880 à 1900
GRANNI	1005 à 1025	1880 à 1900			

té par cet indice. Cette définition de la précocité a été adoptée par le CTPS qui propose désormais, depuis l'année 2000, une équivalence des groupes de précocité d'inscription des variétés de maïs sous forme de classes de sommes de températures. Le *tableau 1* présente les correspondances entre ces quatre unités d'expression de la précocité qui coexistent du fait de leur intérêt pour différents types d'utilisation.

Des caractéristiques liées à la précocité

L'humidité du grain à la récolte

L'effet le plus connu de la précocité des variétés de maïs concerne le stade de maturité à la récolte. Lorsque l'offre climatique est limitante, suite à un choix de variété un peu tardive pour la région et la date de semis, ou bien en cas d'années froides, la culture ne dispose pas de suffisamment de degrés-jours pour atteindre la maturité physiologique en bonnes conditions. Ceci se traduit par des teneurs en eau du grain élevées qui occasionnent des surcoûts de séchage, diminuent la qualité de battage (casse et impuretés) et compliquent la logistique de la collecte. La solution de différer la date de récolte, alors que les températures diminuent au cours de l'automne, ne permet pas toujours d'abaisser sensiblement les humidités. Aux réflexions appliquées pour ramener le rendement aux normes et compenser le séchage, estimées entre 0,7 et 1,2 q/ha par point d'humidité du grain selon la teneur en eau du grain à la récolte, le rendement et le prix du maïs, s'ajoutent des effets indirects plus difficiles à quantifier.

Dates et conditions de récolte

Des récoltes retardées présentent des risques de travaux en mauvaises conditions de ressuyage des sols et



Maïs corné-denté et maïs denté. Les variétés cornés-dentés représentent 35 à 40 % du marché du maïs grain.

2f Besoins en degrés-jours des variétés tardives

	Classes de besoins en températures			Classes de besoins en températures	
	Du semis à la floraison	Du semis à 32 % de teneur en eau du grain		Du semis à la floraison	Du semis à 32 % de teneur en eau du grain
BALKA	1030 à 1050	1980 à 2000	GOLDUXY	980 à 1000	1930 à 1950
BELISAMA	1005 à 1025	1930 à 1950	LAZARO	1005 à 1025	1880 à 1900
BIARIS	1030 à 1050	1980 à 2000	LG 3590	1030 à 1050	2030 à 2050
BUZET	1030 à 1050	1930 à 1950	MONFORT	1030 à 1050	1930 à 1950
CAMBIO	1005 à 1025	2005 à 2025	OKAPI	1030 à 1050	1930 à 1950
CECILIA	1030 à 1050	1980 à 2000	PANAMA	1005 à 1025	1905 à 1925
CERBERE	1005 à 1025	1930 à 1950	PAOLIS	1030 à 1050	1955 à 1975
CITADEL	1005 à 1025	1955 à 1975	PR34A92	1030 à 1050	2005 à 2025
CRESUS	1005 à 1025	1955 à 1975	PR34F02	1005 à 1025	1955 à 1975
CRIDOR	1030 à 1050	1980 à 2000	PR34G13	1005 à 1025	1980 à 2000
DIAPASON	980 à 1000	1930 à 1950	PR35P12	1005 à 1025	1955 à 1975
DK 585	1030 à 1050	2005 à 2025	PR35Y65	1005 à 1025	1955 à 1975
DK532	1030 à 1050	1955 à 1975	PR36B08	980 à 1000	1930 à 1950
DKC5735	1030 à 1050	1980 à 2000	PR36G12	1005 à 1025	1930 à 1950
EIFFEL	1005 à 1025	1930 à 1950	RAYAK	1030 à 1050	1955 à 1975
ELFI	1005 à 1025	1905 à 1925	REMI	1005 à 1025	1980 à 2000
ESKI	1005 à 1025	1930 à 1950	SALSA	1005 à 1025	1980 à 2000
FABRI	1005 à 1025	1905 à 1925	SELENE	1005 à 1025	1980 à 2000
FESTI	980 à 1000	1930 à 1950	SEM 455	1005 à 1025	1930 à 1950
GIBSI	1005 à 1025	1930 à 1950	STORIA	1005 à 1025	1880 à 1900
GOLDINTER	1005 à 1025	1930 à 1950	TIXXUS	1005 à 1025	2005 à 2025
GOLDIXOS	1030 à 1050	1930 à 1950	TOXXOL	1030 à 1050	1930 à 1950
GOLDONIA	1005 à 1025	1930 à 1950	VOXXAN	1005 à 1025	1930 à 1950

2g Besoins en degrés-jours des variétés très tardives

	Classes de besoins en températures	
	Du semis à la floraison	Du semis à 32 % de teneur en eau du grain
BONNER	1030 à 1050	2005 à 2025
CUARTAL	1030 à 1050	2005 à 2025
DK 604	1030 à 1050	2005 à 2025
DK573	1055 à 1075	2030 à 2050
GOLDASTE	1030 à 1050	2005 à 2025
GOLDUCA	1005 à 1025	2030 à 2050
LERIDIS	1030 à 1050	2005 à 2025
LG 2552	1030 à 1050	2005 à 2025
PR33J24	1055 à 1075	2030 à 2050
PRISCA	1055 à 1075	2030 à 2050
TUXXEO	1055 à 1075	2005 à 2025

de décalage des semis des céréales d'hiver. Lors d'automne pluvieux, l'altération de la structure du sol a des arrière effets sur la culture suivante. Les opportunités de réaliser précocement en bonnes conditions un broyage des pailles et un déchaumage d'inter-cultures entre deux maïs diminuent. Certes, les progrès génétiques de tenue de tige à maturité et la maîtrise de la protection contre la pyrale et la sésamie ont donné une souplesse indéniable aux dates de récolte, notamment dans les zones

Une corrélation biogique existe entre le rendement et la tardiveté.



Des stades de développement et des durées de phases de croissance bien représentés par les sommes de degrés-jours

Du semis à la floraison femelle

La durée de la phase semis-floraison est globalement proportionnelle au nombre de feuilles des hybrides qui est une caractéristique génétique. Les variétés tardives qui ont de 18 à 22 feuilles ont besoin de plus de degrés-jours que les précoces qui émettent de 15 à 17 feuilles. Les écarts des sommes de degrés-jours observés entre lieux sur cette période s'expliquent par l'effet des températures de sol subies par les plantes jusqu'au stade 7-10 feuilles (50 % feuilles visibles). Une majoration (sols froids, battants) ou une minoration (sols caillouteux, sableux, à réchauffement rapide) de 50 degrés-jours permet d'intégrer ce facteur de fluctuation. Un déficit

hydrique important durant la période qui précède la floraison peut entraîner un léger retard de la floraison femelle. En moyenne, il faut compter de 40 à 48 degrés-jours pour l'émission d'une feuille entre les stades 40 à 85 % de feuilles visibles.

De la floraison à la récolte en fourrage

Les différences de teneur en matière sèche plante entière observées à la récolte entre hybrides proviennent en grande partie des écarts de précocité à la floraison femelle. Pour atteindre 32 % de teneur en matière sèche depuis la floraison femelle, il faut en moyenne 615 à 640 degrés-jours pour les hybrides très précoces à précoces, environ 625 à 665 degrés-jours pour les hybrides précoces à demi-précoces. Vers le stade 32 %

de MS, un point de teneur en matière sèche équivaut à 21 à 23 degrés-jours. Ces valeurs restent néanmoins à pondérer selon les conditions de culture. La teneur en matière sèche de la plante entière dépend certes, du stade de maturité du grain, mais également du rapport de poids de grains sur le poids de plante entière et de l'état de dessèchement des tiges et feuilles.

De la floraison à la récolte du grain

Les périodes « floraison-maturité physiologique du grain » sont elles aussi variables en fonction de la précocité des génotypes. Elles dépendent aussi des familles génétiques et des types de grain. Les maïs à grain denté présentent en général des vitesses de

dessiccation du grain plus rapides que les types cornés. La variabilité de la cinétique de maturation peut être aussi importante au sein d'un même groupe de précocité. Le constat de classement variable des précocités à la récolte selon la teneur en eau du grain justifie des estimations de précocité en degrés-jours à différents stades de maturité du grain. Les besoins en degrés-jours après la floraison pour atteindre différents niveaux de maturité du grain sont stables en bonnes conditions de culture. Cependant, il a été constaté que des déficits hydriques prononcés après la floraison entraînent une accélération de la vitesse de dessiccation du grain.

de monoculture du Sud-Ouest, qui permet du séchage sur pied.

Qualité de la collecte

La préservation de la qualité sanitaire du grain conduit à réhabiliter des approches plus sécuritaires de choix de précocité de variétés. Il semble, en effet, que les récoltes très tardives augmentent les risques de myco-toxines de champ en cas de symptômes de fusarioses sur épis, de maturations tardives (années froides ou semis tardifs sans changement de précocité) et d'automnes très humides.

Rendements souvent corrélés à la tardiveté

C'est parce que ces effets négatifs de la tardiveté n'annulent pas toujours l'avantage de productivité de variétés un peu tardives que le choix de la précocité des variétés est parfois difficile à arbitrer. La succession des années chaudes au cours des deux dernières décades (figure 1) a conduit à sur-exprimer l'intérêt économique des variétés en limite de tardiveté, tant en terme de bonus de rendement, que de sous estimation du malus d'humidité du grain à la récolte. Les résultats des essais de comparaisons variétales des dernières années ont pleinement extériorisé la corrélation biologique positive entre le rendement et la tardiveté, estimée en moyenne entre 2 et 2,5 q/ha par point d'humidité. En effet, lorsque les températures sont excédentaires par rapport aux besoins pour atteindre la maturité avant le 10 octobre, les variétés les plus précoces en terminant leur cycle plus tôt ne valorisent pas le rayonnement photosynthétique encore disponible, alors que les plus tardives bénéficient d'une période de fonctionnement plus longue. C'est la différence de durée d'interception et de fonctionnement de la culture qui explique les écarts de rendement.

Le calcul des degrés-jours

2

Le fait que les vitesses de développement et les durées des phases de croissance du maïs soient bien représentées par les degrés-jours et soient des caractéristiques génétiques a permis de traduire la précocité par un indicateur climatique de durée de cycle. Les calculs de degrés-jours aux seuils 6°C-30°C utilisés en France s'effectuent par cumuls des degrés-jours journaliers selon la formule :

$$\frac{T_{\text{mini}} + T_{\text{maxi}}}{2} - 6^{\circ}\text{C}$$

avec les règles suivantes :

- T mini = Température minimale journalière
- T maxi = Température maximale journalière
- Si la température moyenne est inférieure à 6°C, la journée compte zéro (0) degré-jour.
- Si la température maximale est supérieure à 30°C, alors c'est la valeur de 30°C qui est retenue comme T maxi.

Les valeurs de degrés-jours sont généralement exprimées et calculées à partir des températures d'air mesurées sous abri météorologique.

Les seuils de 6°C et 30°C sont assimilés respectivement à un zéro de végétation et à un optimum thermique, alors

qu'ils ne le sont pas strictement. Testés sur un très grand nombre de références, ils ont été choisis pour leur aptitude à minimiser les erreurs de prédiction des dates de floraison et de stades de maturité du grain.

Retenir des températures d'air présente toutefois des limites, car elles ne correspondent pas toujours aux températures perçues par les plantes et les zones de différenciation, de division et croissance cellulaires. Les écarts les plus marqués se situent en début de culture, alors que l'apex est soumis aux températures de sol jusque vers le stade 8-10 feuilles visibles. Des pondérations par l'aptitude au réchauffement du sol (taux de cailloux, couleur, battance, etc.), l'ensoleillement, les dates de semis et la fréquence des pluies sont nécessaires. Plus globalement, de mauvaises conditions de croissance peuvent affecter la vitesse de développement. Des déficits hydriques marqués peuvent aussi retarder la floraison, accélérer la vitesse de dessiccation du grain ou d'évolution de la teneur en matière sèche de la plante entière.



Du semis à 8-10 feuilles visibles, la vitesse de développement du maïs est une condition nécessaire pour l'aptitude du réchauffement du sol.

Tactique aléatoire de l'esquive des déficits hydriques

En zones à déficits hydriques récurrents et à risques de restrictions précoces de l'irrigation, la question du décalage des concordances entre la période de plus faibles disponibilités en eau et des plus grands besoins en eau des plantes par le choix de variétés plus précoces est récurrente. Il en est de même pour la pertinence de choix de précocité de variétés dont le cycle plus court économiserait un passage d'irrigation. Or, les expérimentations conduites sur le sujet présentent des résultats très variables. Ceci est à relier à la diversité des scénarios de régimes des pluies dont ont bénéficié les essais, à l'intensité des stress hydriques et aux disponibilités en températures, ainsi qu'aux différences de précocité et de potentiel des variétés.

Les besoins en températures des variétés

En France, les variétés sont caractérisées par leur durée de cycle exprimée en degrés-jours. Le tableau 2a à 2g fournit l'ensemble des références disponibles sur les variétés disponibles à la vente et étudiées au cours des dernières années dans le réseau de Post-Inscription ARVALIS - Institut du végétal et SEPROMA.

Les besoins en température des variétés sont présentés par classes de 25 en 25 degrés-jours sur les périodes semis-floraison et semis-maturité. Les variétés sont classées par ordre alphabétique à l'intérieur de chacun des groupes de précocité, exprimés par leurs dénominations et leurs classes de sommes de températures. Les stades de maturité retenus pour exprimer la précocité à la récolte sont de 35 % de teneur en eau du grain pour les variétés « Très précoces à Demi-Précoces » et de 32 % pour tous

les groupes demi-précoce à très tardif. Ils correspondent à des niveaux de teneur en eau pertinents pour juger l'adaptation de la précocité des variétés dans une zone de culture. Il faut en moyenne compter 17 à 25 degrés-jours par point d'humidité selon la vitesse de dessiccation des hybrides pour extrapoler les références à d'autres stades de maturité.

La précision des références est de l'ordre de 25 degrés-jours, ce qui équivaut à 2 jours à la floraison, 1,2 point de teneur en eau du grain ou de teneur en matière sèche de la plante entière. Les valeurs proposées dans le *tableau 2a à 2g* résultent de l'exploitation des données de dates de floraison et de teneurs en eau du grain des essais du réseau Variétés de Post-Inscription ARVALIS - Institut du végétal et SEPRO-

MA. Des calages sont réalisés à l'aide d'expérimentations portant sur la vitesse de maturation des variétés de référence (témoins de productivité et de précocité des différents groupes de précocité).

Les valeurs fournies pour les variétés expérimentées pour la première année en



2003

sont à considérer comme provisoires. En effet, les teneurs en eau du grain de la campagne d'expérimentation 2003 sont un peu faibles pour prétendre à une bonne qualité d'extrapolation aux humidités habituellement retenues pour caractériser les variétés sur leur durée de cycle. La précision étant améliorée avec le nombre de références et la diversité des stades de maturité des essais considérés pour l'analyse des données, des ajustements seront effectués pour les hybrides récents sur la base des résultats d'expérimentation de l'année 2004. ■

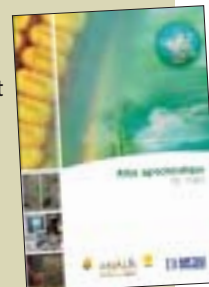
Les progrès génétiques ont permis une réelle souplesse dans les dates de récolte.



Toutes les données climatiques

3

L'*atlas agroclimatique du Maïs* en France présente les disponibilités climatiques pour la culture du maïs grain et du maïs fourrage. Ouvrage de référence et de bonne qualité graphique, il valorise toutes les données climatiques historiques disponibles à METEO-FRANCE sur la période 1971 à 2001. Le maillage de près de 2000 postes climatiques en pluviométrie et 670 postes en température contribue à des interpolations géographiques de précision.



La brochure propose des cartes de zonages des 7 paramètres agroclimatiques les plus importants pour la culture du maïs avec :

- 36 cartes portant sur les sommes de températures, dates de premières gelées, précipitations, bilan hydrique potentiel, etc
- calculés sur des périodes pertinentes du point de vue de la phénologie et de la croissance de la culture,
- 40 cartes d'adaptation des groupes de précocité des variétés aux différentes zones de culture.

Le texte d'accompagnement présente :

- un rappel des grands principes de l'élaboration du rendement du maïs,
- la définition des groupes de précocité par un indice de sommes de températures,
- des données d'aide à la prévision des stades.

La brochure est disponible auprès de :
Editions ARVALIS – Institut du végétal
BP 5
14410 VASSY
Tél. : 01 31 59 25 00
Fax : 02 31 69 44 35
Prix : 44 € port compris

Besoins en degrés-jours pour différentes phases du cycle de la culture

Phase	Durée moyenne en degrés-jours (dj)	Pondérations et remarques
Semis – Levée	80 °dj	Ajouter 40 à 50° C pour sols froids, battants, clairs et les semis très précoces
Apparition d'une feuille	40 à 45 dj	Différences négligeables entre variétés
Nombre final de feuilles	constante variétale, avec des effets du climat de 1 feuille	Variation de 15 à 22 feuilles selon les variétés
Semis-floraison	790 à 1070 dj selon les variétés	Pour ces 2 phases du cycle, pondérer les besoins en degrés-jours des variétés :
Semis – Récolte à 32 % de matière sèche de la plante entière	1360 à 1800 dj selon les variétés	• si semis tardif (après 10 mai) : retrancher 50 dj
Semis – Récolte 32 % de teneur en eau du grain	1600 à 2100 dj selon les variétés	• sols froids/limons battants/sol humide au démarrage, ajouter 50 dj
Perdre 1 % d'humidité du grain (entre 60 et 30 %)	20°dj	• compter plutôt 10 à 15 dj entre 60 à 40 % • compter plutôt 17 à 25 dj entre 40 à 30 %
Gagner 1 point de % MS de la plante entière en ensilage	20 dj	compter 25 dj pour passer de 20 à 25 % MS, 22 dj de 25 à 30 % et 20 dj de 30 à 40 % MS