

LES CÉRÉALES

PREMIER CHAPITRE : CARACTÉRISTIQUES D'ENSEMBLE DES CÉRÉALES	2
A. Utilisation	2
B. Évolution des surfaces, productions, rendements	2
DEUXIÈME CHAPITRE : LES CÉRÉALES À PAILLE	7
A - CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA PRODUCTION	7
A1 - Le blé tendre.....	7
1. Utilisation	7
2. Évolution des surfaces, productions, rendements	7
3. Répartition de la production sur le territoire	8
A2 - L'orge.....	9
1. Utilisation	9
2. Évolution des surfaces, productions, rendements	10
3. Répartition de la production sur le territoire	12
A3 - Le blé dur.....	12
1. Utilisation	12
2. Evolution des surfaces, productions, rendements	13
A4 - L'avoine, le seigle, le triticale.....	14
A5 - Les autres céréales à paille	16
B - BOTANIQUE ET ÉCOPHYSIOLOGIE DES CEREALES A PAILLES	17
1. Morphologie	17
2. Croissance et développement	18
C – CONDUITE DE LA CULTURE.....	27
1. Place dans les systèmes de culture et choix variétal.....	27
2. Implantation	37
3. La fertilisation	39
4. Protection phytosanitaire.....	40
5. Les régulateurs de croissance	48
6. Récolte	49
TROISIÈME CHAPITRE : LE MAÏS	63
A - CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA PRODUCTION	63
1. Utilisation.....	63
2. Évolution des surfaces, productions, rendements.....	63
3. Répartition de la production sur le territoire.....	64
B - BOTANIQUE ET ÉCOPHYSIOLOGIE.....	66
1. Le cycle de la plante	66
2. Facteurs et conditions de la croissance et du développement.....	70
C - CONDUITE DE LA CULTURE.....	74
1. Place dans les systèmes de culture et choix variétal	74
2. Implantation.....	75
3. Fertilisation.....	76
4. Protection phytosanitaire	76
a) Lutte contre les principales maladies.....	76
b) Lutte contre les parasites animaux	77
c) Désherbage.....	82
5. Irrigation	83
6. Récolte.....	84
Bibliographie.....	86

PREMIER CHAPITRE : CARACTÉRISTIQUES D'ENSEMBLE DES CÉRÉALES

La plupart des céréales appartiennent à la famille des **Graminées** (ou **Poacées**). Ce sont : Blé tendre, Blé dur, Orge, Avoine, Seigle, Maïs, Riz, Sorgho, Millet. Les unes appartiennent à la sous-famille des **Festucoïdées** : Blé, Orge, Avoine, Seigle; les autres à la sous-famille des **Panicoïdées** : Maïs, Riz, Sorgho, Millet (**Tableau 1**). Une céréale, le Sarrasin (ou *blé noir*), appartient à une autre famille, celle des **Polygonacées**.

Les céréales, avec 9 millions d'ha, sont le premier groupe de cultures français en superficie.

A. Utilisation

Si le débouché principal reste l'alimentation humaine et animale, on note un développement de l'utilisation industrielle de certaines espèces (blé, maïs) : l'amidon issu de leurs grains sert de matière première (renouvelable) pour la fabrication de différents composés non-alimentaires (bio-carburants, plastiques biodégradables, papeterie, industrie pharmaceutique...).

B. Évolution des surfaces, productions, rendements

La production mondiale de céréales est estimée à 2 milliards de tonnes, en augmentation d'environ 800 millions de tonnes par rapport à 1970 ce qui correspond à une croissance d'environ 1,7% par an, ordre de grandeur comparable à celui de la croissance démographique mondiale. Le maïs (605 millions de tonnes), le blé (600 millions de tonnes) et le riz (600 millions de tonnes) viennent très largement en tête, représentant à eux trois 90% de ce total (**Figure 1**). La production de l'orge est de l'ordre de 150 millions de tonnes, celle du sorgho de 60 millions et celle de l'ensemble des autres céréales d'environ 100 millions. La part de certaines d'entre elles telles que l'avoine ou le seigle devient progressivement marginale. La culture du mil se maintient cependant en Afrique. La Chine et l'ALENA (Canada, Mexique, USA) avec chacune une production de l'ordre de 450 millions de tonnes assurent plus de 40% de la production mondiale (**Figure 2**). Viennent ensuite avec 220-230 millions de tonnes chacune l'Inde et l'Union européenne. L'ANASE (pays de l'Asie du Sud-Est), l'Amérique du Sud, l'Afrique et l'ex-URSS ont un niveau de production voisin compris entre 100 et 130 millions de tonnes. La France avec une production de 65 millions de tonnes de céréales est le plus important producteur de l'Union Européenne. Ses suivants sont l'Allemagne et le Royaume-Uni.

La superficie mondiale consacrée aux céréales se situe autour de 700 millions d'hectares soit la moitié environ des superficies des terres consacrées aux cultures (classification « Arable lands » de la FAO) dans le monde. Le blé est, avec 220 millions d'hectares, la céréale la plus cultivée dans le monde. Le maïs et surtout le riz sont plus concentrés géographiquement par suite de leurs exigences climatiques. La superficie consacrée au maïs est d'environ 135 millions d'hectares et celle consacrée au riz de 140 millions. Le rendement moyen, toutes céréales confondues, s'établit autour de 2,8 tonnes par hectare avec une assez large dispersion autour de cette moyenne : environ 2 tonnes/ha pour l'orge, 2,5 tonnes/ha pour le blé, entre 3,5 et 4 tonnes/ha pour le maïs et le riz.

La progression de la production au cours des trente dernières années résulte de l'augmentation des superficies cultivées mais surtout de celle des rendements par suite des progrès techniques

réalisés au cours des dernières décennies : amélioration variétale, utilisation croissante des engrais, méthodes de lutte contre les ennemis des cultures, mécanisation, irrigation, etc. La comparaison entre le rendement moyen mondial et ceux des pays les plus avancés (6 à 7 tonnes/ha) montre qu'il reste encore une large marge de progrès.

Le blé (avec plus de 100 Millions de tonnes échangées, **Figure 3**) et le maïs (environ 70 millions de tonnes échangées) font l'objet de l'essentiel du commerce international des céréales. Le riz, largement consommé dans ses aires de production, compte quant à lui pour un peu moins de 10% de ces échanges (25 millions de tonnes), au même niveau que l'orge (20 Millions de tonnes).

En 2000-2001, les pays de l'union européenne ont occupé le troisième rang mondial pour les exportations de céréales (15 % des parts du marché mondial), loin derrière les USA (38 % de parts du marché) et le Canada (20 % des parts du marché mondial) et juste devant l'Australie (13 % des parts de marché) puis l'Argentine (6 %). Ces cinq exportateurs représentent 90 % des ventes. Les principaux acheteurs sont la Chine, l'Indonésie, la Corée du Sud, le Japon, l'Égypte, le Brésil et l'Afrique du Nord. Mais en 2001-2002, l'UE, structurellement exportatrice, est devenue importatrice nette de céréales, l'Espagne, l'Italie et la Grèce ayant importé des blés en provenance d'Ukraine.

La France, premier exportateur européen, a souffert de ces importations, son blé étant plus cher que le blé Ukrainien (malgré les baisses de prix engendrés par l'Agenda 2000). Elle n'a exporté durant cette campagne que 7,1 MT sur l'UE (niveau le plus faible depuis 1992) avec qui elle réalise les trois quarts de ses exportations. La France a même dû stocker de nouveau du blé et de l'orge pour ne pas avoir à l'écouler à un prix trop faible.

Tableau 1 : Principales céréales cultivées dans le monde

Famille	Sous-famille	Genre	Espèce	Sous-espèce	Variété (1)	Nom commun	Destination traditionnelle		
							Graines	Pailles	
Graminées	Festucoïdées	<i>Triticum</i>	<i>T. aestivum</i> L.	-	H-P	Froment ou Blé tendre	Alimentation animale ou humaine (panification)	Fourrage, litières	
			<i>T. durum</i> L.	-	H-P	Blé dur	Alimentation humaine (semoule)	Idem	
		<i>Hordeum</i>	<i>H. vulgare</i> L.	<i>hexastichum</i>	H	Escourgeon O. 6 rangs	Alimentation animale ou humaine (bière)	Idem	
				<i>distichum</i>	H-P	O. 2 rangs			
		<i>Avena</i>	<i>A. sativa</i>	-	H-P	Avoine	Alimentation animale	Idem	
		<i>Secale</i>	<i>S. cereale</i>	-	-	Seigle	Alimentation animale (3/4) ou humaine (pain)	Idem	
	<i>Triticum x Secale</i> (2)						Triticale	Alimentation animale	Idem
	Panicoïdées	<i>Zea</i>	<i>Z. mays</i> L.	-	-	Maïs	Alimentation animale	Ensilage (plante entière)	
		<i>Oryza</i>	<i>O. sativa</i> L. <i>O. blaberrina</i> Stend (4)	-	-	Riz	Alimentation humaine	Fourrage, litière	
		<i>Sorghum</i> (5)	<i>S. dura</i> Stopf. <i>S. subglabrescens</i> Beauv. <i>S. coffrorum</i> Beauv. <i>S. bicolor</i> (L.) Moench			Sorgho grain	Alimentation animale	Ensilage (plante entière)	
						Sorgho grain	Alimentation humaine	Fourrage et construction	
						Millet commun	Alimentation animale	Fourrage	
		<i>Panicum</i>	<i>P. miliacum</i> L.	-	-	Millet commun	Alimentation animale	Fourrage	
<i>Setaria</i>	<i>S. italica</i> Beauv.	-	-	M. des oiseaux	Alimentation animale	Fourrage			
<i>Pennisetum</i>	<i>P. typhoides</i> Stapf & Hubb.	-	-	Mil	Alimentation humaine				
Polygonacées	<i>Fagopyrum</i>	<i>F. exculentum</i>	-	-	Sarrasin ordinaire	Alimentation animale ou humaine	Fourrage vert		
		<i>F. tataricum</i>	-	-	Sarrasin de Tartarie	Alimentation animale	Fourrage vert		

Légende :

(1) Suivant la place du cycle, on distingue :

- les céréales de printemps (**P**) : semis au printemps, récolte en juillet-août ;
- les céréales d'hiver (**H**) : semis en automne, récolte en juillet-août

(2) Obtenu par croisement de seigle et de blé

(3) Espèce la plus répandue, originaire d'Asie

(4) Espèce cultivée dans l'Ouest africain

(5) Un certain nombre d'espèces et de variétés de *Sorghum* ne sont pas reprises ici, car non cultivées spécifiquement pour leurs graines (sorgho à sucre, à balai...)

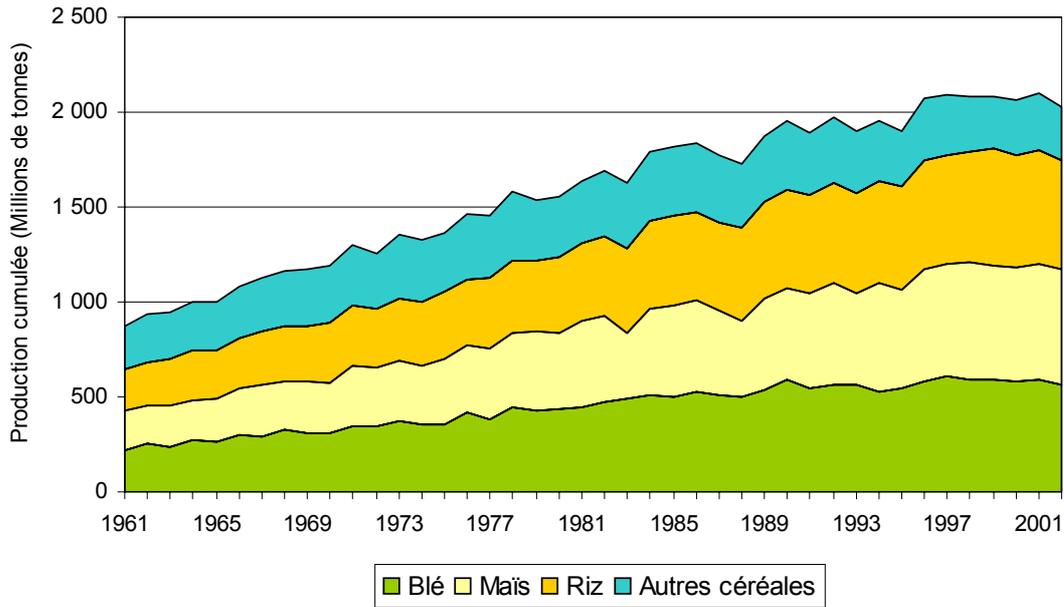


Figure 1 : Evolution de la production mondiale de céréales depuis 1961 (données FAOSTAT)

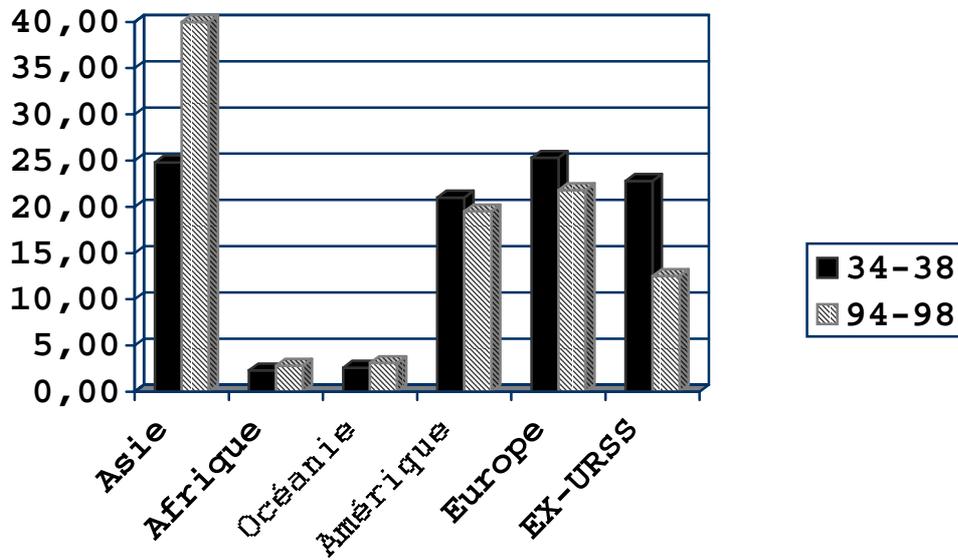


Figure 2 : Part de chaque continent dans la production mondiale de blé (%), comparaison entre les périodes 1934-38 et 1994-98 (données FAOSTAT)

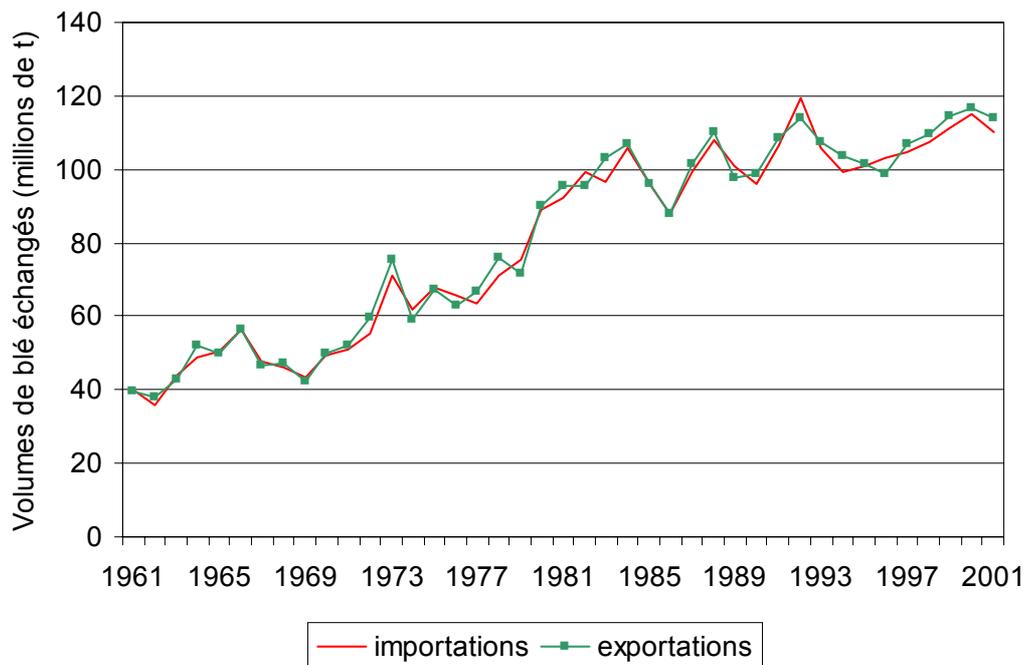


Figure 3 : Evolution du commerce mondial du blé (données FAOSTAT)

En 2000, les principaux pays producteurs de céréales de l'UE à 15 sont : la France (31% de la production européenne), l'Allemagne (20%), le Royaume Uni (12%).

Immédiatement après la mise en place de la Politique Agricole Commune, en 1992, les surfaces consacrées aux différentes céréales dans les pays de l'UE ont été considérablement remaniées. Le blé tendre a régressé dans tous les pays sauf au Danemark, en particulier au Royaume-Uni (-17%) et en Espagne (-12%). Les surfaces en orge et escourgeon ont également diminué chez les pays gros producteurs : Danemark (-16%) et France (-11%). Le blé dur a surtout perdu en France (-45%). Quant au maïs il a fortement régressé dans certains pays du Sud (-26, -18 et -10% en Espagne, au Portugal et en Grèce respectivement), alors qu'il a progressé fortement en Italie (+13%) et est resté à peu près stable dans les autres pays. En moyenne, c'est la surface en maïs qui a le moins bougé. Au cours des années suivantes, les céréales ont petit à petit regagné le terrain perdu, suite à la diminution du taux de gel des terres, et à des rapports de prix attractifs par rapport à d'autres espèces, principalement oléagineux et protéagineux.

DEUXIÈME CHAPITRE : LES CÉRÉALES À PAILLE

A - CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA PRODUCTION

A1 - Le blé tendre

1. Utilisation

Le blé tendre est utilisé en France à des fins diverses : **blés fourragers** pour l'alimentation animale, blés pour la **panification** et la **biscuiterie** et, depuis 1993, blé pour la fabrication de **carburant** (blé « éthanol »). Ces utilisations diffèrent par les qualités technologiques requises, liées entre autres à la teneur en protéines et à la nature de ces dernières.

2. Évolution des surfaces, productions, rendements

En France, à la fin du 19^{ème} siècle, environ 7 millions d'hectares étaient cultivés en blé avec un rendement moyen de 13 à 14 q/ha. Les surfaces ont ensuite régressé avant d'amorcer une reprise dans les années 70. Les rendements ont continûment mais lentement progressé du début du 19^{ème} siècle jusqu'après la 2^{ème} guerre mondiale, avant une spectaculaire augmentation à partir de cette date (**Figure 4**).

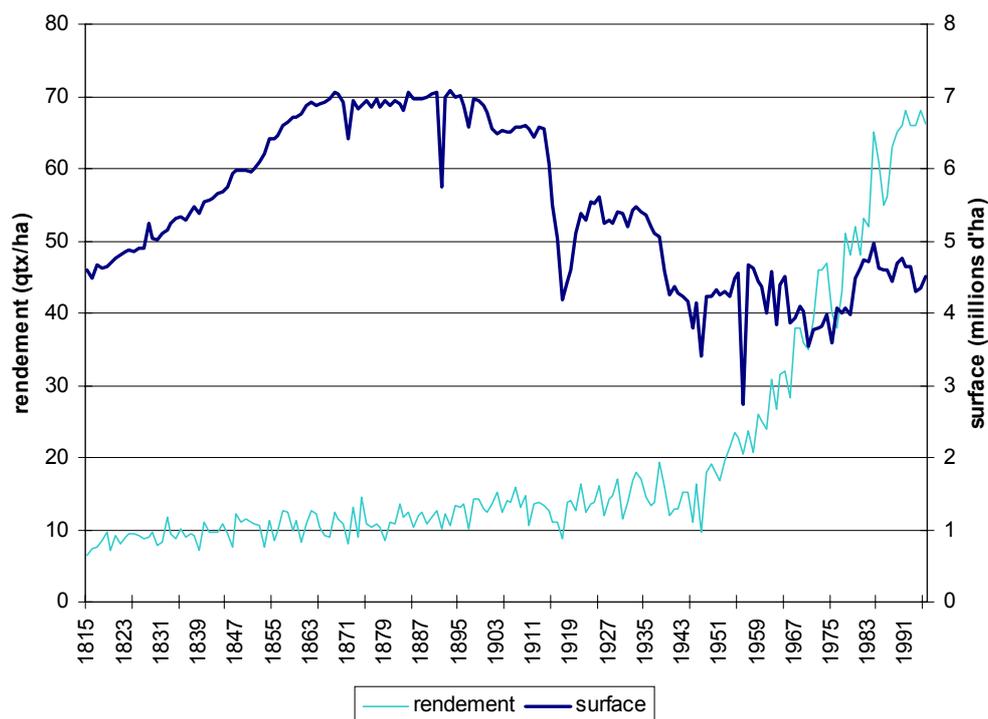


Figure 4 : Evolution des surfaces et des rendements en blé tendre en France de 1815 à 2000

Les **gains de rendement** résultent d'une amélioration conjointe des variétés cultivées et des techniques culturales. L'augmentation des surfaces emblavées à partir de 1970 a touché principalement les zones à fort potentiel de rendement, au détriment des zones marginales. En raison de la concentration des terres et de l'accroissement corrélatif de la taille des exploitations, la production de blé s'est développée dans un nombre de plus en plus restreint d'unités productives dont

la Surface Agricole Utile moyenne augmentait. Elle reste toutefois l'espèce la plus cultivée et la mieux répartie sur le territoire. Les rendements les plus élevés se rencontrent aujourd'hui dans les régions où les conditions agro-climatiques permettent la culture de variétés tardives à demi-tardives, à haut potentiel : la Picardie, le Nord, l'Île de France, la Champagne, la Normandie et le Centre.

En 2000, la France reste de loin le premier producteur de blé de l'UE à 15, devant l'Allemagne et le Royaume Uni. L'UE est le deuxième producteur mondial derrière la Chine (Figure 5). En 2000, la France occupait le quatrième rang mondial des pays exportateurs de blé tendre, derrière les USA, le Canada et l'Australie.

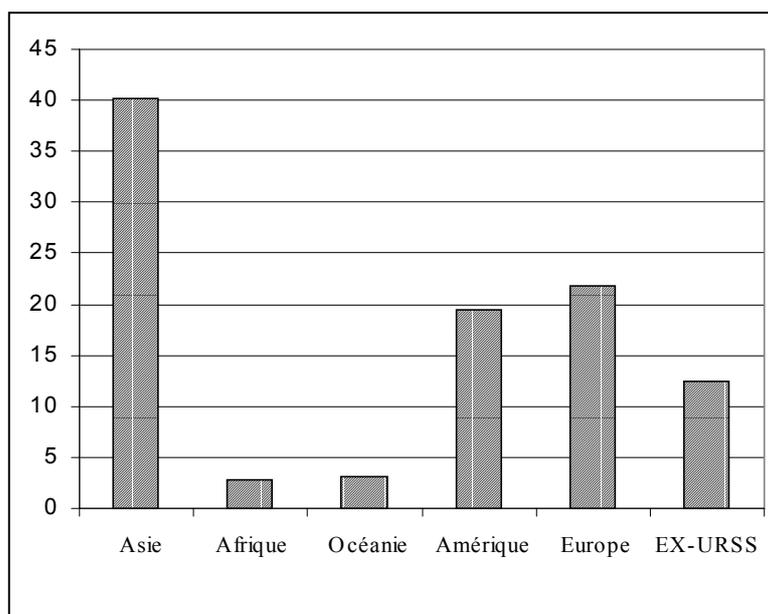


Figure 5 : Part de chaque continent dans la production mondiale de blé en %, période 1994-1998 (données FAOSTAT)

3. Répartition de la production sur le territoire

Le blé tendre est l'espèce la plus cultivée et la mieux répartie sur le territoire français (Figure 6). Comparativement à d'autres espèces, ses exigences en termes de milieu naturel sont modérées : sauf dans les régions de montagne où des céréales plus rustiques lui sont souvent préférées, il est cultivé partout. Il n'est d'ailleurs pas de département français métropolitain sans culture de blé (hormis en région parisienne!). Les surfaces consacrées à cette culture sont toutefois très variables. La part dans les assolements est maximale dans les grands bassins justement qualifiés de « céréaliers » du Nord et du Centre, où les rendements potentiels sont les plus élevés.

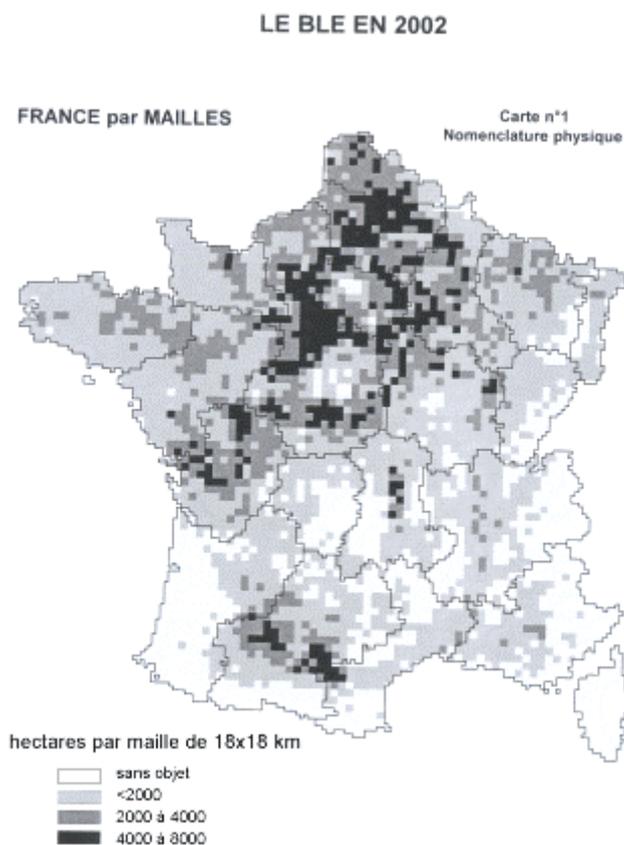


Figure 6 : Répartition des surfaces en blé sur le territoire en 2002 (Agreste 2003)

A2 - L'orge

1. Utilisation

L'orge est utilisée en France soit pour l'**alimentation animale**, soit pour la **brasserie**. Dans ce dernier cas, l'orge doit répondre à des critères très sévères, les exigences des malteurs¹ étant plus strictes que celles des éleveurs. Toutes les variétés ne sont pas aptes à faire un malt accepté en brasserie. Le malteur recherche des lots homogènes; il a besoin d'une orge de variété pure, bien calibrée et germant bien.

Le critère **calibrage** rend compte de la grosseur des grains; on cherche en effet à maximiser le rapport "*Amidon* (qui est la partie utile du grain)/*Grain*" (Cf. *infra*). La norme utilisée est que 90% des grains d'orge de brasserie doivent rester au-dessus du tamis de 2,5 mm. En général, les orges à deux rangs répondent bien à cette condition, tandis que les escourgeons à six rangs présentent de grandes différences de calibrage.

La **teneur en protéines** exerce une double influence : sur le rendement en extrait sec et sur les qualités gustatives de la bière. Plus on a de protéines, plus on en tire un extrait sec important. Mais, d'un autre côté, un excès de protéines pose de nombreux problèmes techniques au brasseur. En

¹ Le maltage consiste à faire germer le grain d'orge. Les enzymes contenues dans le germe sont libérées et transforment l'amidon de l'amande en maltose. Le malt, ou orge germée, est alors brassé : des levures et d'autres substances, contenues entre autres dans le houblon, transforment le maltose en alcool.

résumé, les orges de brasserie ne doivent pas dépasser un taux de protéines de 11%. Il faut cependant suffisamment de protéines dans le grain pour alimenter les levures et donner du moelleux et de la mousse à la bière. La teneur optimale est comprise **entre 9 et 11%** de la matière sèche du grain.

La germination est la base de la transformation en malt; le **pouvoir germinatif** doit être d'au moins 95%. Il peut être diminué d'une façon importante par un échauffement lors du stockage. De même des phénomènes de dormance dus à une récolte trop précoce peuvent limiter la germination.

La **finesse des enveloppes** est aussi un critère important pour la brasserie. Les orges brassicoles sont des orges à enveloppes fines (le poids des glumelles par rapport à la matière sèche totale doit être le plus faible possible). Les orges à deux rangs sont, pour cette raison, plus appréciées en brasserie.

2. Évolution des surfaces, productions, rendements

En France, de 1900 à 1950, les surfaces en orge ont plafonné aux alentours de 0,7 million d'hectare, soit 5% seulement du total céréalier. Caractérisée par son cycle court, donc par sa maturité précoce, l'orge semée en automne était confinée dans les zones "*séchantes*", à sols peu profonds, calcaires, ou dans les "*petites terres*" du Centre-Ouest, du Lauragais, de la Champagne. Dans les terroirs favorables (Berry, Gâtinais, Velay), les semis de printemps produisaient des crus brassicoles de qualité. A partir de 1950, l'orge s'est substituée à l'avoine alors que l'effectif des chevaux de trait régressait. Le développement de productions animales consommatrices d'orge (porcines notamment) a favorisé, par ailleurs, son expansion. Enfin, un fort courant d'exportation prolongeait à partir de 1960 son essor.

Les variétés à paille résistante², créées en Europe du Nord de 1930 à 1950, étaient des orges de printemps. Aptes à l'intensification, elles se sont répandues en France en 1950-1960. L'INRA notamment a sélectionné des variétés d'hiver, dites "*escourgeons*" (*Ager et Astrix*, 6 rangs, en 1963 ; *Alpha*, 2 rangs, en 1972), plus régulières et plus productives (gain de 10 à 15 q/ha). Ces variétés s'adaptent mieux au retard des dates de semis et aux coups de chaleur ou à la sécheresse d'été ; aussi ont-elles progressivement remplacé une bonne part des orges de printemps.

La production mondiale d'orge se situe dans une fourchette de 140 à 150 millions de tonnes (138 820 000 tonnes d'après la FAO en 1998) pour une superficie d'environ 60 millions d'hectares et un rendement compris entre 20 et 25 quintaux par hectare. Le premier producteur est l'Union Européenne avec une production qui oscille autour de 50 millions de tonnes. Viennent ensuite l'ex-URSS, autrefois premier producteur mondial, avec une production estimée à 30 millions de tonnes, le Canada, autour de 15 millions de tonnes, les Etats-Unis, autour de 8 millions de tonnes et l'Australie, 6 millions de tonnes.

Les échanges mondiaux portent annuellement sur 15 à 20 millions de tonnes. Le premier exportateur est l'Union Européenne (7 millions de tonnes), l'Australie (3,5 millions), le Canada, les Etats-Unis, la Turquie (1,5 million chacun). Le principal importateur est l'Arabie Saoudite avec 5

² Aptes à résister à la verse, donc à mieux valoriser de fortes fumures azotées.

millions de tonnes. Les autres pays importateurs sont la Chine, le Japon, les pays du Moyen Orient et d'Afrique du Nord mais avec des volumes faibles compris entre 0,5 et 1,5 million de tonnes.

Au sein de l'Union Européenne, la France se classe derrière l'Allemagne à égalité avec l'Espagne. La production qui stagnait dans les années 80 a chuté d'environ 20% après la réforme de la PAC en 1992. La baisse importante des surfaces depuis 1980 (perte de près d'un million d'hectares en 10 ans) a dans un premier temps été compensée par une progression significative des rendements, puis a affecté la production nationale (Figure 7). En 2000, la superficie cultivée en orge est voisine de 1,5 million d'hectares, avec une production de l'ordre de 10 millions de tonnes soit un rendement de 65 quintaux par hectare. C'est surtout l'orge d'hiver qui est cultivée, l'orge de printemps ne couvrant que 500 000 hectares. Les deux principales régions de production sont la Champagne-Ardenne et le Centre qui à elles deux assurent 30% de la production sur 450 000 hectares (Figure 8).

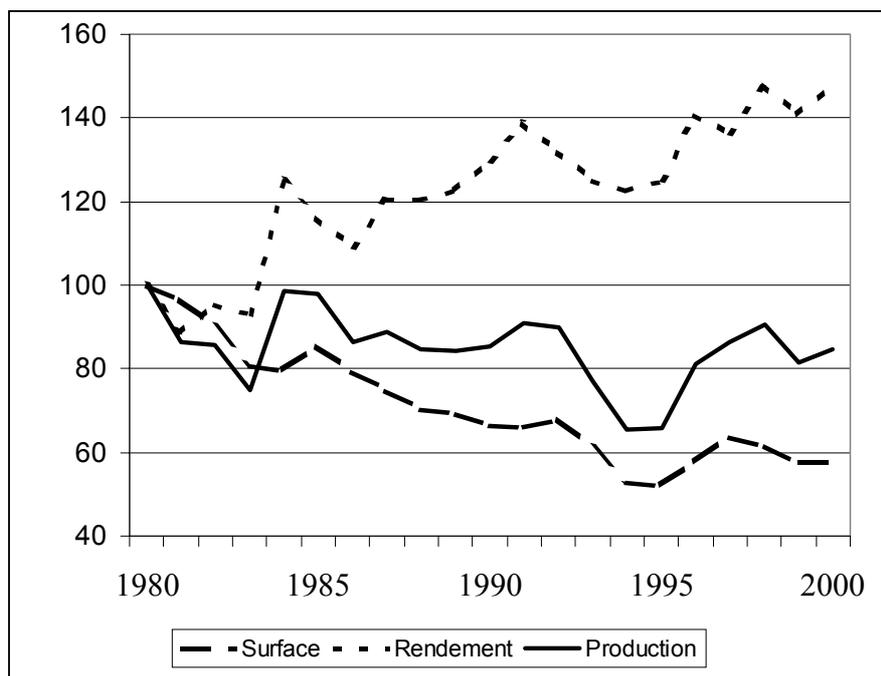


Figure 7 : Superficie, rendement et production d'orge en France, indice 100 = 2 647 000 ha, 44 q/ha, et 11,6 millions de tonnes (données Agreste)

Plusieurs raisons expliquent le repli des surfaces observé dans les années 90 :

- prix européens de l'orge inférieurs à celui du blé (10% environ);
- coût de production d'un hectare d'orge d'hiver équivalent à celui du blé pour un rendement potentiel un peu moindre;
- substitution du blé fourrager ou du maïs-ensilage à l'orge dans les zones d'élevage bovin (Ouest);
- aggravation des maladies à virus dans des systèmes de culture céréalières comportant des successions à fréquence élevée de céréales à paille (Nord, Bassin Parisien);
- concurrence d'autres cultures: colza ou tournesol dans le Centre et le Centre-Ouest, triticale en demi-montagne.
- précarité économique de la production d'orges brassicoles, due au climat et à la non-garantie des prix; elle favorise le repli de l'orge de printemps, sauf dans les

zones d'influence des malteries situées dans l'Est, où le froid hivernal rend les semis d'automne incertains, et conduit à maintenir l'orge de printemps.

Au début des années 90, l'incertitude sur les prix du blé et du pois entraînait un regain d'intérêt pour les orges de printemps cultivées sous contrat; mais le marché brassicole reste un débouché réduit et exigeant en qualité.

3. Répartition de la production sur le territoire

Les principaux bassins de production de l'orge brassicole sont situés dans les régions proches des industries de transformation, dans le quart nord-est du pays. On cultive de l'orge pour l'alimentation animale dans l'ensemble des bassins céréaliers, ainsi que dans les régions d'élevage où il peut être incorporé dans les aliments fabriqués à la ferme (Figure 8).

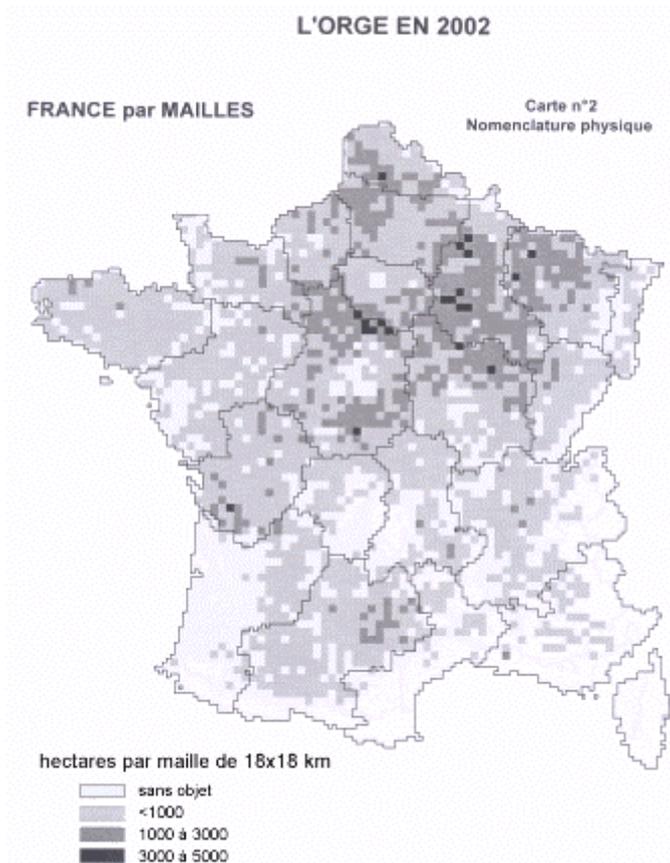


Figure 8 : Répartition des surfaces en orge et escourgeon sur le territoire en 2002 (Agreste 2003)

A3 - Le blé dur

1. Utilisation

La semoule de blé dur est principalement utilisée pour la fabrication de pâtes alimentaires pour laquelle elle est obligatoire dans certains pays (Italie, Grèce, France). Dans d'autres pays toutefois, la législation est plus permissive et autorise l'utilisation de blés panifiables à condition que cela soit indiqué sur les emballages (Espagne et Portugal). La semoule est également utilisée pour le couscous et pour la fabrication de diverses sortes de gâteaux secs.

Les fabricants de pâtes exigent des semoules aptes à donner des pâtes de bonne qualité, possédant une couleur jaune ambré et une bonne tenue à la cuisson et à cet égard la couleur des grains est un critère de qualité. Leur poids spécifique également : s'il est inférieur à 80, la récolte est déclassée. Une teneur en protéines inférieure à 14 % entraîne également un déclassement.

2. Evolution des surfaces, productions, rendements

La connaissance des superficies et des productions est imprécise car certains pays confondent dans leurs statistiques le blé dur et le blé tendre (Australie, Argentine, Mexique). On estime cependant que, actuellement, la superficie mondiale de blé dur est comprise entre 15 et 20 millions d'hectares dont plus de la moitié est concentrée autour du Bassin méditerranéen et dans les pays du Moyen Orient.

La production correspondant à cette superficie s'élève à environ 30 millions de tonnes. Les principaux producteurs sont l'Union Européenne (8,5 millions de tonnes), le Canada (4 millions), la Turquie (3,5 millions), les Etats-Unis (3 millions). La production des pays d'Afrique du Nord et du Proche Orient représente un tiers de la production mondiale mais elle est marquée par une irrégularité due à la variabilité des conditions climatiques.

Le commerce mondial du blé dur varie entre 5 et 6 millions de tonnes en fonction de la récolte des pays du Bassin méditerranéen et du Proche-Orient, principaux foyer de consommation. Le Canada et les Etats-Unis assurent 90% des exportations.

L'essentiel de la production de l'Union Européenne provient de l'Italie (4 millions de tonnes), de la France, de la Grèce (1,5 million de tonnes chacune) et de l'Espagne (0,8 million de tonne).

En France, la culture du blé dur a connu des fluctuations au cours des vingt dernières années (Figure 9). Traditionnellement confinée dans le midi, elle s'est étendue vers le Centre et le Bassin parisien au cours des années 80 par suite d'une hausse des prix. La réforme de la PAC en 1992 a modifié le contexte de la production à la suite de la mise en place d'un système de primes limitées aux zones méridionales assorti d'un système de quotas d'abord par agriculteur, ensuite par région ce qui a entraîné une diminution des superficies dans les zones ne bénéficiant pas des primes. La superficie actuelle se situe autour de 300 000 hectares (la quasi-totalité étant du blé dur d'hiver). La production s'élève à 1,5 million de tonnes environ.

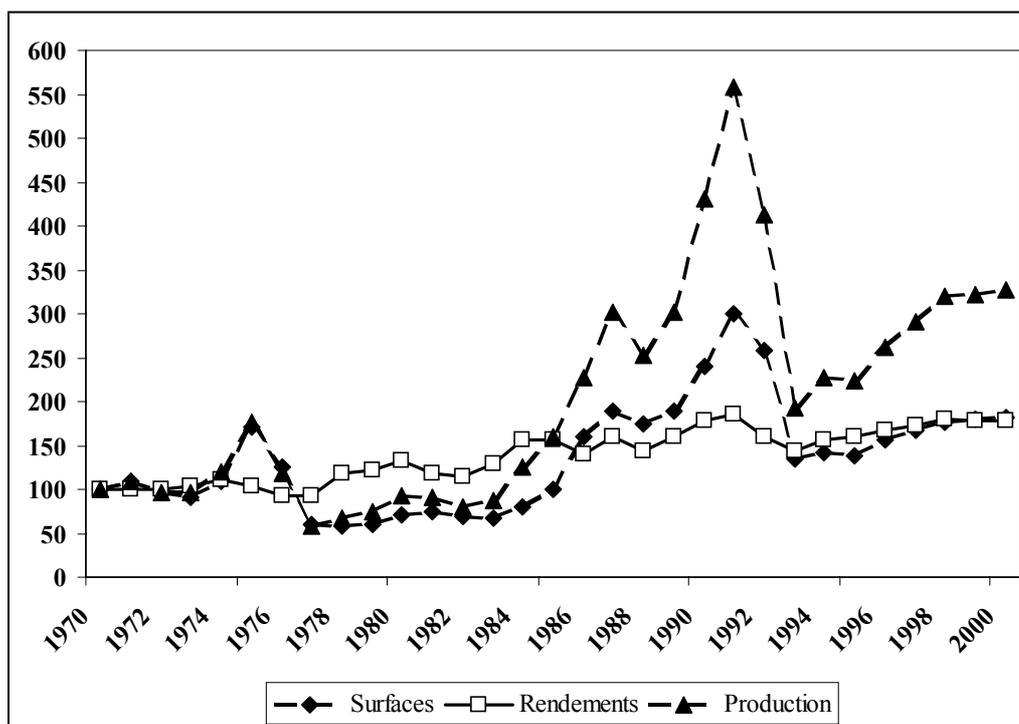


Figure 9 : Evolution des surfaces, rendements et productions en blé dur en France, indice 100 = 165 000 ha, 28 q/ha, et 459 600 tonnes en 1970 (données Agreste)

Le tableau suivant donne la production en 1998 dans les 4 principales zones de culture du blé dur en France (LeClech 1999).

	Zones de production	Production 1998 (10³ tonnes)
Sud-Est	Gard, Bouches du Rhône, Alpes de Haute Provence	535
Sud-Ouest	Gers, Haute-Garonne, Aude	383
Centre	Eure et Loir, Ile de France, Loiret, Loir et Cher	326
Ouest	Vendée, Vienne, Indre	782

A4 - L'avoine, le seigle, le triticale

Rustique, l'avoine tolère les sols pauvres, humides, acides, mais est sensible au froid. Peu résistante à la verse et moins "travaillée" en sélection, elle demeure moins intensifiée que le blé tendre ou l'orge, d'autant que son grain à enveloppes "pailleuses" présente une moindre concentration en énergie. Aussi son prix reste-t-il bas et décourage-t-il la culture dans un contexte de marché étroit.

D'après la FAO, la superficie mondiale d'avoine était, en 1998, de 15 millions d'hectares, en baisse de 5 millions d'hectares par rapport à 1990 pour une production de 25 millions de tonnes. Céréale des zones tempérées fraîches, sa principale aire de production est l'Europe centrale et du nord où se trouvent les deux tiers des superficies. En Amérique du Nord la superficie, en déclin également, n'est que de 2,8 millions d'hectares. Dans l'Union Européenne la superficie d'avoine est

INA P-G – Département AGER - 2003

de l'ordre de 1,7 million d'hectares pour une production d'environ 5,5 millions de tonnes, les deux principaux producteurs étant la Finlande et l'Allemagne qui assurent la moitié de cette production. En France l'avoine ne couvre plus que 140 000 hectares contre 6 millions au début du siècle et 450 000 au début des années 80 (Figure 10). Cette superficie se répartit à égalité entre l'avoine d'hiver et celle de printemps et la production s'élève à 660 000 tonnes soit un rendement légèrement inférieur à 50 quintaux. Les trois principales régions de production sont dans l'ordre : le Centre, la Bourgogne et la Bretagne qui assurent 30% de la production totale.

Cultivé partout au 19^{ème} siècle, **le seigle** a résisté un temps à la concurrence des autres céréales dans son aire d'adaptation propre : sols acides, peu fertiles mais convenablement drainés, en régions froides de demi-montagne (Massif Central en particulier), où il est cependant fortement concurrencé par le triticale depuis une quinzaine d'années. Dans d'autres régions, en particulier celle du Centre, il subsiste en tant que culture commerciale approvisionnant un marché qui, bien que limité, recourt régulièrement aux importations. Les trois quarts de la production vont à l'alimentation animale sous forme d'autoconsommation. La valeur énergétique du grain est voisine de celle du blé, mais des facteurs antinutritionnels limitent son incorporation aux rations animales à 10-25%. Les modes de conduite anciens, en culture pâturée avant maturation du grain, ont presque disparu.

Comme pour l'avoine, les surfaces en **seigle** diminuent en France depuis 50 ans à un rythme plus élevé que la production, car les rendements ont sensiblement augmenté. La culture du seigle est également en régression dans le monde. Cependant, dans les terres légères ou dans les régions montagneuses, il est encore cultivé par suite de sa rusticité et de sa précocité. D'après la FAO, sa superficie à l'échelle mondiale était voisine de 11 millions d'hectares en 1998 et sa production de 21 millions de tonnes. L'Europe Centrale et les territoires de l'ex URSS assurent 80% des superficies et de la production mondiale. En Asie, on ne le cultive guère qu'en Chine et en Turquie. Dans l'Union Européenne, la superficie cultivée en seigle est de 1,4 million d'hectares et la production de 6,4 millions de tonnes. L'Allemagne est le premier producteur avec une superficie de 900 000 hectares, suivie par l'Espagne et le Danemark.

En France (Figure 10), le seigle occupe 45 000 hectares, pour une production légèrement supérieure à 200 000 tonnes, alors que sa superficie était de 2 millions d'hectares au siècle dernier. On le cultive surtout en Sologne (couverts pour le gibier) et dans les départements du Massif Central : Lozère, Haute Loire et Puy de Dôme.

A la fin des années 70 est apparu **le triticale**, hybride entre le blé et le seigle. L'idée, qui remonte au XIX^{ème} siècle, était d'associer la productivité et la qualité du blé à la rusticité du seigle. La valeur énergétique du triticale est du même ordre de grandeur que celle du blé. Sa teneur en matières azotées totales est inférieure à celle du blé et comparable à celle de l'orge, mais sa teneur en lysine est supérieure à celle du blé alors que sa composition pour les autres acides aminés est la même.

Plante rustique, il présente une résistance au froid intermédiaire entre celle du seigle et celle du blé qui permet sa culture dans les zones de montagne à la place de l'orge. Il offre une bonne résistance aux excès d'eau en automne et en hiver, analogue à celle du seigle. En revanche, il est sensible à la verse bien que cette caractéristique soit en voie de correction avec les nouvelles variétés. Son principal défaut est une forte sensibilité à la germination sur pied qui a pour effet de limiter sa culture dans les zones "arrosées" au moment de la maturation. Concernant les maladies, sa

rusticité lui confère une plus grande résistance. Il est indemne d'oïdium, peu sensible au piétin verse et au piétin échaudage ce qui lui permet de succéder sans risque majeur à une autre céréale. Par contre il est sensible aux rouilles, principalement la rouille brune, aux septorioses et à la fusariose.

Les surfaces sont en constante mais lente progression (Figure 10). Des progrès génétiques restent à accomplir quant à la facilité de battage, la résistance au froid, la germination sur pied et la qualité d'enracinement. Le marché est encore étroit et instable, mais c'est une céréale qui a l'avantage d'être panifiable. La production française de triticale était en 2000 environ six fois plus élevée que celle du seigle : 1.300 000 tonnes contre 210 000 tonnes environ pour le seigle.

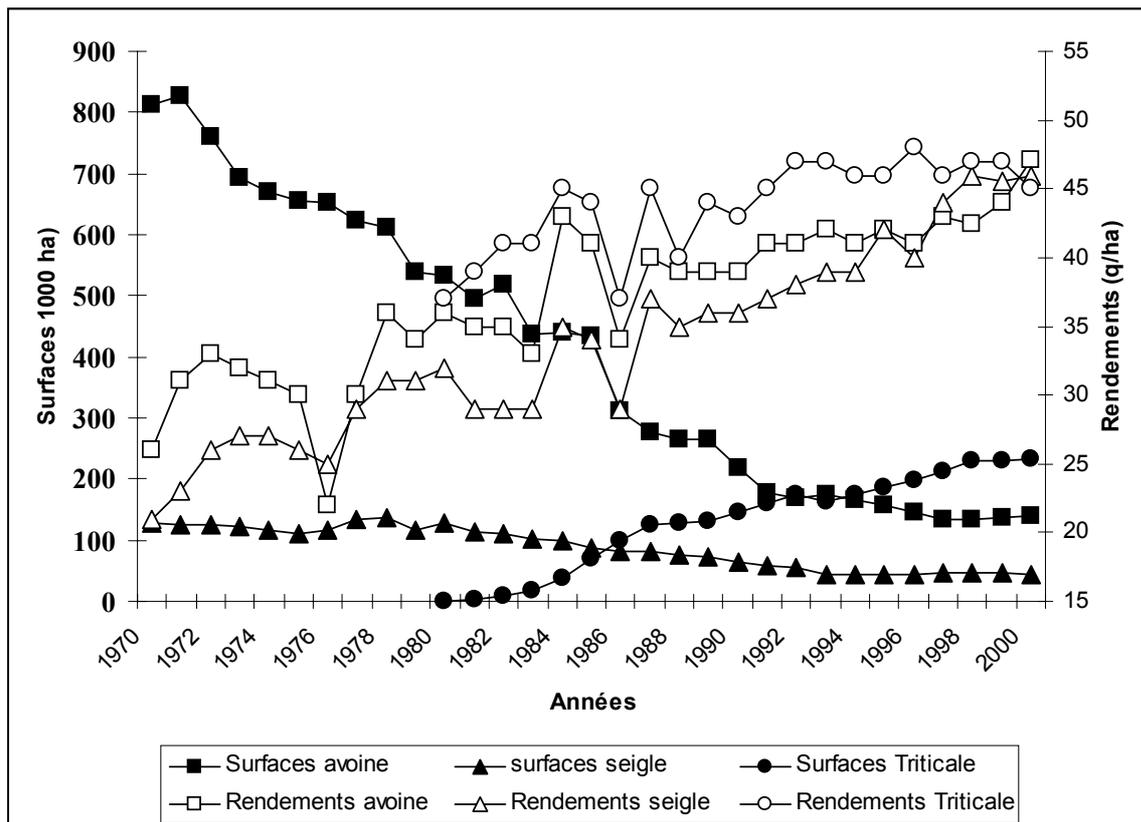


Figure 10 : Evolution des surfaces et des rendements d'avoine, de seigle et de triticale en France

A5 - Les autres céréales à paille

Céréale la plus cultivée dans le monde avec le blé (Asie, Afrique), le riz reste en France étroitement localisé (Provence, Languedoc) et marginal. Introduit vers 1850, en expansion de 1940 à 1960 (150 000 tonnes en 1958), la situation du marché l'a fait régresser de 1960 jusqu'au début des années 80 où il n'occupait plus que 5 à 10000 hectares. Le redressement amorcé en 1984-85 s'est poursuivi, les surfaces atteignant 21 500 hectares en 1998. Les rendements moyens ont sensiblement progressé, mais ont actuellement tendance à plafonner autour de 55 q/ha. Les importations approvisionnent toujours une part très importante du marché français.

D'autres cultures, autrefois appréciables, ne subsistent plus qu'à titre résiduel (quelques milliers d'hectares) : ainsi le sarrasin (qui occupait 720 000 ha en 1852 et encore plus de 200 000 ha en

1940 occupe en 1998 un peu plus de 1 700 hectares), le **méteil** (mélange blé-seigle), ou encore le **millet**...

B - BOTANIQUE ET ÉCOPHYSIOLOGIE DES CÉRÉALES A PAILLES

On ne traitera ici que des caractéristiques des graminées, la seule polygonacée (le sarrasin) occupant des surfaces très faibles à l'échelle nationale.

1. Morphologie

L'APPAREIL VEGETATIF

Le **système aérien** est formé d'un certain nombre d'unités biologiques, **les talles**. Chaque talle est formée d'une tige feuillée ou chaume portant à son extrémité une inflorescence. La talle est à la graminée ce que le rameau feuillé est à l'arbre. Mais, chez la graminée, les ramifications partent toutes d'une même zone, court-nouée et située à la base de la tige, le **plateau de tallage**. La première talle apparue est appelée "*brin-maitre*".

La tige est formée d'entre-nœuds, séparés par des nœuds, zones méristématiques à partir desquelles s'allongent les entre-nœuds et se différencient les feuilles. Chaque nœud est le point d'attache d'une feuille (**Figure 11**).

Les feuilles sont alternes ou distiques (disposées sur deux rangs le long de la tige). Chaque feuille comprend deux parties : une portion inférieure enveloppant l'entre-nœud correspondant (la gaine); et une portion supérieure (le limbe).

Les gaines, attachées au niveau des nœuds, sont emboîtées les unes dans les autres et forment un tube cylindrique entourant la tige qui se déboîte au fur et à mesure de la croissance des entre-nœuds. A la jonction du limbe et de la gaine, on peut trouver une petite membrane non vasculaire, plus ou moins longue et dentelée, la ligule. De chaque côté de celle-ci, à la base du limbe se trouvent deux stipules plus ou moins embrassantes, glabres ou velues, les oreillettes (**Figure 11**). Ainsi :

- le blé possède une ligule et des oreillettes, velues,
 - l'orge, une ligule et des oreillettes glabres, très embrassantes,
 - l'avoine, une ligule sans oreillettes,
 - le seigle, une ligule très courte et pratiquement pas d'oreillettes,
- La gaine peut être velue (avoine, seigle) et le bord du limbe cilié (avoine).

Le système **radiculaire** est composé de deux systèmes radiculaires successifs :

* **Le système de racines primaires ou séminales**, fonctionnel de la levée au début du tallage. Ce système est constitué d'une racine principale et de deux paires de racines latérales, soit cinq racines; éventuellement une sixième racine peut éventuellement se développer.

* **Le système de racines secondaires ou de tallage** (ou **coronales**), apparaissant au moment où la plante émet ses talles. Ce système se substitue progressivement au précédent. Il est de type **fasciculé**.

L'APPAREIL REPRODUCTEUR

L'**inflorescence** est de deux types principaux : un **épi** chez le blé, l'orge, le seigle; une **panicule** chez l'avoine, le riz. Dans les deux cas, l'unité morphologique de base est l'**épillet** (Figure 11). Celui-ci est une petite **grappe** de 1 à 5 fleurs enveloppées de leurs 2 glumelles (inférieure et supérieure). Elles sont incluses dans deux bractées ou glumes (inférieure et supérieure).

Le nombre de fleurs fertiles par épillet varie selon l'espèce : chez le blé, de 2 à 4; chez l'avoine, de 1 à 3; chez l'orge, une seule.

Le grain est de section arrondie ou ovale, de poids moyen variable selon les espèces : environ 45 mg pour le blé, l'orge, l'avoine; environ 25 mg pour le riz, le seigle. Dans le cas de l'orge et de l'avoine, le grain est dit "*vêtu*" dans la mesure où il reste inséré dans les glumelles au cours de la dissémination. Pour les autres espèces, le grain récolté est dépourvu d'enveloppe.

2. Croissance et développement ³

Le cycle de développement d'une céréale à paille comprend trois grandes périodes :

- la période végétative, de la germination aux premières manifestations de l'allongement de la tige principale (début de la montaison);
- la période reproductrice, du tallage herbacé à la fécondation;
- la période de maturation, de la fécondation à la maturité complète du grain.

A chacune de ces périodes correspondent des exigences particulières de la plante vis-à-vis des facteurs et conditions du milieu. Il est donc important de pouvoir les repérer pour raisonner le choix des techniques culturales (Cf. cours d'Agronomie dans le module "*Gestion des peuplements cultivés et des ressources du milieu*").

Durant son cycle, la plante passe par un certain nombre de stades précis, appelés **stades de développement**; différentes échelles de repérage de ces stades existent. Ainsi, dans le cas du blé, Jonard, Koller et Vincent proposent une échelle fondée sur l'état de différenciation de l'apex du brin-maître (Tableau 2).

Mais le repérage de ces stades est difficilement réalisable au champ. Une autre échelle, due à Feekes et utilisée par la FAO⁴, repose sur la description de la morphologie du brin-maître; elle est présentée au tableau 3, en même temps que l'échelle de Zadoks, couramment utilisée sur le plan international.

Les stades y sont aisément repérables, visuellement, sans dissection de la plante. Mais ils reposent, en partie, sur l'extériorisation de phénomènes de croissance ; c'est ce qui peut expliquer

³ La croissance correspond à l'augmentation d'une grandeur caractérisant la taille d'un organe ou de la plante entière (longueur, masse...). Le développement correspond à l'apparition de nouveaux organes (végétatifs ou reproducteurs) sur la plante.

⁴ Food and Alimentation Organization

l'absence de coïncidence ou de relation étroite entre l'aspect extérieur de la plante et la réalisation d'une modification interne que notent Jonard, Koller et Vincent.

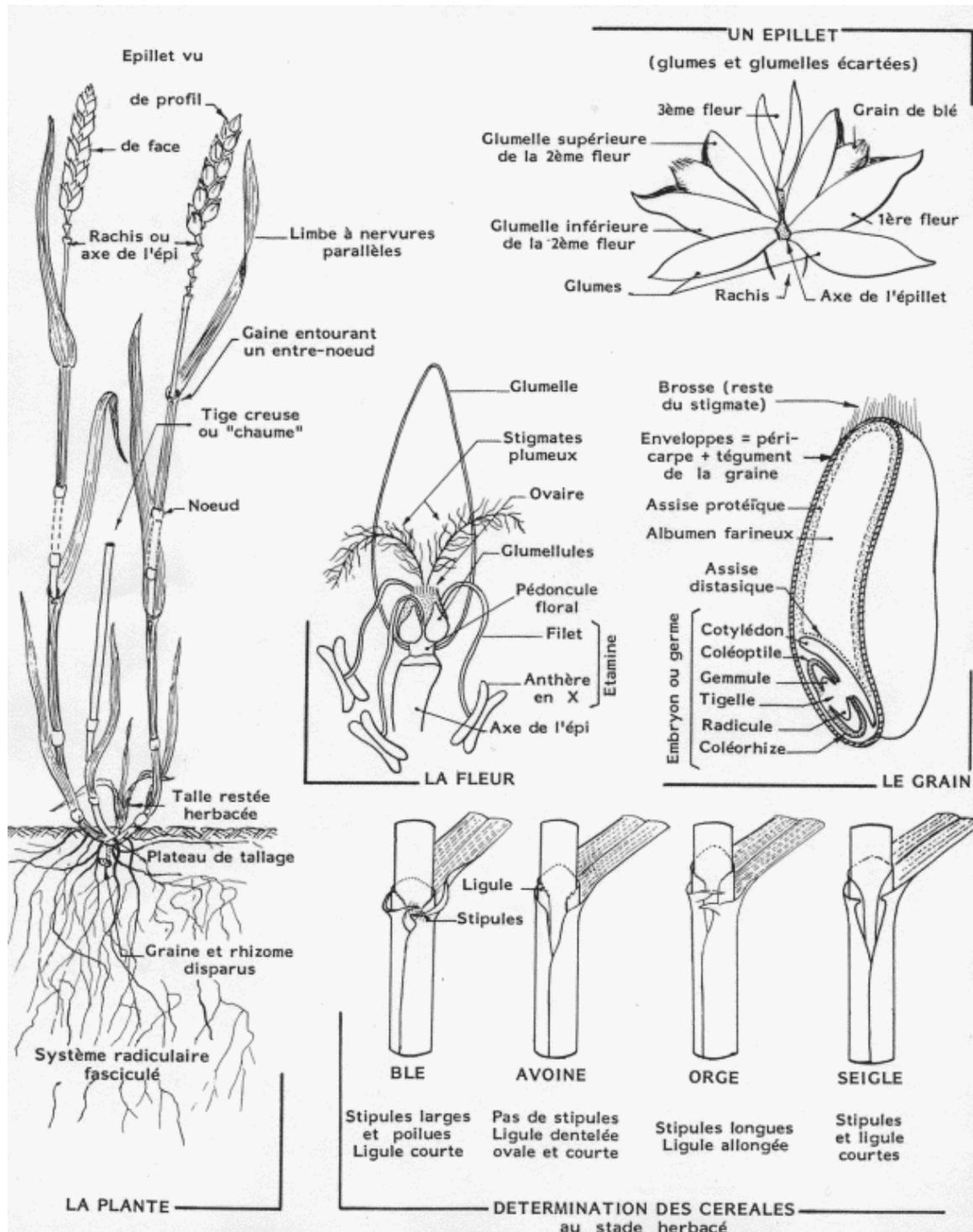


Figure 11 : Morphologie des graminées (exemple du blé) (Soltner 1998)

Tableau 2 : Echelle de Jonard-Vincent pour la description des stades des céréales (d'après (Soltner 1998))

STADE	DÉFINITION (observations après dissection de la plante)
Végétatif	Apex lisse
Stries blanches	Apparition de 1 ou 2 bandes plus claires dans la zone méristématique située en dessous de l'apex (=entre-nœuds)
A	Apparition de la première ébauche d'épillets sur l'apex (c'est l'initiation florale : le bourgeon végétatif devient bourgeon floral)
B	Apparition des ébauches de glumes
B II	Apparition des ébauches de glumelles
C	Apparition des anthères (3 petites sphères disposées en triangle sur le bourgeon floral)
C I	Apparition des étamines de forme tronconique
C II	Apparition des 2 cornes du stigmate
D	Méiose
E et F	Fécondation, traduite extérieurement par la floraison
Mo et M	Grossissement et maturation des grains (accumulation d'amidon et perte d'humidité)

Tableau 3 : Stades de développement du blé, échelles de Feekes et Zadoks (d'après (Soltner 1998))

	STADE	JONARD	FEEKES	ZADOKS	CARACTÉRISTIQUES (brin maître)	
Levée	Levée			7	Sortie du coléoptile 1ère feuille traversant le coléoptile 1ère feuille étalée 2ème feuille étalée 3ème feuille étalée	
	1 feuille		1	10		
	2 feuilles			11		
	3feuilles			12		
		13				
Tallage	Début tallage	A	2	21	Formation de la 1ère talle	
	Plein tallage		3	22	2 à 3 talles	
	Fin tallage		4	23		
Montaison	Début Montaison Épi à 1 cm	B	5	30	Sommet de l'épi distant à 1 cm du plateau de tallage	
	1 nœud	C 1	6	31	1 nœud	élongation de la tige
	2 nœuds	C 2	7	32	2 nœuds	
	Gonflement L'épi gonfle la gaine de la dernière feuille.		D	8	37	Apparition de la dernière feuille
		9		39	Ligule juste visible (méiose mâle) Gaine de la dernière feuille sortie	
		10	45			
	Épiaison	E	10-1 10-2 10-3 10-4 10-5	49-51 53 55 57 59	Gaine éclatée 1/4 épiaison 1/2 épiaison 3/4 épiaison Tous les épis sortis	
Floraison	F	10-5-1 10-5-2 10-5-3	61 65 69	Début floraison Demi-floraison Floraison complète		
Maturation	Formation du grain	Mo	10-5-4	71	Grain formé Grain laiteux Grain pâteux Grain jaune Grain mûr	
			11-1	75		
			11-2	85		
		M	11-3	91		
			11-4	92		

La période végétative

*** La phase Semis-Levée (Figure 12)**

La germination d'une céréale se traduit par la sortie des racines séminales de la **coléorhize** et, à l'opposé, par la croissance d'une préfeuille, le **coléoptile**. Celui-ci sert de manchon protecteur pour la première feuille qui sera fonctionnelle et percera le sommet du coléoptile peu après l'apparition de ce dernier au niveau du sol.

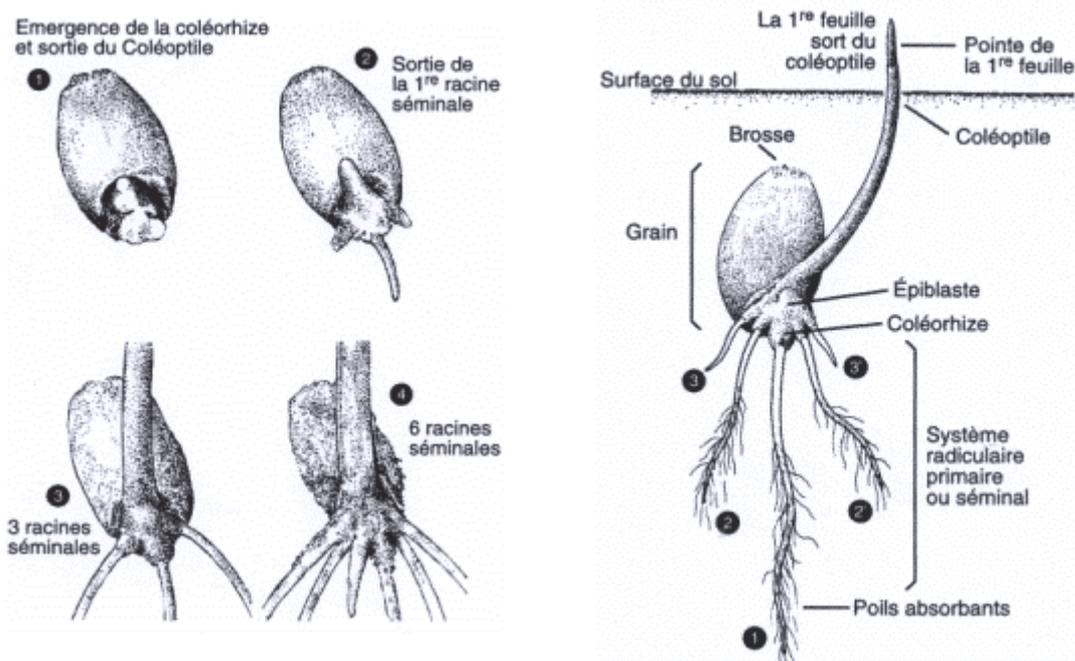


Figure 12 : Phase de semis-levée (Boyeldieu 1997)

* **La phase Levée-Début tallage** (Figure 13)

Dès que la première feuille a percé l'extrémité du coléoptile, celui-ci s'arrête de croître. Il se dessèche peu à peu. Cette première feuille fonctionnelle s'allonge. Une deuxième apparaît, une troisième puis une quatrième. Chacune d'elles est imbriquée dans la précédente. Elles partent toutes d'une zone proche de la surface du sol, constituée par l'empilement des entre-nœuds : le plateau de tallage.

Ce plateau est constitué de 4 à 5 nœuds. Sa hauteur est inférieure à 3 ou 4 mm. Il est relié au grain par une petite tigelle ou **rhizome**, constitué de 2 entre-nœuds. Pendant toute cette phase, la vitesse de croissance des feuilles dépend essentiellement de la température. L'apparition des différentes feuilles a lieu à des intervalles de temps constants en degrés.jours. Cet intervalle (le **phyllochrone**) est d'environ 80 à 100 d.j pour le blé tendre d'hiver, et de 50 à 70 d.j pour l'orge de printemps.

Sur le plan nutritif, la plantule dépend uniquement de son système **primaire** de racines et de ses réserves.

Pendant cette phase, la plante présente une certaine sensibilité au froid. Les symptômes de destruction peuvent apparaître sur le coléoptile, les feuilles et les rhizomes. Une chute brutale de température occasionne toujours des dégâts graves. Si elle est plus lente, ou précédée d'une période de températures peu supérieures à 0°C, les dégâts sont moindres : on parle alors d'**endurcissement** au froid.

Les dégâts sont d'autant plus importants que la plante est plus jeune. Extrêmement sensible au stade coléoptile (phase Semis-Levée), très sensible jusqu'à 3 feuilles, la céréale voit sa résistance s'accroître au stade 4 feuilles. Elle devient maximale à plein tallage lorsque la plante dispose de tout son système racinaire. Chez le blé et l'orge d'hiver, les variétés les plus résistantes peuvent survivre à des froids supérieurs à -14°C sans endurement. Les variétés les plus sensibles (de printemps

en particulier) ne résistent pas au-delà de -10°C . Les variétés de printemps sont incapables d'endurcissement. Les variétés alternatives ⁽¹⁾ ont un endurcissement limité par rapport aux variétés d'hiver. Les trois principales céréales à paille (blé tendre, blé dur, orge) ont des sensibilités au froid voisines.

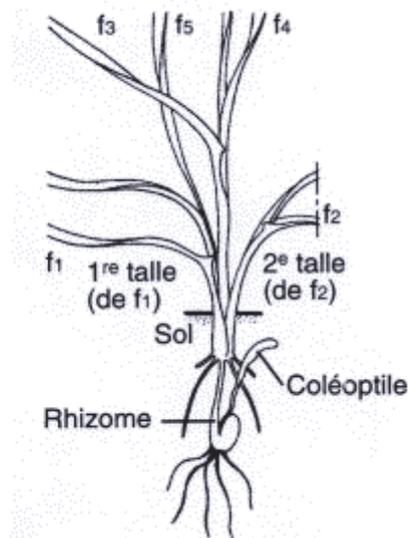


Figure 13 : Phase Levée-Début tallage (Boyeldieu 1997)

La période reproductrice

Jusqu'au stade A, pendant sa période végétative, l'apex initie des nœuds et entre-nœuds, et à chaque nœud, une feuille, un bourgeon de talle et des bourgeons de racines adventives. Le stade A marque le début de la période reproductrice : **l'apex se différencie en épi**. Cette période se termine à la fécondation, plus ou moins repérable extérieurement selon les espèces par la floraison qui la suit de très près.

On divise couramment cette période en deux phases correspondant à des aspects morphologiques de la plante très différents :

- **le tallage herbacé**, phase pendant laquelle la tige reste court-nouée; il y a émission et croissance de talles;
- **la montaison**, pendant laquelle les entre-nœuds d'un certain nombre de tiges, brins-maîtres et talles, s'allongent rapidement. Ce changement morphologique se produit sensiblement au stade **B**⁵.

*** La phase Début tallage-Début montée (Tallage herbacé) (Figure 14)**

Le tallage est caractérisé par l'entrée en croissance de bourgeons différenciés à l'aisselle de chacune des premières feuilles : il s'agit d'un simple processus de ramification.

La première talle (t_1) apparaît généralement à l'aisselle de la première feuille quand la plante est au stade "3 feuilles".

⁽¹⁾ Voir p. 46 la définition de ce terme

⁵ Dans la pratique, on définit le début de la montaison par le stade "longueur (Tige + Epi) = 1 cm", qui correspond aux stades B-BII.

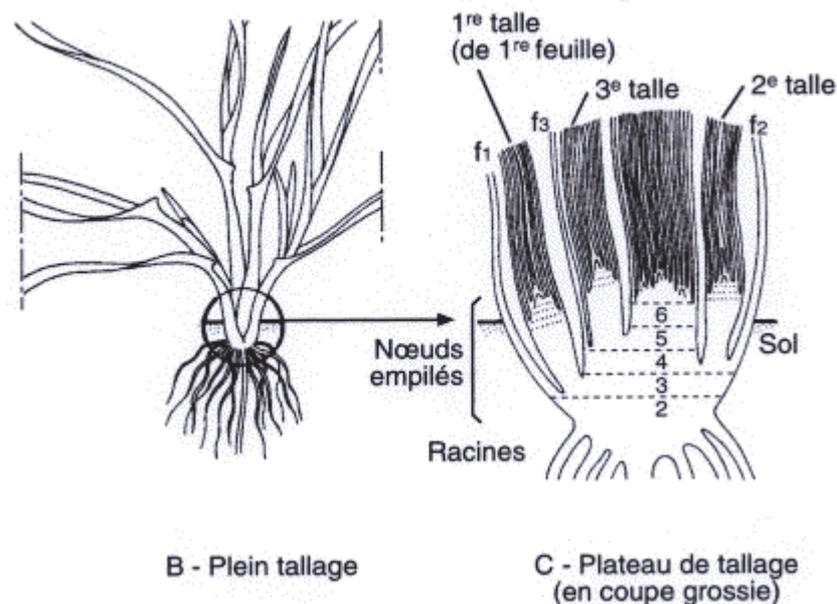


Figure 14 : Phase Début tallage-Début montée (tallage herbacé) (Boyardieu 1997)

Cette talle est constituée d'une préfeuille entourant la première feuille fonctionnelle de la talle. Celle-ci encapuchonne les autres. Elle s'insère sur le nœud d'où part la première feuille. Par la suite apparaissent les talles de 2ème, 3ème, 4ème feuille. Elles sont formées à partir des bourgeons ayant pris naissance à l'aisselle des feuilles correspondantes. Ces talles de 1ère, 2ème, 3ème et 4ème feuille sont dites talles **primaires**. Chaque talle primaire émet des talles **secondaires** susceptibles d'émettre des talles **tertiaires** : l'aptitude à émettre en plus ou moins grand nombre des talles secondaires et tertiaires est une caractéristique spécifique et variétale.

Comme pour les feuilles, chaque talle apparaît après un intervalle de temps constant lorsqu'il est exprimé en degrés.jours, le **phyllochrone**.

Le nombre de talles émises par plante caractérisera le tallage herbacé. Celui-ci sera fonction :

- **de l'espèce** (le riz talle beaucoup plus que l'orge, qui elle-même talle plus que le blé tendre ou l'avoine, suivis du blé dur);
- **de la variété** utilisée;
- **du climat**;
- **de l'alimentation de la plante en facteurs de croissance**.

* **La montaison : déterminisme de la montée chez les céréales (Figure 15)**

a) Besoins en températures basses : notion de **vernalisation**

Depuis des travaux remontant au milieu du XIXème siècle, on sait que les céréales dites **d'hiver** exigent une exposition de leurs semences en germination ou de leurs plantules à des températures basses pour arriver à épiaison. Cette transformation physiologique, opérée par le froid naturel ou

artificiel, d'une semence germée de céréale hiver en un type printemps a été appelée "*jarovisation*"⁶ par les auteurs russes, et en français **vernalisation**.

Pour être vernalisante, la température basse doit toujours demeurer supérieure au zéro de croissance. Son optimum, variable avec l'espèce et la variété, oscille entre 0°C et + 10°C chez les céréales à paille. Le froid a essentiellement une action stimulante sur l'aptitude à la floraison : durant la phase de vernalisation aucune ébauche florale ne se forme. Les céréales manifestent des **degrés divers dans leurs besoins de vernalisation**. Les variétés de céréales **d'hiver** ont les besoins les plus importants, mais jamais absolus : non vernalisées, elles peuvent former des ébauches florales avec beaucoup de retard par rapport aux plantes vernalisées. Les variétés **alternatives** ont des besoins beaucoup plus modérés. Les variétés de **printemps** ont des besoins nuls.

b) Besoins en photopériode

Les céréales d'hiver vernalisées et les céréales de type printemps émettent des épis (formation de *primordia* d'épillets) **en jours longs** lorsque la photopériode dépasse une certaine durée ou **photopériode critique**, variable avec l'espèce et la variété (12 à 14 heures). Au-dessous de cette durée critique du jour, il n'y a pas de réaction des méristèmes qui continuent à différencier des organes végétatifs. Comme pour les besoins en températures basses, la sensibilité à la photopériode est variable selon les espèces et les variétés.

La phase de montaison se termine par l'apparition de l'épi qui sort de la gaine de la dernière feuille (**épiaison**), par la **floraison** et la **fécondation**. Au cours de ces phases la plante est sensible aux extrêmes climatiques, en particulier les basses températures (surtout le blé dur) et les faibles rayonnements. Des accidents climatiques de ce type peuvent diminuer la fécondité des épis et limiter fortement le rendement.

La période de maturation

Durant cette période, les substances de réserve (amidon, matières protéiques) s'élaborent et migrent dans l'albumen. L'embryon se forme. Elle comprend trois phases principales (**Figure 16**) :

a) *Une phase de multiplication cellulaire intense* (12 à 15 jours chez le blé) :

Un accroissement du poids d'eau et de matière sèche dans le grain se produit. A la fin de cette phase, l'amande encore verte a pris sa forme définitive, l'albumen est devenu laiteux : c'est le **stade laiteux**.

b) *Une phase d'enrichissement en glucides et protéides* (10-12 jours chez le blé) :

Le poids d'eau dans le grain demeure constant : c'est le **palier hydrique**. A la fin de cette phase, l'amande s'est colorée en roux pâle; ses enveloppes résistent bien à la pression du doigt mais se déchirent à l'ongle. C'est le **stade pâteux**. Il marque la fin de la migration des réserves. La teneur en eau est alors de l'ordre de 40% du poids frais.

⁶ Du russe *larov* (ou *Jarov*), dieu du printemps.

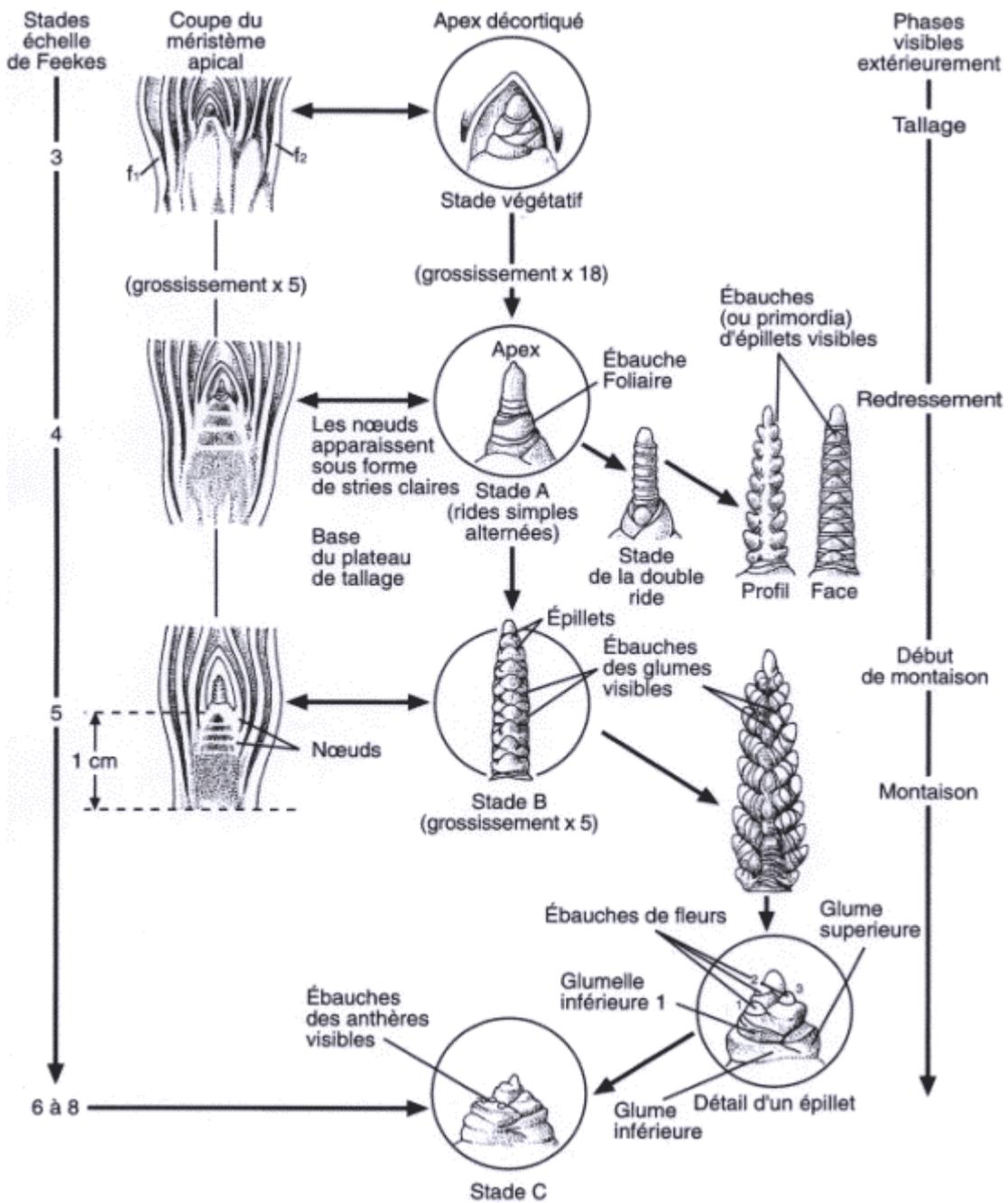


Figure 15 : Période reproductrice, exemple du blé (Boyeldieu 1997)

c) Une phase de dessiccation :

Une diminution rapide du poids d'eau se produit. Le grain devient demi-dur, puis dur et cassant à surmaturité : c'est le stade propice au battage. Sous nos climats, toutes les céréales à paille peuvent être récoltées à ce stade.

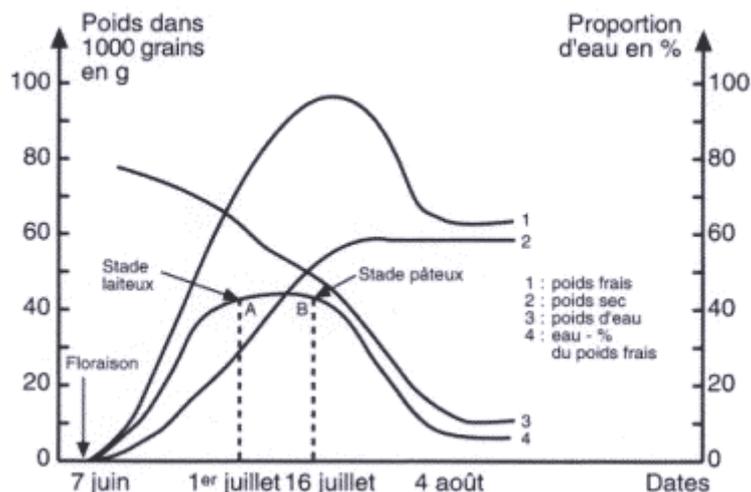


Figure 16 : Courbes caractéristiques du développement du grain de blé (Boyeldieu 1997)

Ces courbes caractéristiques de la maturation du grain et cette phase du "palier hydrique ont été retrouvées chez le blé dur, l'orge, l'avoine

En conditions hydriques non limitantes, la durée de chaque phase semble dépendre de la température et de la radiation lumineuse. En particulier la durée (exprimée en somme des températures) de la phase du palier hydrique apparaît comme une constante variétale. Tout déficit en eau peut constituer une perturbation dans le déroulement de ces phases, surtout dans celle du palier hydrique. Lorsque le rapport évaporation/absorption devient trop grand, l'arrêt de la croissance, momentané ou définitif, intervient. La phase du palier hydrique constitue donc une **période critique de besoin en eau** des céréales.

C – CONDUITE DE LA CULTURE

On présentera ici la conduite des céréales à paille en se basant principalement sur celle du blé tendre. Chaque fois que des variations importantes existeront pour l'orge ou le blé dur, elles seront signalées. La **figure 17** récapitule l'ensemble des interventions réalisées sur blé tendre d'hiver en cours de culture.

1. Place dans les systèmes de culture et choix variétal

Les céréales à paille étant traditionnellement considérées comme des cultures « salissantes », c'est-à-dire laissant se développer et se reproduire les mauvaises herbes, leur place dans les successions de culture était entre deux cultures « nettoyantes » (en particulier des plantes sarclées comme la betterave, la pomme de terre ou le maïs). Le développement de l'usage des herbicides a

considérablement atténué le phénomène, mais les céréales à paille restent un **pivot de la construction des successions de cultures**.

La répétition blé sur blé sur une même parcelle se rencontre de plus en plus fréquemment dans les régions de grande culture (30 % des blés d'Eure-et-Loir sont conduits en répétition en 2000). Cette tendance se confirme avec l'arrivée de fongicides anti-piétin-verse en traitement de semences et avec la revalorisation des céréales par rapport aux autres productions dans le contexte de l'Agenda 2000. Dans ces mêmes régions, l'orge à destination de l'alimentation animale est considérée comme une culture « de second rang », et est fréquemment placée derrière le blé quand aucune autre culture n'est possible, ou sur des terrains à faible potentialité. Pour l'orge de brasserie, compte tenu des exigences concernant la teneur en protéines du grain, on choisit des parcelles en évitant les précédents culturaux à libération d'azote difficilement prévisible (par exemple les légumineuses).

Les critères qui déterminent le choix variétal sont les suivants :

- la **productivité** : c'est le premier critère pris en compte par les agriculteurs. De nombreux essais sont mis en place annuellement et de manière régionalisée par les organismes de développement agricole. L'agriculteur expérimente également fréquemment chez lui les variétés nouvelles sur de petites surfaces, avant d'en accroître éventuellement l'importance sur son exploitation.

- la **qualité** : elle ne dépend pas seulement de la variété, qui joue cependant de manière significative. On détermine à l'aide de plusieurs critères l'aptitude à la panification des variétés de blé. Ces différences peuvent se traduire par des variations de prix à la récolte : un blé dit "*de force*" sera souvent payé plus cher qu'un blé non panifiable destiné à l'alimentation animale. De la même manière le choix d'une variété d'orge de brasserie ou de blé dur est souvent imposé par le transformateur.

Les autres critères sont tous plus ou moins directement reliés à l'espérance de rendement :

- l'**alternativité** : le **tableau 4** donne les dates limites de semis en fonction du degré d'alternativité des variétés et de la région. Le blé tendre de printemps est peu cultivé en France. Il apparaît souvent en tant que culture de dépannage, mise en place quand on n'a pas réussi l'implantation de la culture d'hiver initialement prévue. L'orge de printemps est en revanche beaucoup plus fréquente, surtout pour la malterie/brasserie.

Tableau 4 : Dates limites de semis du blé tendre en fonction du degré d'alternativité des types variétaux et de la région (Gate 1995)

REGIONS	TYPES					
	Très hiver	Hiver	1/2 Hiver	1/2 Alternatif	Alternatif	Alternatif à Printemps
BORDURE MARITIME NORD	15/10-15/11	15/10-05/12	01/11-05/12	20/10-05/12	01/11-01/12	
NORD PICARDIE	01/10-30/10	01/10-20/11	20/10-20/11	10/10-20/11	20/10-15/11	
EST	25/09-20/10	25/09-25/10	10/10-25/10	05/10-25/10	10/10-25/10	
BRETAGNE PAYS DE LOIRE	10/10-15/12	10/10-15/12	20/10-15/12	15/10-15/12	20/10-15/12	25/10-15/12
CENTRE	01/10-25/10	01/10-15/11	15/10-15/11	10/10-10/11	15/10-20/11	01/11-20/11
POITOU CHARENTES VENDEE	15/10-10/11	15/10-15/11	25/10-15/11	25/10-15/11	25/10-15/11	05/11-15/11
SUD OUEST	20/10-20/11	20/10-15/11	25/10-15/11	25/10-15/11	25/10-15/11	05/11-15/11
CENTRE EST	01/10-15/10	01/10-01/11	12/10-01/11	12/10-01/11	12/10-01/11	15/10-01/11
VALLEE DU RHONE	20/10-30/10	10/10-01/11	15/10-01/11	15/10-01/11	15/10-01/11	20/10-01/11

- la **précocité** : il s'agit d'un terme comparatif entre variétés placées dans un même milieu et semées à la même date. La précocité caractérise la plus ou moins grande durée du cycle de la germination à la maturité. Cependant on la détermine couramment par rapport à la date d'épiaison qui est corrélée à celle de la maturité et beaucoup plus facile à observer sur le terrain.

- la **résistance à la verse** : ce facteur est d'un déterminisme complexe mettant en jeu le diamètre de la base des chaumes, le nombre de faisceaux libéro-ligneux et la hauteur de la plante. Certaines techniques culturales jouent sur le risque de verse : de fortes densités de semis ou des apports d'azote importants augmentent en particulier ce risque. La verse entraîne des réductions de rendement et des difficultés de récolte.

- la **sensibilité aux herbicides** : le désherbage des céréales est délicat en ce qui concerne les graminées adventices, de même famille que le blé. Les risques de phytotoxicité pour une molécule donnée varient d'une variété et d'une espèce à l'autre

- le **tallage** : la note de tallage d'une variété indique le nombre moyen de talles émises par un pied en l'absence de tout facteur limitant, pour une densité de culture donnée.

- la **résistance au froid**.

Compte tenu des surfaces que le blé occupe dans beaucoup d'exploitations céréalières, les agriculteurs y cultivent fréquemment chaque année plusieurs variétés, afin de limiter les risques liés aux accidents climatiques et aux attaques parasitaires.

Les **tableaux 5, 6 et 6 bis** présentent les principales caractéristiques des variétés de blé et d'orge les plus vendues en France (plus de 1 % de la surface en multiplication). Les blés panifiables supérieurs occupent 76 % des surfaces en 2002 et concernent 16 des 23 variétés les plus multipliées. Les blés hybrides restent cultivés de façon marginale (8 % de la surface en multiplication en 2001) mais leur part de marché augmente. Les meuniers publient chaque année la liste des variétés qu'ils recommandent (Cf. **tableau 5 bis**).

Figure 17 : Chronologie des interventions sur blé tendre

SEMIS	LEVEE	3 FEUILLES	DEBUT TALLAGE	MI-TALLAGE	FIN DE TALLAGE	EPI 1CM	1 NOEUD	2 NOEUDS	GONFLEMENT	EPIAISON	FLORAISON	FORMATION DU GRAIN	
	1ere feuille perce le coléoptile (gaine enveloppant la 1ère feuille)	3 feuilles	formation de la 1ère talle	les plantes ont 2 à 3 talles primaires puis secondaires	les plantes commencent à se redresser	sommet de l'épi du brin maître distant de 1cm du plateau de tallage	élongation de la tige		l'épi gonfle la gaine de la dernière feuille	de l'émergence des 1ers épis jusqu'à la sortie de tous les épis	de la sortie des 1ères étamines au moment où toutes les étamines sont sorties		
	stade atteint quand la culture a reçu une somme de t°C de 150°C (base 0°C)	à partir de la levée il faut environ 100°C pour qu'une nouvelle feuille se développe	stade atteint quand la culture a reçu environ 450°C (base 0°C) depuis le semis ou 300°C depuis la levée	stade atteint lorsque la culture a reçu entre 550°C et 600°C (base 0°C)	toutes les talles ne donnent pas un épi. Les plus développées (souvent les 1ères apparues) peuvent monter à épi	Stade atteint quand la culture a reçu 600°C depuis la levée. Pour les variétés d'hiver, il faut au moins 11h de jour. Ce stade marque la fin de la formation des épillets et le début de l'élaboration un peuplement épis.	Ce stade est atteint environ 10 jours après le début de la montaison. Les talles qui n'ont pas amorcé leur montée alors que la tige principale est au stade 2 nœuds ne donneront pas d'épis. Le nombre d'épillets est définitif et les fleurs se forment activement. C'est une période importante pour la formation du peuplement épi de la parcelle.		la dernière feuille apparaît quand l'épi formé se trouve à 25-30 cm du plateau de tallage. Le gonflement se produit après l'apparition de la dernière feuille. Le peuplement épi est quasi définitif et le nombre de grains potentiels est déterminé.	A ce stade le peuplement épi est acquis	la floraison n'est pas un stade précis. L'émission des étamines est très variable. Lorsque les étamines sont sorties la fécondation est déjà réalisée. A ce stade le nombre de grains est définitif, sauf accident de croissance ultérieur.	Le grain laiteux vert s'écrase en laissant échapper un liquide blanchâtre. Le grain pâteux jaun-vert s'écrase en formant une pâte. Le grain mûr ne s'écrase pas sous les doigts.	
Dés herbage	pré-semis	prélevée		post levée précoce	post levée tardive						post épiaison		
Azote	fertilisation azotée		1er apport			2e apport	3e apport						
Régulateur de croissance				protection contre la verse									
Insecticides	lutte contre les ravageurs			Cicadelles, pucerons, limaces							pucerons, cécidomyies		
Fongicides	traitement de semence						1er Traitement		2ème Traitement	Epiaison +15 jours 3ème Traitement			
Stade			1	2	3	4	5	6	7	8	10 - 1	10 - 5 - 1	10 - 5 - 4
										9	10 - 2	10 - 5 - 2	11 - 1
											10 - 3	10 - 5 - 3	11 - 2
											10 - 4		11 - 3
Date d'apparition des stades											10 - 5		11 - 4
			150° C	3 phyllothermes			650° à 1300° C		900° à 1500°C		1200° à 1800°C		1900° à 2550°C
			après la levée										

Tableau 5 : Les variétés de blé tendre d'hiver (surface totale en multiplication en 2002 : 95 545 ha) (d'après Semences et Progrès, n°111 et 112)

Variété (année d'inscription)	obteneur ou représentant	surface en multiplication (ha récoltés en 2002)	qualité boulangère (1)	Alternativité (2)	précocité épiaison (3)	résistance aux accidents (4)			résistance aux maladies (4)					résistance aux herbicides (5)	
						froid	verse	germinati on sur pieds	rouille jaune	rouille brune	piétin verse	oïdium	fusariose		septorios e
APACHE (1998)	Nickerson	14.378	BPS	½ H	7	7	8	6	8	7	3	6	5	4	S
ISENGRAIN (1997)	Florimond Desprez	9.204	BPS	½ H	7	5,5	5,5	2	5	3	1	5	4	4	T
SOISSON (1988)	Florimond Desprez	6.414	BPS	H à ½ H	7	4	7	7	6	2	2	6	5	5	T
CHARGER (1997)	Florimond Desprez	5.708	BPS	TH	6	7	8	2	9	7	2	7	2	4	T
ORVANTIS (1999)	C.C. Benoist	4.948	BPS	½ Alt	6,5	3,5	4,5	3	3	8	2	5	6	4	T
CAPHORN (2000)	Florimond Desprez	3.944	BPS	H à ½ H*	6,5	7	6	6	8	8	3	5	5	4	T
SPONSOR (1994)	Sem. de France	2.968	BPC	½ Alt	5,5	4,5	8	3	6	6	2	5	6	5	S
AUTAN (2001)	Nickerson	2.587	BPS	Alt*	7,5	7	6	2	3	7	2	6	4	4	S
SHANGO (1994)	Florimond Desprez	2.548	BPS	TH	5	6,5	8,5	3	7	6	2	3	4	3	T
PR22R28 (2001)	Pioneer Semences	2.511	BPC	H*	5,5	5	5	6	8	6	7	5	5	5	S
ALTRIA (1995)	Serasem	2.322	BAU	½ H	7,5	7,5	8	5	7	5	3	7	5	4	S
CEZANNE (1998)	Nickerson	2.300	BPS	Alt	7,5	6	4,5	1	4	6	2	7	4	4	T
TREMIE (1992)	Serasem	2.066	BAU	H à ½ H	7	6,5	5,5	4	5	6	3	4	3	3	S
AZTEC (1994)	Nickerson	1.506	BPS	½ H	7	5	5	2	4	6	2	5	4	4	S
BALTIMOR (1998)	Unisigma	1.470	BPS	½ H	5	7	8	7	3	4	2	6	5	3	T
VIVANT (1991)	Momont	1.393	BAU	TH	4,5	5,5	8	7	8	8	3	6	3	4	S
CLAIRE (C)	Nickerson	1.342	BAU*	½ Alt	5	5	7	-	9	9	7	4	8	7	T
PARADOR (2201)	Secobra	1.283	BPS	TH*	5,5	5	7	6	8	8	3	6	6	3	S
SEMAFOR (2001)	Unisigma	1.126	BPS*	H à ½ H	6,5	4,5	6,5	3	7	3	6	7	4	4	T
FRELON (2001)	PBI	1.065	BPC	½ Alt	6,5	4,5	7	7	8	8	1	6	5	5	S

(2) Alternativité : **TH** = très hiver, **H** = hiver, **Alt** = alternatif, **P** = printemps ; (3) Précocité (épiaison) : les notes vont de **1** (très tardif) à **9** (très précoce) ; (4) Résistances : les notes vont de **1** (très faible résistance) à **9** ou **R** (forte résistance) ; (5) Résistance aux herbicides (chlortoluron) : **S** = sensible, **MT** = moyennement tolérant, **T** = tolérant

Tableau 6 : Liste des variétés d'orge de printemps (d'après Semences et Progrès, n°113)

Ne figurent dans ce tableau que les variétés représentant au moins 1% de la surface totale d'orge de printemps en multiplication (soit 1% de 17.419 hectares en 2002).

variétés (année d'inscription)	obteneur ou représentant	surface en multiplication (ha récoltés en 2002)	précocité épiaison (1)	résistance aux accidents (2)	résistance aux maladies (2)						liste brassicole (note ou classe) (3)
				verse	oïdium	rhyngo-sporiose	helmintho-sporiose	rouille naine	charbon nu	mosaïque jaune	
SCARLETT (1996)	Unisigma	6.125	½ T à ½ P	6,5	7	7	7	5	2	-	8
PRESTIGE (2001)	Serasem	3.080	½ P	7	7	6	4	5	-	-	A
ASTORIA (1999)	Secobra	2.027	½ T à ½ P	7,5	6	7	7	6	-	-	B
COUNTY (2000)	C.C. Benoist	935	½ T	8	5	7	7	6	-	-	B
CELLAR (2000)	Secobra	769	½ T à ½ P	7,5	7	6	8	7	-	-	A
ASPEN (1998)	Nickerson	596	½ T à ½ P	7,5	8	6	6	-	-	-	A
NEVADA (1993)	Secobra	513	½ T à ½ P	6,5	6	6	7	5	2	-	7
OPTIC (C)	Verneuil Semences	420	M	6,5	7	6	-	6	-	-	-
ADONIS (2001)	Nickerson SA	366	½ T à ½ P	6	7	6	8	8	-	-	A
CORK (1995)	C.C. Benoist	286	½ T	7,5	5	5	6	8	5	-	6
SABEL (1999)	C.C. Benoist	252	½ T à ½ P	8	7	4	7	6	-	-	B
VOLGA (1988)	Secobra	244	½ T	4	6	7	7	7	3	-	6
PRISMA (C)	Serasem	224	½ T	7	-	-	-	-	-	-	-
CERES (1962)	INRA	209	½ T	-	-	-	-	-	1	-	-
JERSEY (1999)	Cebeco Semences	187	½ P	4,5	5	8	7	6	-	-	A

(C) variétés inscrites au catalogue communautaire

(1) Précocité (épiaison) : T = tardive, M = moyenne, P = précoce

(2) Résistances : les notes vont de 1 (très faible résistance) à 9 ou R (forte résistance)

(3) Liste brassicole du GEVES :

Les notes vont de 1 (mauvaise qualité) à 9 (très bonne qualité). Depuis 1998, les notes sont devenues des classes : A = excellente qualité brassicole ; B = bonne qualité brassicole.

Tableau 6 bis : Liste des variétés d'orge d'hiver (d'après Semences et Progrès, n°112)

Ne figurent dans ce tableau que les variétés d'orge d'hiver représentant au moins 1% de la surface totale d'orge d'hiver en multiplication (soit 1% de 24.821 hectares en 2002).

variété (nb de rangs) (année d'inscription)	obteneur ou représentant	surface en multiplication (ha récoltés en 2002)	liste brassicole (note ou classe) (1)	alternativité (2)	précocité épiaison (3)	résistance aux accidents (4)		résistance aux maladies (4)					
						froid	verse	Rouille naine	charbon	oïdium	rhyncho-sporiose	helmintho-sporiose	complexe mosaïque
ESTEREL (6r) (1995)	Secobra	9.518	8	-	7,5	2,5	4,5	3	-	6	7	5	R
NIKEL (6r) (1995)	Serasem	2.863	non	½ H	7,5	4	6,5	6	-	5	7	7	R
VANESSA (2r) (1998)	Breun	2.397	B	Alt	6,5	6	4,5	6	-	7	7	7	R
PLATINE (2r) (1997)	Serasem	2.019	6	½ H à ½ Alt	7	6,5	5,5	6	-	6	7	7	R
ORELIE (2r) (1995)	RAGT Semences	974	non	½ H	7	3,5	5	3	-	6	7	5	2
OROSTAR (2r) (1997)	RAGT Semences	643	non	½ H	7	4,5	6,5	5	-	7	7	5	2
SIBERIA (6r) (2001)	Secobra	531	non	½ Alt à Alt*	7	4,5	6,5	6	-	6	6	6	R
MENHIR (2r) (2001)	GAE Semences	517	B	½ Alt	7,5	6,5	5,5	7	-	6	8	7	R
DIADEM (2r) (1999)	Serasem	373	non	½ H à ½ Alt	7	7	5	5	-	4	7	7	R
PASTORAL (2r) (1986)	Secobra	330	non	½ H	7	5	5	4	3	5	7	6	2
FLAG (6r) (2001)	C.C. Benoist	277	non	½ Alt*	8	4,5	5	8	-	7	7	6	R

(2r) orge à deux rangs ; (6r) orge à six rangs.

(1) Liste brassicole du GEVES : Les notes de 1 (mauvaise qualité) à 9 (très bonne qualité). Depuis 1998, les notes sont devenues des classes :

A = excellente qualité brassicole ; B = bonne qualité brassicole.

(2) Alternativité : **TH** = très hiver, **H** = hiver, **Alt** = alternatif, **P** = printemps

(3) Précocité (épiaison) : les notes vont de 1 (très tardif) à 9 (très précoce).

(4) Résistances : les notes vont de 1 (très faible résistance) à 9 ou R (forte résistance).

Tableau 5 bis : Liste des variétés de blé recommandées par les meuniers en 2002 (d'après Semences et Progrès, n°111)

Blés panifiables recommandés	Blés de force	Blés biscuitiers
Apache, Aztec (S), Camp Rémy, Cézanne (m), Hyno-valéa, Nogent (S), Paindor, Récital, Shango, Soissons (m), Taldor	Galibier, Lona, Panifor, Qualital, Tamaro	Craklin, Crousty
Blés inscrits sur la liste Blé Panifiable Meunerie Française (BPMF)		
Aligre, Amélio (a), Amérigo, Andalou, Apache , Aubuson, Autan, Aztec , Balthazar, Baltimor, Bobino, Bussard (a), Calisto, Camp Rémy , Caphorn, Capvern, Carolus (a), Cézanne, Charger, Cockpit, Courtôt (a), Critérium, Cyrano, Dinghy, Farandole, Folio, Frelon, Galibier (a), Hugo (a), Hybred, Hyno-précia, Hyno-primera, Hyno-renta, Hyno-rista, Hyno-valéa , Intense, Isengrain, Levis (a), Lona (a), Macro, Malacca, Mercury, Meunier, Monopol (a), Nectar, Nirvana, Nogent , Occitan, Oratorio, Ormil, Ornicar, Orpic, Orqual, Orvantis, Paindor , Panifor (a), Parador, PR22R28, PR22R35, Provinciale, Pulsar, Qualital (a), Rapor, Raspail, Récital , Renan, Rubens, Runal (a), Scipion, Sémafor, Séquoïa, Shango , Sidéral, Soissons , Taldor , Tamaro (a), Tecnico (a), Texel, Tilburi, Toréador, Torka (a), Triso, Vergain, Virtuose		

(S) variétés recommandées au sud d'une ligne La Rochelle-Annecy

(m) variétés à utiliser en mélange pour la panification

(a) blé améliorant ou de force

De mêmes, les malteurs recommandent certaines variétés d'orge.

Tableau 6 ter : Variétés d'orge recommandées par les malteurs (d'après Semences et Progrès, n°111)

	orge de printemps	orge d'hiver	
		2 rangs	6 rangs
variétés préférées polyvalentes à usage spécifique	Aspen, Cellar, Scarlett Astoria	Vanessa	Esterel
variétés en observation commerciale	Adonis, County, Prestige	Madison	
variétés en cours de validation technologique	Arcadia, Ceylon, Pewter, Rangoon	Boréale	

Les **tableaux 7 à 10** présentent l'ensemble des variétés d'avoine, de seigle, de triticale et de blé dur cultivées en France (pour plus de détails sur la qualité et les résistances des variétés, se reporter au site intranet).

Tableau 7 : Liste des variétés d'avoine d'hiver (d'après Semences et Progrès, n°112)

Ne figurent dans ce tableau que les variétés représentant au moins 1% de la surface totale d'avoine d'hiver en multiplication (soit 1% de 1.663 ha 2002).

variétés (année d'inscription)	obteneur ou représentant	surface en multiplication (ha récoltés en 2002)	couleur du grain	alternativité (1)	précocité d'épiaison (2)
FRINGANTE (1980)	Agri- Obtentions	436	noir	½ H	6
EVORA (1998)	Serasem	352	noir	½ Alt	6
ICEBERG (C)	GAE Semences	350	noir	H	7
GERALD (C)	Agri- Obtentions	173	blanc	H	-
ORIGINE (1997)	C.C. Benoist	95	blanc	H à ½ H	5
OURASI (1999)	Momont	64	noir	½ H à ½ Alt	6
CHARMOISE (1999)	Serasem	39	noir	½ H à ½ Alt	6
FERVENTE (2001)	Agri- Obtentions	34	jaune	-	6
AINTREE (1987)	Serasem	24	blanc	½ H	6,5

(1) Alternativité : H = hiver, Alt = alternatif

(2) Précocité d'épiaison : les notes vont de 1 (très tardif) à 9 (très précoce)

Tableau 7 bis : Liste des variétés d'avoine de printemps (d'après Semences et Progrès, n°113)

Ne figurent dans ce tableau que les variétés représentant au moins 1% de la surface totale d'avoine de printemps en multiplication (soit 1% de 1.938 ha 2002).

variétés (année d'inscription)	obteneur ou représentant	surface en multiplication (ha récoltés en 2002)	couleur du grain	précocité d'épiaison (1)
AUTEUIL (1996)	Serasem	570	noir	½ P à P
EBENE (1987)	Serasem	284	noir	½ P
RANCH (1999)	Lemaire- Deffontaines	210	noir	½ P
CHANTILLY (1998)	Serasem	166	blanc	½ T à ½ P
MOZART (C)	Sem Partners	145	nu	½ T à ½ P
SIRENE (1974)	INRA	75	noir	½ P à P
DAKAR (2001)	Lemaire- Deffontaines	68	noir	½ P
PONCHO (1992)	Lemaire- Deffontaines	68	blanc	½ P
CHAMBORD (2002)	Serasem	53	blanc	½ P
ALFRED (1980)	Belloy Semences	41	blanc	½ T à ½ P
ORBLANCHE (1998)	C.C. Benoist	40	blanc	½ P
PONEY (C)	Blondeau Semences	29	blanc	M
AVENUUDA (2002)	Sem Partners	27	nu	½ T à ½ P
CORY (1988)	Verneuil Semences	24	blanc	½ T à ½ P
ARAGON (C)	Lemaire- Deffontaines	22		P
JAPELOUP (2002)	Momont	20	noir	½ T à ½ P

(1) Précocité d'épiaison : P = précoce, M = moyenne, T = tardive

Tableau 8 : Les variétés de seigle (d'après Semences et Progrès, n°112)

Ne figurent dans ce tableau que les variétés représentant au moins 1% de la surface totale de seigle en multiplication (soit 1% de 1.027 ha en 2002).

Variété (année d'inscription)	obteneur ou représentant	surface en multiplication (ha récoltés en 2002)	alternativité	précocité d'épiaison (1)
AVANTI (hyb, C)	-	155	-	-
CILION (C)	-	123	-	-
CANOVUS (C)	Sem Partners	112	½ hiver	6
GAMET (hyb, C)	Deleplanque	91	très hiver	7
RAPID (hyb, 1992)	Deleplanque	82	très hiver	7
APART (hyb, 1995)	GAE Semences	52	très hiver	6,5
ALBEDO (C)	Sem Partners	47	très hiver	6
PICASSO (C)	Momont	46	très hiver	6
AMANDO (hyb, 1991)	Deleplanque	32	très hiver	6
NIKITA (C)	-	28	-	-

(hyb) seigle hybride (C) variété inscrite au catalogue communautaire

(1) Précocité d'épiaison : les notes vont de 1 (très tardif) à 9 (très précoce).

Tableau 9 : Les variétés de triticales (d'après Semences et Progrès, n°112)

Ne figurent dans ce tableau que les variétés représentant au moins 1% de la surface totale de triticales en multiplication (soit 1% de 8.313 ha en 2002).

Variété (année d'inscription)	obteneur ou représentant	surface en multiplication (ha récoltés en 2002)	alternativité (1)	précocité d'épiaison (2)
TRICOLOR (1998)	Florimond Desprez	1.611	Alt	6,5
BELLAC (2001)	RAGT Semences	1.390	½ H	6
CARNAC (1996)	RAGT Semences	1.022	½ H à ½ Alt	6
ROTEGO (1998)	Sem Partners	984	½ H à ½ Alt	6,5
AMPIAC (1995)	RAGT Semences	558	½ H	6
TRIMARAN (1992)	Florimond Desprez	409	½ H	6,5
BIENVENU (2001)	Lemaire- Deffontaines	277	-	7,5
ZEUS (1997)	RAGT Semences	258	½ Alt	5,5
KORTEGO (2001)	Sem Partners	216	H	5,5
TRINIDAD (1998)	Agri- Obtentions	147	½ H à ½ Alt	6
JANUS (1998)	C.C. Benoist	146	Alt	5,5
SANTOP (C)	Sem Partners	145	H à ½ H	7
GALTJO (1995)	Nickerson	106	½ Alt	5,5
BINOVA (C)	Lemaire- Deffontaines	101	H	6,5
LAMBERTO (1999)	Florimond Desprez	90	-	6,5

(C) variété inscrite au catalogue communautaire

(1) Alternativité : TH = très hiver, H = hiver, Alt = alternatif.

(2) Précocité d'épiaison : les notes vont de 1 (très tardif) à 9 (très précoce).

Tableau 10 : Les variétés de blé dur (d'après Semences et Progrès, n°112)

Ne figurent dans ce tableau que les variétés de blé dur représentant au moins 1% de la surface totale de blé dur en multiplication (soit 1% de 16.606 hectares en 2002).

variété (année d'inscription)	obteneur ou représentant	surface en multiplication (ha récoltés en 2002)	classe qualitative (2)	précocité épiaison (3)
LLOYD (1991)	GAE semences	2.648	B	6
NEFER (1997)	Nickerson	2.122	B	6
ORJAUNE (1995)	C.C. Benoist	1.251	B	6
ACALOU (1990)	PBI	1.214	C	6,5
NEODUR (1987)	GAE Semences	1.020	-	6,5
BIENSUR (2001)	RAGT Semences	996	B	6
SACHEM (1999)	Eurodur	706	D	5,5
ARGELES (1997)	Eurodur	649	B	7
ARCALIS (1995)	Eurodur	444	B	6
GRAZIA (C)	Héliosem	439	-	6
ARDENTE (1984)	Eurodur	395	-	7
ARTIMON (1998)	Eurodur	382	D	6,5
ARAMON (1987)	Eurodur	292	-	7
SALSA (1999)	Eurodur	287	B	5,5
DURIAC (1991)	PBI	272	B	6
JOYAU (2001)	C.C. Benoist	271	A	6
BRINDUR (1987)	GAE Semences	268	-	6
REAUMUR (2001)	RAGT Semences	250	B	6
GARIC (2001)	Eurodur	220	A	7
SILUR (2001)	RAGT Semences	203	C	7
PROVENZAL (C)	Caussade Semences	201		7
ALFARO (C)	Florimond Desprez	197	-	5,5

(C) variété inscrite au catalogue communautaire.

(2) classe qualitative du GEVES (A est la classe de meilleure qualité).

(3) Précocité d'épiaison : Les notes vont de 1 (très tardif) à 9 (très précoce).

2. Implantation

Le semis des céréales à paille est réalisé après une préparation du lit de semence permettant un bon contact entre la terre et la graine, afin de favoriser la germination. La profondeur de semis est généralement de 2 à 4 cm.

La **date de semis** est variable d'une espèce à l'autre (en général les orges d'hiver d'une exploitation sont semées avant les blés tendres, et les blés durs après). Pour une espèce donnée, les semis sont généralement étalés sur plusieurs semaines : par exemple les semis de blé tendre suivant

une culture récoltée en été (colza, pois, blé) sont réalisés les premiers (début octobre dans le Bassin Parisien), puis suivent les autres semis au fur et à mesure que les terres sont libérées par les récoltes d'automne (pomme de terre, betterave, tournesol, maïs).

La **densité de semis** est raisonnée de manière à obtenir un nombre de plantes donné en sortie d'hiver, en tenant compte des risques de perte à la levée ou pendant la période de froid hivernal (Figure 18). Le nombre de plantes objectif en sortie d'hiver est déterminé régionalement en fonction de l'espérance de rendement, de la variété et de la date de semis (Cf. Tableau 11).

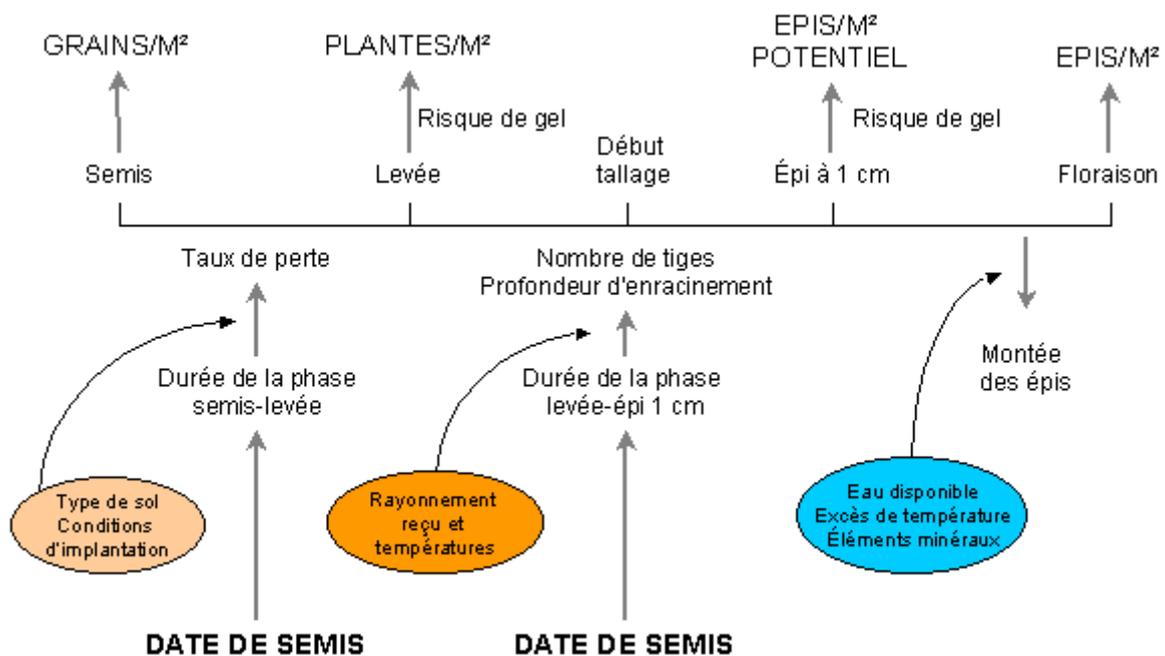


Figure 18 : Raisonnement de la densité de semis (Gate 1995)

Tableau 11 : Objectifs de nombre de plantes par région et classe de date de semis (Gate 1995)

REGIONS	Types de sols	Epoque de semis								
		25/09	5/10	10/10	20/10	31/10	10/11	20/11	Après	
		5/10	10/10	20/10	31/10	10/11	20/11	15/12	15/12	
PICARDIE	Limons sains		220			225		250	275	
	Limons battants, limons sableux		210			235		260	285	
	Argile à silex		225			260		275	300	
NORMANDIE	Limons			180-200			200-220	220-250		
	Argilo-calcaires			220-240			240-270	270-300		
BRETAGNE - PAYS DE LOIRE	Bretagne			180-200				220	260	
POITOU	Terres de groies			220-240		280-310				
VENDEE	Limons, Aubues, Champagne			220-230		270-300				
BASSIN PARISIEN	Limons, limons argileux argilo-calcaires profonds					215				
	Limons battants, limons sablo-argileux					280				
	Terres argileuses					250				
	Argilo-calcaires superficiels					320				
	Sables					280				
CHAMPAGNE - ARDENNES - LORRAINE	Limons argileux sains	180-220			220-260		260-320	320-380		
	Argilo-calcaires superficiels et caillouteux	220-250			260-320		320-380	380-460		
	Limons argileux ou argiles limoneuses humides	230-280			280-350		350-420	-		
	Craies	250-300			300-350		350-420	420-500		
ALSACE	Limons argileux sains	180-220			220-260		260-320	320-380		
	Petites terres à cailloux	220-260			260-320		320-380	380-460		
	Argiles et limons humides	230-280			230-350		350-420	420-460		
CENTRE	Limons argileux		200	240	280	330				
	Limons battants, limons sableux		260	310	360	430				
	Argilo-calcaires		250	250	300	350				
CÔTE D'OR FRANCHE COMTE	Limons argileux sains	200-250			250-300	300-350				
	Terres humides	250-300			300-380	380-460				
	Petites terres à cailloux	250-300			300-350	350-400				
AUVERGNE	Terres noires argilo-calcaires		200			220		250	300	
	Sologne Bocage		250			300		350		
SUD - EST	Région Lyonnaise					250		300		
	Sud Montélimar							250	300	
SUD - OUEST	Argilo-calcaire profond					200-220			230-250	260-280
	Limoneux bonne réserve en eau									
	Sols superficiels, séchants ou hydromorphes						230-250		260-280	280-300

3. La fertilisation

L'azote est un facteur de croissance primordial pour les céréales à paille. Une part importante de l'accroissement des rendements du blé tendre au cours des dernières décennies tient à l'obtention de cultivars capables de supporter des fertilisations azotées de plus en plus importantes sans subir de verse physiologique. En même temps que s'accroissaient les doses d'azote apportées aux cultures de céréales à paille, les méthodes de fertilisation azotée se sont considérablement affinées.

La dose totale d'azote est **fractionnée en deux ou trois apports**. Pour les céréales d'hiver le premier apport a lieu au moment du tallage (généralement en février), le second au début de la montaison au moment où les besoins du peuplement deviennent les plus importants, et un éventuel troisième apport a lieu au courant de la montaison. La dose totale apportée est calculée par la méthode du « **bilan prévisionnel** » : la dose totale d'engrais azoté est égale aux besoins du peuplement diminués des fournitures d'azote par le sol. Les besoins en azote sont en moyenne de 3 kg par quintal de grain produit pour le blé tendre⁷, et de 3,5 et 2,5 kg par quintal pour le blé dur et

⁷ Ce besoin est à nuancer selon les variétés; celles-ci sont classées en 4 groupes dont les besoins varient de 2.8 à 3.5 unités d'azote par quintal de blé produit.

l'orge respectivement. Les fournitures d'azote par le sol sont estimées par des tables et par des références régionales établies à partir de réseaux de mesure (cf. Travail Dirigé dans le cadre du module technologique « gestion des peuplements cultivés »). Les doses totales d'azote apportées sur blé avec des objectifs de rendement élevés (80-90 q/ha) sont souvent comprises entre 150 et 200 kg d'azote par hectare.

La fertilisation azotée du blé tendre tend à être de plus en plus fine, afin d'éviter les risques de pollution nitrique des nappes phréatiques, de maîtriser la qualité des grains et de réduire les coûts. On cherche ainsi à connaître par des mesures au champ les besoins instantanés en azote du peuplement au courant de la montaison, afin d'ajuster au plus près les apports à ces besoins, et ce grâce à différents outils de pilotage (JUBIL ®, N-TESTER...). De plus, un quatrième apport d'azote juste avant floraison de 20 unités en pulvérisation foliaire commence à être pratiqué.

La fertilisation azotée du **blé dur** doit intégrer un paramètre supplémentaire. En effet, les besoins en azote sont encore très importants dans les 10 à 15 premiers jours de formation du grain, et toute carence azotée dans les jours qui suivent la floraison réduit la synthèse des protéines alors que la synthèse des glucides reste normale. Ce phénomène conduit à une texture farineuse du grain, qui devient impropre à l'utilisation en semoulerie : c'est le **mitadinage**.

Pour l'**orge de brasserie**, le taux de protéines du grain devant rester inférieur à 11% de la matière sèche, il faut veiller à ce que la nutrition azotée ne soit jamais excédentaire au cours du cycle. Les fournitures en azote du sol doivent donc être prévues le plus exactement possible, ce qui justifie d'éviter de cultiver de l'orge de brasserie après une culture à restitution d'azote variable, ou sur des terres ayant reçu récemment des amendements organiques.

Les céréales sont relativement peu exigeantes en Phosphore (**P**) et Potassium (**K**). Fréquemment les quantités de P et de K nécessaires pour une céréale à paille et son précédent cultural sont épandues avant ce dernier : c'est le principe de la « fumure bloquée », aucun apport d'engrais de fond n'étant alors réalisé sur la céréale.

4. Protection phytosanitaire

a) Lutte contre les maladies

Les principales maladies des céréales sont présentées au Tableau 12. Le traitement de semences ou en cours de végétation (apparu en 1972, puis généralisé dès les années 1980), s'il n'est pas le seul moyen de lutte, reste néanmoins la méthode la plus employée. Il faut tenir compte de l'ensemble du fonctionnement du système "*Climat-Sol-Plante*" pour établir le programme de lutte. Les principaux éléments à prendre en compte sont :

- **le précédent cultural** : certains favorisent plus que d'autres les maladies : céréales, légumineuses à graines... ;
- **le climat**, surtout pendant la montaison et l'épiaison;
- **l'humidité du sol**, l'excès comme le manque d'eau pouvant sensibiliser le blé aux maladies;
- **la date et la densité de semis** : plus le semis est précoce et dense, plus la culture est exposée aux maladies;

- **les autres techniques** : les fortes doses d'azote par exemple prédisposent à certaines maladies;
- **les variétés** : certaines sont plus sensibles que d'autres à telle ou telle maladie.

Tout programme de traitement doit prendre en compte la nuisibilité des différentes maladies. L'ITCF préconise de tenir compte de l'ordre suivant dans les nuisibilités :

- **rouille brune, rouille jaune** : peuvent entraîner des pertes de rendement de 50%;
- **septorioses** : jusqu'à 40% de pertes;
- **oïdium** : 5 à 15% de pertes;
- **piétin verse** : pertes évaluées de 5 à 10% du rendement.

De plus en plus, les recommandations relatives à la lutte contre les maladies des céréales à paille sont **régionalisées**, prenant en compte l'effet du climat sur les risques de maladies, en particulier les maladies aériennes du feuillage et de l'épi. Les « programmes de base » proposés par les organismes de développement contiennent de **1 à 3 traitements en végétation** en fonction de la région. Par ailleurs, dans les parcelles où l'absence de lutte contre le piétin-verse semble possible, c'est-à-dire lorsque les risques liés au système de culture pratiqué (précédent, date de semis...) sont faibles, on peut alors envisager, sans prendre trop de risques, de réduire le nombre de traitements du programme ou les doses employées. Le raisonnement de la lutte contre les maladies des céréales intègre donc des facteurs régionaux, et des facteurs parcellaires. Par ailleurs, le programme fongicide n'est pas une assurance de protection totale, mais intègre une certaine part de risque. Chaque agriculteur choisit, avec le niveau de protection retenu, le niveau de risque auquel il s'expose.

Certains agriculteurs essaient de limiter les traitements (ou la dose apportée) dont le coût augmente régulièrement avec l'apparition de produits nouveaux, tout en maîtrisant les risques pour la culture. Un traitement curatif, lorsque les symptômes sont présents, peut s'avérer trop tardif : les dégâts peuvent être effectifs avant que la maladie ne soit stoppée. Les agriculteurs peuvent alors avoir recours, pour prévoir l'apparition des maladies en fonction des conditions climatiques, aux services de la Protection des Végétaux. Ceux-ci fournissent des renseignements téléphoniques sur la base, soit d'observations empiriques de progression de la maladie dans une région à partir de parcelles-témoin, soit de modèles épidémiologiques prenant en compte les conditions climatiques de l'année.

Tableau 12 : Les principales maladies des céréales (Soltner 1998)

NOM	CÉRÉALES attaquées	ORGANES touchés	DESCRIPTION	MOYENS DE LUTTE
LES MALADIES CHARBONNEUSES Carie <i>Tilletia Caries</i>	Blé	Grain	Grain vert olive, rempli de spores noires à odeur de poisson pourri. Épi ébouriffé. Contamination par la semence et par le sol.	Rotation des cultures. Traitement des semences.
Charbon du blé <i>Ustilago tritici</i>	Blé	L'épi	Les fleurs sont remplacées par une masse de spores noires. Contamination par la semence. Le mycélium pénètre à la floraison et se conserve à l'intérieur des téguments du grain. Contamination interne.	Désinfection des semences avec fongicide systémique.
Charbon nu de l'orge <i>Ustilago nuda</i>	Orge	L'épi		
Charbon nu de l'avoine <i>Ustilago avenae</i>	Avoine	La panicule	Les fleurs sont remplacées par une masse de spores noires. Contamination externe.	Rotation des cultures. Traitement des semences.
Charbon couvert de l'orge <i>Ustilago hordei</i>	Orge	L'épi	Les spores sont recouvertes d'une membrane blanchâtre.	Rotation des cultures. Traitement des semences.
LES FUSARIOSES 1° <i>Fusarium roseum</i>	Blé - Orge Avoine Maïs	Epis	Déssèchement précoce. Echaudage. Les grains contaminés sont toxiques.	Rotation des cultures. Bonne préparation du sol avec enfouissement léger des matières organiques. Traitement des semences. Traitements fongicides en végétation (montaison-épiaison).
2° <i>Fusarium nivale</i>	Blé Avoine Maïs	Plantules Tiges et feuilles Epis	Fonte des semis. Déssèchement des feuilles par nécrose des nœuds et tiges. Echaudage des graines. Grave, peut provoquer de gros dégâts.	
LES PIÉTINS Piétin verse <i>Cercospora herpotrichoides</i>	Blé Orge Avoine	Tiges et graines	A l'automne, tâches noires sur les plantules. Au printemps, nécrose sur le premier entrenœud, provoquant une verse en tout sens. Echaudage. Transmission par les chaumes. S'observe à la suite d'hivers doux et humides.	Bonne préparation du sol avec incorporation des matières organiques. Rotation des cultures. Variétés peu sensibles. Les semis tardifs sont moins sensibles. Traitement fongicides en végétation (redressement montaison-épiaison).
Piétin échaudage <i>Ophiobolus graminis</i>	Blé rarement autres céréales	Racines et épis	Les racines deviennent noires et cassantes et pourrissent. Attaques par ronds. Les épis deviennent blancs. Echaudage. Se produit en sols alcalins légers, particulièrement humides en hiver. Contamination par débris de plantes malades dans le sol.	Rotation des cultures. La désinfection des semences est sans effet. Pas de variétés résistantes. Pas de traitements en végétation.
LES ROUILLES Rouille noire <i>Puccinia graminis</i> ou <i>striiformis</i>	Blé Orge Avoine Seigle	Feuilles et tiges Glumes	Rouille linéaire. Découpe les feuilles et tiges en lamelles. Couleur rouille, puis noire. Se développe à température élevée (18 à 20°) en début d'été. Dangereux dans le Midi et pour céréales de printemps.	Rotation des cultures. Variétés résistantes. Pas de traitements.
Rouille jaune <i>Puccinia glumarum</i>	Blé Orge Seigle	Feuilles Epis quelquefois les grains	Couleur jaune. Pointillés linéaires. Se développe à basse température (10 - 15° au maximum) à l'automne ou au début du printemps. Gros dégâts sur blé d'hiver dans le Nord.	Rotation des cultures. Variétés résistantes. Traitements fongicides en végétation (montaison-épiaison).

Pour certaines maladies comme le piétin-verse, les agriculteurs peuvent également utiliser des « kits-diagnostic » proposés par les firmes phytosanitaires : des mesures simples à réaliser au champ permettent par méthode immunologique de diagnostiquer la présence du champignon avant l'apparition des symptômes et des dégâts, et à une date où une lutte efficace est encore possible.

Il existe plus de 100 spécialités commerciales fongicides sur céréales (tableau en annexe 1) dont l'efficacité repose sur quelques dizaines de matières actives et peu de modes d'action. A la fin des années 90, la plupart de ces derniers avaient été contournés par les pathogènes. En 98, une nouvelle famille, les strobilurines (Figure 19), (Azoxystrobine, Krésoxim-méthyle, Trifloxystrobine), a relancé la lutte contre les champignons. De par leur efficacité, ces molécules se sont rapidement imposées, puisqu'elles représentent en 2000, 40 % des parts de marché fongicide en blé tendre, 43 % en orge d'hiver et plus de 50 % en orge de printemps. Cependant certaines souches d'oïdium résistantes à ces molécules apparaissent déjà (Figure 20). Pour lutter contre ces souches, les agriculteurs préfèrent d'ailleurs de plus en plus le quinoxyfen aux strobilurines, qui restent par contre les matières actives les plus efficaces contre la septoriose. D'autre part, des strobilurines de seconde génération (picoxystrobine, pyraclostrobine) sont attendues sur le marché en 2002. En matière de lutte contre le piétin-échaudage, sont apparus en 1999 les premiers traitements de semence.

MATIÈRES ACTIVES	FIRMES	SPECIALITES SUR CÉRÉALES
Azoxystrobine (Az)	Sopra	Amistar (Az) Amistar Pro (Az + fenpropimorphe) Amistar Ter (Az + héxaconazole)
Krésoxim-méthyle (Km)	Basf Agro	Ogam (Km + époxyconazole) Senso (Km + fenpropimorphe) Ogam 3 D (Km + époxyconazole + fenpropimorphe)
Trifloxystrobine (Tfl)	Bayer	Twist (Tfl) Sphère (Tfl + cyproconazole) Rombus (Tfl + propiconazole)

Figure 19 : les strobilurines

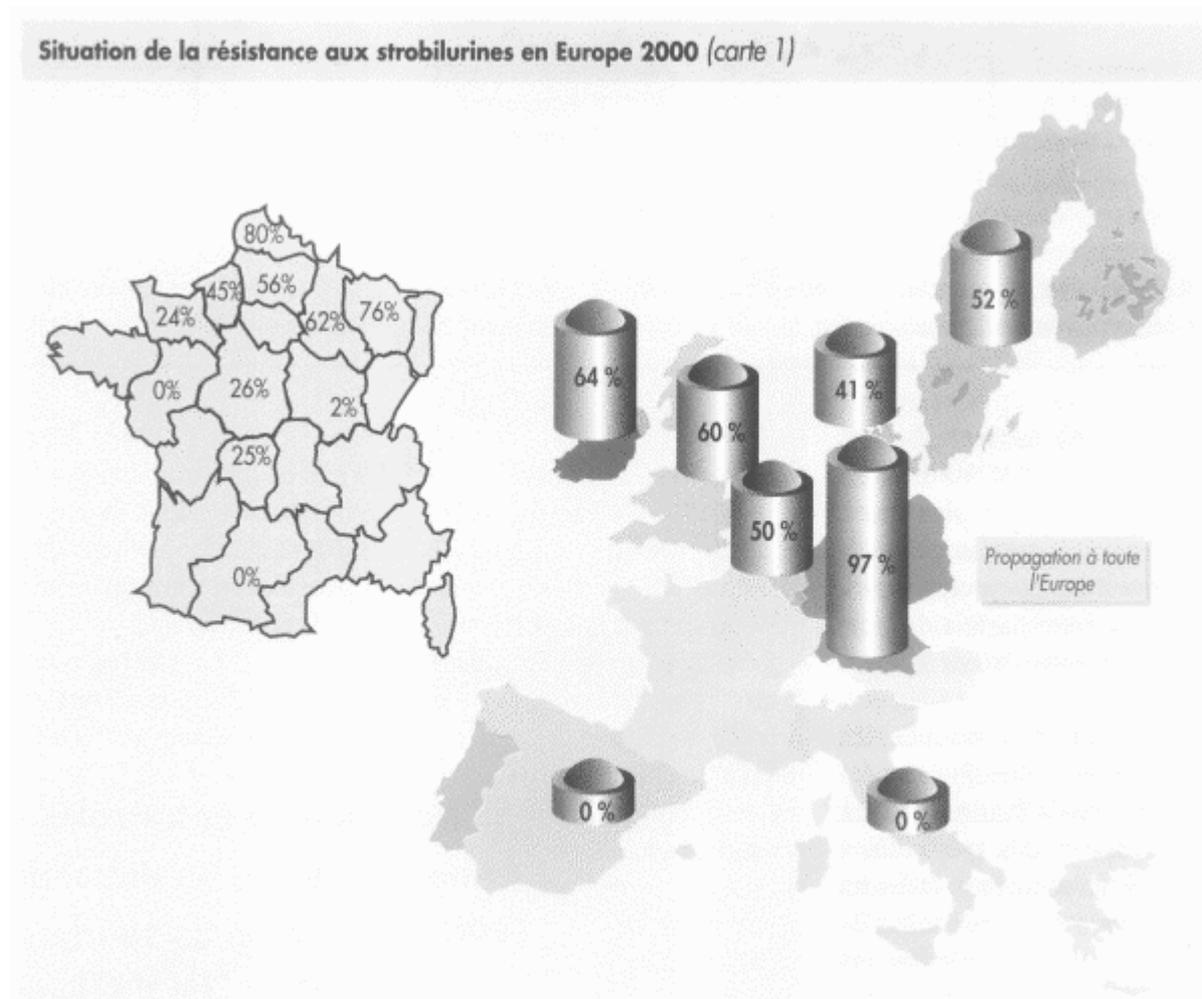


Figure 20 : la résistance de l'oïdium aux strobilurines (en % d'isolats prélevés résistants)

Les autres céréales à paille présentent quelques spécificités par rapport au blé dans le domaine de la lutte contre les maladies. La **moucheture** du blé dur est une tache brune des enveloppes, au niveau du germe ou du sillon, causée par des champignons (*Fusarium*, *Alternaria*...), qui se développent surtout sur les épis versés ou attaqués par certains insectes. Les grains mouchetés donnent aux semoules une teinte grise. Certaines maladies de l'orge sont communes à celles du blé; c'est le cas de la rouille jaune, de l'oïdium, de la jaunisse nanisante. D'autres sont plus spécifiques : rouille naine, charbon nu, et surtout la **rhynchosporiose** et l'**helminthosporiose**. Très peu sensible au piétiin verse, l'orge est donc une excellente culture suivant le blé.

b) Lutte contre les parasites animaux (**Tableaux 13 et 14**)

Les **pucerons** et les **cicadelles** sont les principaux ravageurs des cultures de blé tendre. Leur nocivité est accrue par la possibilité qu'ils ont de transmettre des virus aux plantes-hôtes. L'ensemble de ces insectes est doté d'un appareil buccal de type suceur-piqueur constitué de stylets perforants, qui leur permettent d'accéder aux tissus conducteurs de la plante et d'y puiser leur nourriture. C'est au cours de cette prise de nourriture qu'ils s'infectent ou inoculent le virus aux plantes. Sur céréales, on observe principalement deux viroses transmises par les insectes. La **jaunisse nanisante** de l'orge est transmise au blé par les pucerons des céréales. Le **nanisme du blé** (*Wheat Dwarf*), observé pour la première fois à grande échelle en 1989/90, est transmis par une cicadelle. Toutes les régions céréalières sont concernées à l'automne par la jaunisse nanisante de l'orge. Toutes les céréales

peuvent être touchées. Des pertes de rendement de 10 à 20 q/ha sont observées sur orge, culture très sensible. Le blé, quoique moins sensible que l'orge, nécessite aussi une protection insecticide à l'automne en cas d'attaques de pucerons.

Les semis précoces sont généralement les plus exposés aux pucerons à l'automne. L'infection de la jeune céréale peut se réaliser dès la levée et pendant toute la durée des jeunes stades. Cette période doit être surveillée tout particulièrement car elle correspond à une période de grande sensibilité des plantes. Des contaminations plus tardives, courant tallage, sont encore possibles, notamment dans les zones à hiver doux, mais leur effet sur le rendement est difficile à apprécier.

D'autres parasites animaux peuvent causer des dégâts aux cultures de céréales à paille : taupins, vers blancs, mouche grise, oscinie, cécidomyie, nématodes... et corbeaux. Le tableau en annexe 2 donne les principaux produits insecticides (souvent à base de pyréthrénoïdes) utilisés sur céréales.

Tableau 14 : Les traitements des semences permettant de lutter contre les ravageurs du sol ou des parties aériennes (d'après Semences et progrès, n°112)

Matières actives (et doses homologuées en grammes par quintal de semences)	Produits de référence (firme)	Sélectivité	Efficacité contre les ravageurs des céréales			
			taupin	mouche grise	pucerons et cicadelles	corbeaux
Insecticides						
Imidaclopride (70)	Gaicho (Bayer)	AB	AB	-	E	-
Fipronil (50)	Texas (Aventis)	E	B	B	-	-
Téfluthrine (20)	Austral plus (Novartis Agro)	E	AB	E	-	-
Anti-corbeaux						
Antraquinone (50)	nombreux	E	-	-	-	AB
Thirame (60)	Gusto AC	E	-	-	-	AB

E	excellente efficacité ou sélectivité
B	bonne efficacité ou sélectivité
AB	assez bonne efficacité ou sélectivité
-	efficacité inconnue ou produit non adapté

Tableau 13 : les principaux ravageurs et les traitements de semences (Soltner 1998)

RAVAGEURS	CÉRÉALES attaquées	BIOLOGIE, DÉGÂTS, CONDITIONS FAVORABLES A LA PULLULATION...	MOYENS DE LUTTE
LIMACES grises : <i>Agriolimax reticulatus</i> noires : <i>Arion hortensis</i>	Toutes céréales	A la levée, feuilles dévorées prenant un aspect effiloché. En cas de forte pullulation, disparition complète des plants.	Techniques culturales : après céréales, déchaumage précoce et superficiel pour hâter la décomposition des pailles. En cas d'infestation : granulés hélicides.
NEMATODES ou anguillules <i>Heterodera avenae</i> <i>Meloidogyne naasi</i> <i>Pratylenchus penetrans</i> etc...	Toutes céréales	Vers minuscules vivant dans le sol et pénétrant dans les racines sont ils provoquent la déformation. Les attaques se manifestent par zones plus ou moins circulaires à végétation rabougrie et souvent plus enherbées. On observe sur les plants de céréales un rougissement hivernal, un chevelu abondant des racines, des kystes blancs sur racines en mai-juin, des déformations des tiges (avoine "poireauté", seigne "oi-gnoné").	Lutte culturale : semences saines dans un sol sain et bien travaillé, rotations, variétés résistantes. Lutte chimique par nématicide : très coûteuse. A envisager qu'après diagnostic par Labor. National d'Analyses Nématologiques, BP 31 06 NICE.
TAUPINS plusieurs espèces d' <i>Agriotes</i>	Surtout céréales de printemps	Racines rongées, collet percé, par des larves cylindriques de 2 à 20 mm, couleur jaune paille brillant (ver "fil de fer"). Attaques surtout en sols frais et humides, au printemps.	Lutte culturale : rotations, bonne préparation du sol, vigueur générale de la culture. Lutte chimique : traitement des semences avec produits autorisés. Dans les cas graves, traitement du sol.
TIPULES <i>Tipula paludosa</i>	Toutes céréales	Jeunes racines et premières feuilles dévorées par de grosses larves cylindriques, grisâtres, dépourvues de pattes, de 2 à 4 cm. Les pieds atteints jaunissent et meurent. Attaques par plaques dans le champ, surtout après vieille prairie.	Lutte culturale : décomposition précoce des vieilles prairies, avec ou sans labour. Lutte chimique en cas d'infestation : appâts empoisonnés.
MOUCHE GRISE DES CÉRÉALES <i>Phorbia coarctata</i>	Surtout sur blé	Les jeunes larves écloses dans le sol, pénètrent à partir de janvier dans les tiges où elles vivent en mineuses. Le même asticot peut passer dans 5 ou 6 tiges et les détruire. Dégâts les plus importants en février-mars au stade 2-3 feuilles.	Lutte chimique : traitement des semences. Pas de lutte possible en végétation.
OSCIINIE <i>Oscinella pusilla</i>	Surtout céréales d'hiver	Comme celui de la mouche grise, l'asticot de l'oscinie mine l'intérieur des tiges, près du plateau de tallage.	Lutte culturale : allonger les rotations, déchaumer précocement. Lutte chimique : traitement des semences.
PUCERONS DES FEUILLES <i>Rhopalosiphum padi</i>	Toutes céréales d'hiver	Les pucerons inoculent la jaunisse nanisante de l'orge (qui atteint aussi blé et avoine). La contamination se fait par les pucerons ailés, à partir des maïs, des repousses de céréales.	Lutte culturale : broyer les cannes de maïs sitôt récolte, éliminer les repousses de céréales sur chaumes, éviter les semis trop précoces (l'arrivée du froid supprime les pucerons), conserver ou replanter des brise-vent (cloisonnement des champs contre la dissémination des pucerons ailés).
TORDEUSE <i>Cnephasia pumicana</i> Papillon gris de 1,5 cm d'envergure. Chenille mineuse grise de 1,5 cm.	Toutes céréales	Mines parallèles aux nervures, respectant les deux épidermes (première phase de l'attaque), puis pincement sur le bord des feuilles qui se déforment. Elles consomment aussi l'intérieur des épillets et sectionnent les tiges qui blanchissent. Risques plus élevés en zones boisées, et si la période du 15 mars au 15 mai est sèche.	Lutte chimique en végétation : pas avant première quinzaine de mai, après observation des seuils de traitement : 1 larve mineuse / 20 talles d'orge de printemps. 1,5 larves mineuses / 20 talles d'orge d'hiver ou blé. 3 à 4 larves / 20 talles pour seigle. Généralement le traitement des bordures de bois ou de haies suffit. Ne plus traiter si dégâts sur épis : les chenilles sont devenues résistantes.
MINEUSES DE L'ORGE <i>Agromyza</i> (plusieurs espèces) Mouches noires de 3 à 5 mm de long. Asticots de 4 mm.	Orge de printemps	Piqûres de nutrition alignées sur feuilles en avril. Feuilles minées par les asticots qui consomment le limbe entre les deux épidermes, en mai. Dégâts en général peu importants.	Lutte culturale : envisager éventuellement le labour Lutte chimique en végétation : seulement au-delà de 10 larves/talle fin avril.
CECIDOMYIES DES FLEURS <i>Contarinia tritici</i> <i>Sitodiplosis mosellana</i> Moucheron de 2-3 mm	Blé d'hiver et de printemps	Grains avortés ou flétris par la succion de nombreuses petites larves aplaties, peu mobiles, jaune clair à orangé, de 2 à 3 mm. Dégâts uniquement dans le Bassin Parisien, le Centre, la Normandie et le Nord de la France.	Lutte chimique uniquement préventive en végétation, suivant avertissements, entre début épisaison et fin floraison, avec produit non dangereux pour les abeilles.
PUCERONS SUR ÉPIS <i>Sitobion avenae</i>	Blé d'hiver et de printemps	Sur les épis, présence de colonies de pucerons verts ou rougeâtres affaiblissant la plante et diminuant le poids des grains par ponction de sève, injection de salive toxique et production de miellat entravant les échanges gazeux.	Lutte chimique en végétation en respectant le seuil de nuisibilité : 1 épi sur 2 infesté par au moins 5 pucerons, ou 10 pucerons par épi en moyenne. De l'épisaison au stade pâteux.

c) Lutte contre les adventices

On peut lutter contre les adventices par voie **mécanique** (par le sarclage ou le binage on déracine les mauvaises herbes en place), ou en adaptant diverses techniques de l'itinéraire technique de manière à diminuer le nombre de plantes indésirables présentes dans la culture et/ou leur nuisibilité (par exemple travail du sol permettant la levée puis l'élimination des adventices avant le semis de la culture, ou choix d'une date de semis augmentant la compétitivité de la culture par rapport aux adventices). Toutefois, en culture céréalière, le désherbage mécanique est pratiquement impossible en raison de la densité de semis de la culture, et le désherbage **chimique** est quasi-systématiquement employé. On distingue quatre grandes périodes de désherbage (**Figure 21**), dont les deux plus fréquentes sont :

- le **désherbage de prélevée des adventices** (traitement du sol) : sa matière active peut inhiber la germination, détruire les jeunes plantules par absorption radiculaire, ou par contact entre le coléoptile et l'herbicide épandu sur le sol;
- le **désherbage de post-levée** (traitement des plantes), **précoce ou tardif** : il agit par contact foliaire ou radiculaire (la molécule provoque des nécroses localisées aux surfaces de contact avec la plante), ou par voie systémique après pénétration foliaire ou radiculaire (la molécule est véhiculée dans la plante par le phloème ou le xylème, et provoque des dégâts de nature variable loin de son point d'absorption).

En **annexe 3** figurent les principales matières actives herbicides utilisées sur céréales. Par ailleurs, un désherbage chimique réussi ne doit pas avoir d'effets secondaires sur la culture en place. Cela nécessite une prise en compte des risques de phytotoxicité du produit, et une bonne connaissance de la sensibilité des différentes espèces et variétés de céréales à paille. Certains produits sont à très large spectre, d'autres sont employés spécifiquement pour lutter contre une adventice particulière.

Le désherbage des céréales à paille a beaucoup évolué au cours des dix dernières années. Les désherbages réalisés à **l'automne** sont devenus beaucoup plus fréquents. Ils ont été rendus nécessaires par l'avancée des dates de semis moyennes qui a modifié les données du problème (flore différente, plus nombreuse, à compétitivité renforcée); il a été possible par l'apparition de nouvelles molécules de prélevée comme de post-levée.

Pendant longtemps c'est la lutte contre les graminées adventices, de la même famille botanique que la culture, qui a été la plus difficile chez les céréales à paille. L'apparition d'antigraminées spécifiques, sélectifs vis-à-vis des graminées cultivées, a permis de diminuer la difficulté. Certaines graminées annuelles restent toutefois des adventices majeures des céréales à paille (vulpin, folle-avoine, ray-grass, et maintenant brome), à côté de dicotylédones (gaillet, renouée, matricaires...). Les vivaces (chiendent, chardons, prêles, liserons...) sont particulièrement difficiles à éliminer.

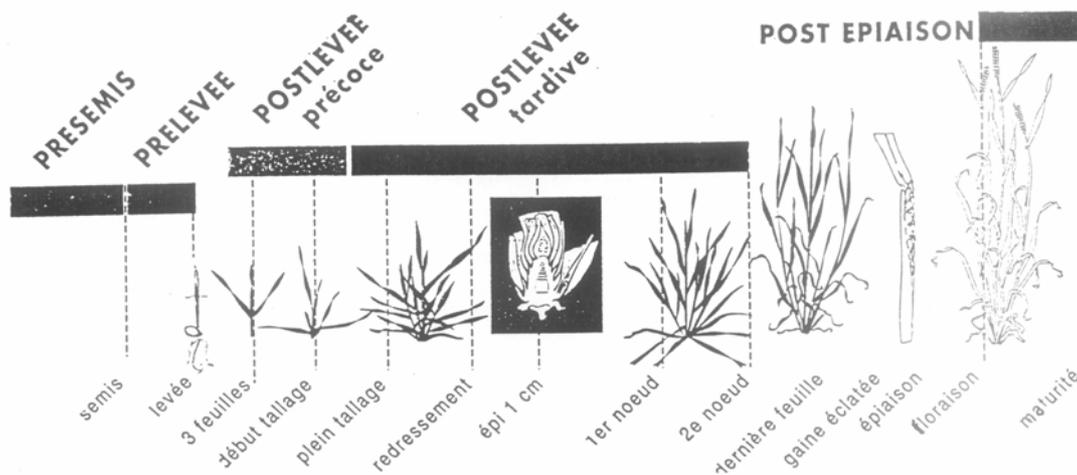


Figure 21 : Principales périodes de désherbage des céréales à paille (ITCF)

5. Les régulateurs de croissance

Ils permettent de lutter contre la **verse physiologique**, c'est-à-dire une inclinaison des tiges de céréales plus ou moins prononcée, pouvant aller jusqu'à un placage total sur le sol. La verse affecte la base de la tige; son origine est un excès d'azote ou un déficit d'insolation à la montaison, qui diminuent le rapport carbone/azote dans les tiges, traduisant un déficit en tissus de soutien. Il en résulte une courbure qui peut évoluer en verse physiologique sous l'effet de pluies orageuses ou de vents violents. Toutes les céréales à paille peuvent être soumises à la verse.

Le type de verse physiologique décrit ci-dessus est le plus fréquent pour le blé tendre. On ne doit pas la confondre avec la **verse parasitaire** où la tige plie suite aux nécroses causées par le parasite (piétin verse). Toutefois, sur une même parcelle, on peut observer les deux phénomènes simultanément.

On peut lutter contre le piétin verse à l'aide de fongicides et en raisonnant les successions de cultures (Cf. 4. ci-dessus). Contre la verse physiologique, on peut jouer sur le choix de la variété, la densité de semis (une forte densité de semis entraîne une compétition pour la lumière pouvant aboutir à un étiolement) et la fertilisation azotée (il s'agit d'éviter les excès de fertilisation).

L'utilisation de régulateurs de croissance, s'appliquant généralement à un stade bien précis, permet de contrôler la verse physiologique tout en maintenant des niveaux de fertilisation azotée satisfaisants (**Tableau 15**).

Tableau 15 : Stratégies de lutte contre la verse (ITCF)

Niveau de risque verse	Stratégies de lutte contre la verse du blé tendre							Coût moyen indicatif F/ha
	Plein tallage	Fin tallage	Epi 1 cm	1 nœud	2 nœuds	Dernière feuille	Gonflement	
Très faible	Absence de substances de croissance							
Faible à moyen		C3 (2) ou C5 (2 l)						20 à 30
Moyen		Cyter (2)						~ 90
		Cycocel CL (2,2)						~ 130
		Mondium (2,5)						150
				Moddus (0,5)				140
Élevé				Arvest, Terpal ou Vivax L (2)				150 à 175
	C3 ou C5 (2 l)	puis C3 ou C5 (1,5)						50
Très élevé				Médax (0,5 kg + 0,66 l)				155
	C3 ou C5 (2 l)	puis C3 ou C5 (1,5)	puis Arvest, Terpal ou Vivax L (1)					130
		C3 ou C5 (1,5)	puis Arvest, Terpal ou Vivax L (1,5)					150
			Moddus (0,4)	puis Moddus (0,3)				195

Produit, période et dose d'application

6. Récolte

La récolte des céréales à paille s'effectue à environ 15% d'humidité du grain.

Chez le blé dur, la **germination sur pied** diminue le rendement en semoule et nuit à la conservation. Elle est fréquente chez cette espèce alors qu'elle est très rare sur les variétés de blé tendre. La **cassure des grains**, plus fréquente chez le blé dur que chez le blé tendre, en exposant l'intérieur du grain à la poussière, provoque des points noirs dans les semoules, ce qui en déprécie la qualité.

Annexe 1 : Les produits fongicides du blé et de l'orge (d'après Circuits cultures, 2001)

Noms commerciaux	Firmes	Matières actives	Dose par ha	Blé *						Orge *			
				Septoriose	Oïdium	Rouille brune	Rouille jaune	Piétin-verse	Fusariose	Oïdium	Rhynchosporiose	Helminthosporiose	Rouille noire
Produits anti-oïdium spécifiques													
(1)		Soufre micronisé (2)	800 g MA	n.a.	F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	F	n.a.	n.a.	n.a.
Agrys	Syngenta	Fenpropimorphe	480 g/l + 270 g/l	0,8 l	n.a.	M	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	B	n.a.	n.a.
Aldus	DowAgroSciences	Cyproconazole + quinoxifène	80 g/l + 75 g/l	1 à 1,25 l	M	B	B	B	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Boscor	Syngenta	Fenpropimorphe + fenpropidine	562 g/l + 188 g/l	1 l	n.a.	M	F	M	n.a.	n.a.	B	n.a.	n.a.
Corbel	BASF / DuPont	Fenpropimorphe	750 g/l	1 l	n.a.	M	F	M	n.a.	n.a.	B	n.a.	n.a.
Fortress	DowAgroSciences	Quinoxifène	500 g/l	0,3 l	n.a.	B	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	B	n.a.	n.a.
Fortress Duo	DowAgroSciences	Fenpropimorphe + quinoxifène	250 g/l + 66,7 g/l	1,5 l	n.a.	B	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	B	n.a.	n.a.
Gardian	Syngenta	Fenpropidine	750 g/l	0,75 l	n.a.	M	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	B	n.a.	n.a.
Produits de contact													
(1)		Chlorothalonil	500 g/l	1100 g de MA	F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
(1)		Mancozèbe (2)		(2)	F	n.a.	F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
(1)		Manèbe (2)		(2)	F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Dyrène	Bayer	Anilazine	480 g/l	1 à 2 l	A	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Fongil Plus	Tradi-Agri	Chlorothalonil + carbendazime	550 + 100 g/l	2 l	F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	M	n.a.	n.a.
Norsioflo	Jagri	Méthyl-thiophanate + manèbe	150 g/l + 300 g/l	5 l	F	I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	M	n.a.	n.a.
Préfontil	Sipcam-Phyteurop	Chlorothalonil + carbendazime	550 + 100 g/l	2 l	F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	M	n.a.	n.a.
Produits composés d'une seule matière active													
Amistar	Syngenta	Azoxystrobine	250 g/l	1 l	M	F	B	B	n.a.	B	M	F	B
Aquarelle SF	Bayer	Spiroxamine	800 g/l	0,9 l	n.a.	M	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	B	F	M
Caddy 100 SL	Syngenta	Cyproconazole	100 g/l	0,8 l (1 l septo)	M	M	B	B	n.a.	n.a.	M	F	n.a.
Caddy Ultra 16 WG	Syngenta	Cyproconazole	16%	0,5 kg (0,6 kg septo)	M	M	B	B	n.a.	n.a.	M	n.a.	n.a.
Capitan S	DuPont	Flusilazole	250 g/l	0,8 l (1,2 l piétin)	F	F	F	M	F	n.a.	M	M	F
Caramba	BASF Agro	Metconazole	60 g/l	1,5 l	M	F	B	B	n.a.	M	M	M	F
Cinch	BASF Agro	Metconazole	60 g/l	1,5 l	M	F	B	B	n.a.	M	M	M	F
Edenor / Granit	Aventis	Bromuconazole	200 g/l	1,25 l	A	A	A	A	n.a.	A	A	A	A
Flamenco	Aventis	Fluquinconazole	100 g/l	1,5 l	M	M	M	B	n.a.	F	n.a.	n.a.	n.a.
Horizon EW	Bayer	Tébuconazole	250 g/l	1 l	F	M	B	B	n.a.	M	M	F	F
Impact	Cheminova	Flutriafol	125 g/l	1 l	F	F	F	M	n.a.	n.a.	F	n.a.	n.a.
Mirage / Aplomb	Makhtestim Agan Fc	Prochloraze	450 g/l	1,33 l	F	F	n.a.	n.a.	M	F	F	F	n.a.
Mohawk	Syngenta	Cyproconazole	240 g/l	0,33 (0,4 l septo)	A	A	A	A	n.a.	n.a.	A	A	n.a.
Opus	BASF	Époxiconazole	125 g/l	1 l	B	F	B	B	n.a.	F	M	B	M
Palmarès	Tradi-Agri	Prochloraze	450 g/l	1,33 l	F	F	n.a.	n.a.	M	F	F	F	n.a.
Planète Aster	Syngenta	Hexaconazole	250 g/l	1 l	M	F	M	B	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Prima	Calliope	Prochloraze	450 g/l	1,3 l	F	F	n.a.	n.a.	M	F	F	F	n.a.
Prochlorus	Phytorus	Prochloraze	450 g/l	1,33 l	F	F	n.a.	n.a.	M	F	F	F	n.a.
Pyrus	Flexagri	Prochloraze	450 g/l	1 l (1,3 l piétin)	F	F	n.a.	n.a.	M	F	F	F	n.a.
Soltiz	Aventis	Tétraconazole	125 g/l	1 l	A	A	A	A	n.a.	n.a.	A	n.a.	n.a.
Sportak EW	Aventis	Prochloraze	450 g/l	1 l (1,3 l piétin)	F	F	n.a.	n.a.	M	F	F	F	n.a.
Sunorg	BASF Agro	Metconazole	60 g/l	1,5 l	M	F	B	B	n.a.	M	M	M	F
Triade	Bayer	Tébuconazole	250 g/l	1 l	F	M	B	B	n.a.	M	M	F	F
Twist	Bayer Agro	Trioxystrobine solo	125 g/l	2 l	A	A	n.a.	n.a.	n.a.	A	A	A	A
Unix	Syngenta	Cyprodinil	75%		n.a.	M	n.a.	n.a.	M	n.a.	B	M	n.a.
					Blé : 1 kg (0,8 kg en association)								
					Orge : 0,8 kg (0,6 kg en association)								
Virtuose	Bayer	Spiroxamine	500 g/l	1,5 l	n.a.	M	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	B	F	M
Produits composés de plusieurs matières actives													
Ambel	Syngenta	Cyproconazole + carbendazime	160 g/l + 300 g/l	0,5 l (0,66 l septo, piétin)	A	A	A	A	A	A	A	A	n.a.
Amistar Pro	Syngenta	Azoxystrobine + fenpropimorphe	100 g/l + 280 g/l	2 l	M	M	B	B	n.a.	B	B	B	B
Amistar Ter	Syngenta	Azoxystrobine + hexaconazole	100 + 62,5 g/l	2 l	M	F	B	B	n.a.	B	M	M	B
Aramir	Sipcam-Phyteurop	Tétraconazole + fenpropimorphe	125 g/l + 375 g/l	1 l	M	M	B	B	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Arbitre	Aventis	Tétraconazole + chlorothalonil	62 g/l + 250 g/l	2 l	A	A	A	A	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Archer	Syngenta	Propiconazole + fenpropimorphe	125 g/l + 375 g/l	1 l	A	A	A	A	n.a.	n.a.	A	A	A

Annexe 1 suite

Noms commerciaux	Firmes	Matières actives	Dose par ha	Blé *											
				Septorioses	Oïdium	Rouille brune	Rouille jaune	Piétin-rose	Fusarioses	Oïdium	Rhynchosporiose	Helminthosporiose	Rouille noire		
Amure	Syngenta	Difénoconazole + propiconazole	150 g/l + 150 g/l	0,5 l	F	n.a.	F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Apège Epi	Sipcam-Phyteurop	Tétraconazole + chlorothalonil	62 g/l + 250 g/l	2 l	B	M	M	M	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Arum	Aventis	Tétraconazole + chlorothalonil	62 g/l + 250 g/l	2 l	A	A	A	A	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Aurora	Bayer	Tébuconazole + tridémorphe	125 g/l + 165 g/l	2 l	M	M	B	B	n.a.	M	B	M	F	B	
Bonanza	Sipcam-Phyteurop	Tétraconazole + prochloraze	66,7 g/l + 300 g/l	1,5 l (2 l) (PV)	M	M	n.a.	n.a.	M	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Bumper P / Tanhao	Makhteshim Agan Fc	Propiconazole + tébuconazole	90 g/l + 400 g/l	1,25 l	M	n.a.	n.a.	n.a.	M	n.a.	n.a.	M	F	M	
Buster	Bayer	Tébuconazole + spiroxamine	133 g/l + 250 g/l	1,5 l	M	B	B	B	n.a.	M	B	M	M	B	
But	Aventis	Bromaconazole + iprodione	133 + 267 g/l	1,5 l	A	A	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	A	n.a.	A	A	
Cartoon	Bayer	Tébuconazole + carbendazime	167 g/l + 133 g/l	1,5 l	F	M	B	B	I	M	M	M	F	B	
Cargus	Aventis	Bromuconazole + prochloraze	167 g/l + 267 g/l	1,5 (piétin) 1,2 (septo-fusariose)	M	n.a.	n.a.	n.a.	M	M	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Charisma	DuPont	Flusilazole + famoxadone	106,7 g/l + 100 g/l	1,5 l	M	n.a.	M	B	n.a.	n.a.	M	M	B	M	
Cicero	Chemimova	Flutriafol + chlorothalonil	47 g/l + 300 g/l	2,5 l/ha	A	A	A	A	n.a.	A	A	A	n.a.	A	
Cogito	Syngenta	Propiconazole + tébuconazole	250 g/l + 250 g/l	0,5 l	A	A	A	A	n.a.	A	A	n.a.	A	A	
Colombia	Syngenta	Hexaconazole + fenpropidine	100 g/l + 50 g/l	2,5 l	M	M	M	B	n.a.	n.a.	B	M	F	B	
Cosinus	Bayer	Propiconazole + tébuconazole	250 g/l + 250 g/l	0,5 l	F	F	M	B	n.a.	F	M	n.a.	F	M	
Diapazon / Gladio	Syngenta	Propiconazole + tébuconazole + fenpropidine	125 g/l + 125 g/l + 375 g/l	1 l	M	B	B	B	n.a.	F	B	B	M	B	
Epicure	Syngenta	Cyproconazole + prochloraze	80 g/l + 300 g/l	1 l	M	M	B	B	n.a.	F	M	M	F	B	
Épée Diam's	Bayer	Tébuconazole + prochloraze	133 g/l + 267 g/l	Blé : 1,2 à 1,7 l - Orge : 1,2 l	M	M	B	B	M	M	M	M	F	B	
Eelja	Syngenta	Propiconazole + cyprodinil	50 g/l + 240 g/l	Blé : 2,5 l - Orge : 2 l	F	M	F	M	M	n.a.	B	B	B	M	
Eis	Syngenta	Difénoconazole + carbendazime	62,5 g/l + 125 g/l	2 l	F	F	F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Eridan	Aventis	Fluquinconazole + prochloraze	54 g/l + 174 g/l	1,8 à 2,6 l	M	M	B	B	M	F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Favori	Aventis	Fluquinconazole + chlorothalonil	83,3 g/l + 400 g/l	1,8 l	A	n.a.	A	A	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Fief	Aventis	Tétraconazole + fenpropimorphe	125 g/l + 375 g/l	1 l	A	A	A	A	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Fengral	Aventis Optimagro	Bromuconazole + prochloraze	167 g/l + 267 g/l	1,5 (piétin) 1,2 (septo-fusariose)	M	n.a.	n.a.	n.a.	M	M	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Gabelou	Flexagri	Propiconazole + carbendazime	125 g/l + 150 g/l	1 l	A	A	A	A	A	A	A	A	A	n.a.	
Gala	Syngenta	Cyproconazole + tridémorphe	80 g/l + 350 g/l	Blé : 1 à 1,25 l - Orge : 1 l	M	M	B	B	n.a.	n.a.	B	n.a.	n.a.	n.a.	
Impact R	Chemimova	Flutriafol + carbendazime	94 g/l + 200 g/l	Blé : 1 à 1,25 l - Orge : 1,25 l (1 l rhyncho)	F	F	F	M	n.a.	n.a.	F	n.a.	n.a.	M	
Initial	DuPont	Flusilazole + fenpropimorphe	250 + 375 g/l	0,8 l (1,2 l piétin)	M	M	M	B	F	n.a.	B	B	M	M	
Irda	Syngenta	Cyproconazole + cyprodinil	5,33 % + 40 %	1,5 kg (piétin), 1,25 kg (oïdium, rouilles, septorioses, rhyncho)	M	M	B	B	M	n.a.	B	B	B	B	
Jubilé	Aventis	Diniconazole + iprodione + carbendazime	24 g/l + 160 g/l + 80 g/l	2,5 l	A	A	A	A	n.a.	n.a.	A	A	A	A	
Kuara	Syngenta	Propiconazole + cyprodinil	50 g/l + 240 g/l	Blé : 2,5 l - Orge : 2 l	F	M	F	M	M	n.a.	B	B	B	M	
Léno	Bayer	Tébuconazole + carbendazime	167 g/l + 133 g/l	1,5 l	F	M	B	B	I	M	M	M	F	B	
Lyx	Syngenta	Hexaconazole + chlorothalonil	100 g/l + 300 g/l	2,5 l	B	F	M	B	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Mandrake	Bayer	Tébuconazole + triadimérol	225 g/l + 75 g/l	1 l (0,8 l rouilles)	F	M	B	B	n.a.	M	M	F	F	B	
Marathon	Syngenta	Cyproconazole + chlorothalonil	40 g/l + 375 g/l	2 l	B	M	B	B	n.a.	n.a.	M	M	n.a.	n.a.	
Matador 300	Bayer	Tébuconazole + triadimérol	225 g/l + 75 g/l	1 l (0,8 l rouilles)	F	M	B	B	n.a.	M	M	F	F	B	
Metop 500	Syngenta	Propiconazole + fenpropidine	125 g/l + 500 g/l	1 l	M	M	M	M	n.a.	n.a.	B	B	M	B	
Misc	Sipcam-Phyteurop	Tétraconazole + chlorothalonil	62 g/l + 250 g/l	2 l	B	M	M	M	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Nebraska	Bayer	Tébuconazole + prochloraze	133 g/l + 267 g/l	Blé : 1,2 à 1,7 l - Orge : 1,2 l	M	M	B	B	M	M	M	M	F	B	
Nordika	Aventis	Fenbuconazole + prochloraze	60 g/l + 400 g/l	1,25 l (1 l septo)	M	n.a.	F	M	M	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Nyam	BASF	Krésoxim-méthyl + époxiconazole	125 g/l + 125 g/l	1 l (1,2 piétin)	B	B	B	B	M	M	B	B	B	B	
Nyx Team	BASF	Époxiconazole + fenpropimorphe	84 g/l + 250 g/l	1,5 l	B	M	B	B	n.a.	F	B	B	M	B	
Nyton	DuPont	Flusilazole + fenpropimorphe	160 + 375 g/l	1 l	M	M	M	B	n.a.	n.a.	B	B	F	n.a.	
Oïdium	Syngenta	Cyprodinil + fenpropidine	187,5 g/l + 187,5 g/l	2 l	n.a.	M	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	B	B	B	n.a.	
Oïdium	Syngenta	Propiconazole + fenpropidine + fenpropimorphe	125 g/l + 125 g/l + 375 g/l	1 l	M	M	M	B	n.a.	n.a.	B	B	M	B	
Orch CS	DuPont	Flusilazole + carbendazime	250 g/l + 125 g/l	0,8 l (1,2 l piétin)	F	F	F	M	F	F	M	B	F	M	
Orchus	Bayer Agro	Trifloxystrobine + propiconazole	1 l	A	A	A	A	n.a.	A	A	A	A	A	A	
Orchus	Bayer	Tébuconazole + fenpropidine	200 g/l + 300 g/l	1 à 1,25 l (1,25 l fusariose et septoriose)	M	B	B	B	n.a.	M	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Orgrass	Flexagri	Fenbuconazole + carbendazime	37,5 g/l + 100 g/l	2 l	F	n.a.	F	M	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

Annexe 1 suite

Noms commerciaux	Firmes	Matières actives	Dose par ha	Blé *							Orge *			
				Septoriose	Oïdium	Rouille brune	Rouille jaune	Pâtis-verse	Fusarioses	Oïdium	Phyctosporiose	Helminthosporium	Rouille noire	
Soleil	Aventis	Bromuconazole + tébuconazole	167 + 107 g/l	1,2 l	F	F	M	B	n.a.	M	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Sphère	Bayer Agro	Trifloxystrobine + cyproconazole	1 l	A	A	A	A	n.a.	A	A	A	A	A	A
Sponsor	Aventis	Prochloraze + fenpropidine	250 g/l + 250 g/l	Blé : 2 l (2,4 l piétin) - Orge : 1,8 l	F	M	n.a.	n.a.	M	n.a.	B	B	F	n.a.
Stanza HF	Aventis	Prochloraze + fenpropimorphe	225 g/l + 281 g/l	Blé : 2,7 l (2 l oïdium, septo) Orge : 1,5 à 2 l	A	A	A	A	A	n.a.	A	A	A	n.a.
Stark CE	Aventis	Flusilazole + pyrazophos	200 g/l + 250 g/l	0,8 l	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	A	A	A	n.a.
Sumistar	Aventis	Diniconazole + iprodione + carbendazime	24 g/l + 160 g/l + 80 g/l	2,5 l	A	A	A	A	n.a.	n.a.	A	A	A	A
Tango Duo / Capitole	Aventis Optimagro	Epoxiconazole + tridémorphe	84 g/l + 250 g/l	1,5 l (2 l piétin)	B	M	B	B	F	F	B	B	M	B
Toccata	Flexagri	Fenbuconazole + prochloraze	60 g/l + 400 g/l	1,25 l (1 l septo)	M	n.a.	F	M	M	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Trial	Syngenta	Difénoconazole + carbendazime	62,5 g/l + 125 g/l	2 l	F	F	F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Troika	Aventis	Fenbuconazole + prochloraze + carbendazime	40 g/l + 213 g/l + 80 g/l	Blé : 1,8 à 2,25 l (2,25 l piétin) Orge : 1,8 l	M	n.a.	F	M	M	F	n.a.	M	F	M
Turbo TR	Calliope	Propiconazole + tridémorphe	125 g/l + 350 g/l	1 l	A	A	A	A	n.a.	n.a.	A	A	A	A
Turbostar	Calliope	Propiconazole + fenpropimorphe	125 g/l + 375 g/l	1 l	A	A	A	A	n.a.	n.a.	A	A	A	n.a.
Verdiana	Makhteshim Agan Fc	Propiconazole + fulpel	375 g/l + 62,5 g/l	2 l	F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	M	F	n.a.
Vista CT	Aventis	Fluquinconazole + chlorothalonil	83,3 g/l + 400 g/l	1,8 l	A	n.a.	A	A	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Vista Top	Aventis	Fluquinconazole + prochloraze	100 g/l + 267 g/l	1,5 l (1,25 l septo)	M	n.a.	M	B	n.a.	F	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Yellow	Chemnova	Flutriafol + carbendazime	117,5 g/l + 250 g/l	Blé : 1 l - Orge : 1,25 l (1 l ryncho)	A	A	A	A	n.a.	A	A	A	n.a.	A

(1) Produits trop nombreux pour être cités. (2) Doses variables selon les spécialités. (3) Mélanger les produits avec agitation. Nouveautés. Les efficacités sont fournies par l'ITCF : B = bonne, M = moyenne, F = faible, l = insuffisante, n.a. = usage non autorisé, A = usage autorisé (source firmes).

Annexe 2 : Principaux produits insecticides utilisés sur les céréales à paille

Matières actives	Noms commerciaux	Firmes	Dose par ha	Produits autorisés sur :					Mode d'action	Époque et technique d'emploi préconisées par les firmes
				À l'automne		Au printemps				
				Puceron d'automne	Cica-delle	Puceron des épis	Mouche grise (Agromyz)	Mouche mineuse (Agromyz)		
Alphaméthrine	50 g/l Fastac	BASF Agro	0,21 - 0,3 l (puc. épis)	●	●	●	●	●	Contact et ingestion.	Automne : dès l'apparition des ravageurs. A renouveler si les vols se prolongent. Printemps : selon les Avertissements agricoles, à renouveler en fonction de la pression du ravageur. Efficaces sur téma. Respectent les abeilles.
	100 g/l Astor	BASF Agro	0,1 l - 0,15 l (puc. épis)	●	●	●	●	●		
	100 g/l Vorex	BASF Agro	0,1 l - 0,15 l (puc. épis)	●	●	●	●	●		
	15% Mageos MD	BASF Agro	0,07 kg. pucerons épis ; 0,1 kg. torç ; 0,05 l (puc. aut., mouche min., torç) ; 0,05 l (puc. épis) ; 0,1 l (cic.)	●	●	●	●	●		
Bifenthrine	100 g/l Talstar	Aventis	0,075 l (puc. aut., mouche min., torç) ; 0,05 l (puc. épis) ; 0,1 l (cic.)	●	●	●	●	●	Contact et ingestion.	Automne : dès l'arrivée des premiers pucerons 0,075 l/ha. Persistance 3 semaines. En double traitement, utiliser 0,05 l/ha (semis précoce). Printemps : à la sortie des épis. Respecter les chenilles et la faune auxiliaire.
	100 g/l Experid	Aventis	0,075 l (puc. aut., mouche min., torç) ; 0,05 l (puc. épis) ; 0,1 l (cic.)	●	●	●	●	●		
	80 g/l Talstar Flo	Aventis	0,1 l (puc. aut., mouche min., torç) ; 0,0625 l (puc. épis) ; 0,125 l (cic.)	●	●	●	●	●		
	80 g/l Brigade	Aventis	0,1 l (puc. aut., mouche min., torç) ; 0,0625 l (puc. épis) ; 0,125 l (cic.)	●	●	●	●	●		
Bétyaciflutrine	25 g/l Ducat	Bayer	0,3 l	●	●	●	●	●	Contact et ingestion.	A l'automne et au printemps dès l'apparition des ravageurs. Renouveler le traitement si nécessaire. Respecte les abeilles.
Bétyaciflutrine + oxydemeton méthyl	8 g/l Enduro + 250 g/l	Bayer	0,4 l	●	●	●	●	●		
Cyfluthrine	50 g/l Baythroid	Bayer	0,3 l	●	●	●	●	●	contact et ingestion.	A l'automne et au printemps dès l'apparition des ravageurs. Renouveler le traitement si nécessaire. Respecte les abeilles.
Cyperméthrine	100 g/l Aphicar	Flexagri	0,25 l	●	●	●	●	●	Contact et ingestion.	Automne : stade 2 F de la céréale seule : 1 plante sur 10 présentant au moins un puceron. Renouveler si besoin 3 semaines après. Printemps : dès l'apparition des premières feuilles touchées.
	100 g/l Cymbush	Syngenta	0,2 l	●	●	●	●	●		
	100 g/l Cyplan	Agriphyt	0,2 l (torç., puc. Feuillage) - 0,25 l (puc. épis)	●	●	●	●	●		
	100 g/l Cythrine 10 EC	Agriphyt	0,25 l (puc. épis) - 0,2 l (puc. aut., torç)	●	●	●	●	●		
	100 g/l Cyperfor	Capiscot	0,25 l	●	●	●	●	●		
	100 g/l Laficyd	LAPA	0,25 l	●	●	●	●	●		
	100 g/l Sherpa 10	Flexagri	0,25 l	●	●	●	●	●		
	100 g/l Sirena	Calliope	0,2 l (puc. aut.) - 0,25 l (puc. épis) - 0,3 l (torç.)	●	●	●	●	●		
	100 g/l Escort	Calliope	0,25 l	●	●	●	●	●		
	50 g/l Mastor	Cerexagri	0,4 l	●	●	●	●	●		
Cyperméthrine + endosulfan	15 + 200 g/l Cyperfan 215 EC	Agriphyt	1 l	●	●	●	●	●	Contact et ingestion.	Cyperfan à utiliser au printemps. Orfis à utiliser à l'automne selon les Avertissements agricoles. Effet choc et bonne persistance d'action.
	15 + 200 g/l Orfis	Flexagri	1 l	●	●	●	●	●		
Deltaméthrine	25 g/l Decis	Aventis	0,3 l (puc. aut., cic., torç.) - 0,25 l (puc. épis, mouche min.)	●	●	●	●	●	Contact et ingestion.	Automne : à partir de la levée de la céréale, dès l'apparition des premiers pucerons sur la culture. En programme à double traitements, les espacer de 15 jours. Utiliser la dose de 0,2 l/ha en Decis et 80 g/ha en Decis Micro par traitement.
	25 g/l Rutor 6,25%	Sipcam-Phyteurop Aventis	0,25 l 120 g (puc. aut., cic., torç.) - 100 g (puc. épis, mouche min.)	●	●	●	●	●		
Deltaméthrine + endosulfan	5 g/l Gallon + 200 g/l	DowAgroSciences	1,2 l (puc. aut.) - 1 l (puc. épis)	●	●	●	●	●	Contact, ingestion et inhalation.	Automne : dès l'apparition des pucerons. Renouveler le traitement si réinfestation tardive. Dose : 0,8 l/ha. Printemps : à la sortie des épis. Respecte les abeilles.
Deltaméthrine + pyrimicarb	5 g/l Best + 100 g/l	Aventis	1 l (puc. épis, mouche min., torç.) - 0,8 l (puc. aut.)	●	●	●	●	●	Contact, ingestion et inhalation.	Excellente efficacité dès 0,75 l/ha. Peut s'utiliser à partir du gonflement. Il est également bien adapté à la lutte curative contre pucerons des épis, à la dose de 1 l/ha.
Endosulfan	350 g/l Technifan	Sipcam-Phyteurop	1,5 l	●	●	●	●	●	Contact et ingestion.	Effet de vapeur. Bonne persistance d'action.
	350 g/l Thionex	Makhteshim Agan France	1,5 l	●	●	●	●	●		
Endosulfan + diféthion	250 g/l Tomhawk + 250 g/l	Calliope	1 l	●	●	●	●	●	Contact et ingestion.	Effet de vapeur. Action de choc et persistance d'action. Traitement : dès que le seul d'un épi sur deux colombe par un puceron est atteint. Effets secondaires sur tordeuse et mouche mineuse.
Endosulfan + thiométon	200 g/l Serk EC + 66,7 g/l	Syngenta	1,5 l - (cécidomyie : 2 l)	●	●	●	●	●	Contact et ingestion. Systemique.	Atteint les ravageurs cachés par le feuillage. La systémie permet de protéger la végétation poussée après le traitement.

Annexe 2 suite

Matières actives	Noms commerciaux	Firmes	Dose par ha	Produits autorisés sur :				Mode d'action	Epoque et technique d'emploi préconisées par les firmes
				À l'automne		Au printemps			
				Puceron d'automne	Cica-delle	Puceron des épis	Mouche minieuse (Agromyzza)		
Esfenvalérate	25 g/l Sumi-alpha	Philagro France	0,25 l (puc. aut., etc.) - 0,3 l (puc. épis, tord.)	●	●	●	●	Contact et ingestion. Automne : Intervenir dès l'apparition des ravageurs afin d'éviter la transmission de viroses à la culture. Printemps : traiter dès le début des infestations. Sélectivité prouvée vis à vis des insectes auxiliaires et notamment hyménoptères parasitoïdes, coccinelles, carabes du sol et staphylyns. Utilisable sur cultures visitées par les abeilles.	
Esfenvalérate + pyrimicarbe	6 g/l + 100 g/l Kabuto 6 g/l + 100 g/l Kanji	Philagro France Philagro France	1 l 1 l	●	●	●	●	Contact, ingestion, vapeur. Effet trans-laminaire. Automne : Intervenir dès l'apparition des ravageurs afin d'éviter la transmission de viroses à la culture. Printemps : traiter dès le début des infestations. Sélectivité prouvée vis à vis des insectes auxiliaires et notamment hyménoptères parasitoïdes, coccinelles, carabes du sol et staphylyns. Utilisable sur cultures visitées par les abeilles.	
Fenvalérate + oxydeméton méthyl	10 g/l + 250 g/l Sumiton	BASF Agro	0,4 l/ha	●				Contact et ingestion. Systémique. Automne : dès l'apparition des ravageurs, à renouveler si les vols se prolongent ou si réinfestation. Printemps : selon les Avertissements agricoles, à renouveler en fonction de la pression du ravageur. Efficace sur léma.	
Lambda-Cyhalothrine	5% Karaté Xpress 50 g/l Karaté vert 100 g/l Karaté Technologie Zéon	Syngenta Syngenta Syngenta	0,15 kg ou l (aut.) - 0,125 kg ou l (puc. épis, mouche min., tord.) 0,15 kg ou l (aut.) - 0,125 kg ou l (puc. épis, mouche min., tord.) 0,075 l (aut.) - 0,0625 l (puc. épis, mouche, min., tord.)	●	●	●	●	Contact et ingestion. Automne - Pucerons avant 3F : 0,1 kg ou l/ha, puis 2e traitement 0,15 kg ou l/ha. Pucerons à 3 F : 0,15 kg ou l/ha. Si réinfestation 0,15 kg ou l/ha. Printemps - 0,125 kg ou l. Emploi autorisé durant la floraison. Efficaces sur thrips et léma. Automne : pucerons avant 3F : 0,05 l puis 0,075 l au 2e traitement - pucerons à 3F : 0,075 l. Si infestations 0,075 l. Printemps : 0,062 l; emploi autorisé durant la floraison; efficace sur léma et thrips.	
Lambda Cyhalothrine + pyrimicarbe	5 g/l + 100 g/l Karaté K 5 g/l + 100 g/l Open 1,67% + 33,3% Okapi GF	Syngenta Syngenta Syngenta	1 l 1 l 0,37 kg	●	●	●	●	Contact, ingestion et vapeur. Effet trans-laminaire, action de choc. Peut s'utiliser dès le gonflement. Très bonne efficacité à 0,75 l/ha ou 0,30 kg/ha. Contre pucerons des épis, en traitement curatif, appliquer 0,37 kg/ha ou 1 l/ha.	
Ométhoate	250 g/l Folimate	Bayer	2,6 l			●		Contact et ingestion. Systémique. En préventif à l'éclosion des œufs, ou en curatif à l'apparition des premiers dégâts.	
Phosalone	500 g/l Zolone Flo	Aventis Optimagro	1,2 l			●		Contact et ingestion. A l'épaison lorsque les épis sont hors gaine. Respecte la faune utile et les abeilles.	
Pyrimicarbe	50% Primor G	Certis	0,25 kg			●		Contact et vapeur. Effet trans-laminaire, action de choc. De l'épaison jusqu'au grain laiteux, sur colonies en fort développement. Emploi autorisé durant la floraison. Respecte la faune auxiliaire : syrphes, chrysopes, coccinelles.	
Tau-fluvalinate	240 g/l Mavrik flo	Makhteshim Agan France	0,2 l (puc. aut.) - 0,15 l (puc. épis)	●		●		Contact et ingestion. Traiter dès l'apparition des pucerons. En général, une seule application est suffisante, grâce à sa persistance d'action et sa douceur sur la faune utile.	
Tau-fluvalinate + thiométon	72 + 200 g/l Mavrik Systo 72 + 200 g/l Mavrik B	Makhteshim Agan France Makhteshim Agan France	0,3 l 0,3 l	●	●	●	●	Contact et ingestion. Systémique. Action de choc. A l'épaison, traiter dès les premiers pucerons. Efficace même sur colonies installées. Persistance d'action 3 semaines. Efficace sur Agromyza et léma.	
Tralométhrine	108 g/l Tracker 108 EC	DuPont	0,09 l (puc. aut.) - 0,08 l (puc. épis, mouche min., tord.)	●		●	●	Contact et ingestion. A l'automne dès l'apparition des premiers pucerons (JNO; jaunisse naissante de l'orge). Dose : 0,09 l/ha ou 2 x 0,065 l/ha si les vols sont étalés. Au printemps selon les Avertissements agricoles. Facilité d'emploi grâce au pichet doseur. Efficace sur thrips et léma.	
Zetacyperméthrine	100 g/l Fury	Syngenta	0,15 l	●		●		Contact et ingestion. Automne : dès l'apparition des ravageurs, renouveler l'application si les conditions sont favorables aux contaminations par le virus de JNO (temps doux, semis précoce). Respecte les abeilles. Traiter selon les Avertissements agricoles.	

Nouveautés:

Le tableau ci-dessus présente les principaux insecticides sur céréales d'hiver et de printemps. Pour toute information complémentaire, l'utilisateur devra, avant de faire son choix, contacter les techniciens ou distributeurs de sa région.

Annexe 3 : Les principaux herbicides des céréales à paille

Matières actives	Noms commerciaux	Firmes							Céréales d'hiver					Stade d'utilisation	Mode d'action	Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Techniques d'emploi	Classement toxicologique
		Firmes		Noms commerciaux		Céréales d'hiver					Présemis	Racinaire	Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)							
				Ble	Tendre	Ble dur	Orge	Avoine	Seigle	Triticale			Dose/ha	Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			
												Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Présemis		Monsanto Sipcam-Phytourp Top SA									31 31 331	Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Postsemis ou Prélevée		DowAgroSciences										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
* Antidicotylédones - Antigraminés		DowAgroSciences										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Isoxaben + linuron + trifluraline		15,8 + 132 + 246 g/l										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Pendiméthaline + linuron		125 + 125 g/l										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Terbutryne		500 g/l 500 g/l										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Trifluraline + linuron		240 + 120 g/l										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Chandor		240 + 120 g/l										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Trifluraline		240 + 120 g/l										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Terspiène		240 + 120 g/l										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Blots		256 + 128 g/l										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Prélevée ou Postlevée		Bayer Agrol										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
* Antidicotylédones - Antigraminés		Bayer Agrol										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Chloroluron		500 + 200 g/l										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Athlet		400 + 25 g/l										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Lauréat		500 + 187 g/l										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Aubaine		100 - 500 g/l										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Zodiac TX		500 + 62,5 g/l										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Quartz GT		500 + 52 g/l										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Emos		500 + 42 g/l										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Quartzal		70%										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					
Ormet		70%										Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)					

Matières actives	Noms commerciaux	Firmes	Céréales d'hiver					Stade d'utilisation	Mode d'action	Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)		Techniques d'emploi	Classement toxicologique
			Ble tendre	Ble dur	Orge	Avoine	Seigle			Triticale	Satisfaisante		
Métabenzothiazuron + chlorsulfuron	70 + 0,5 % Eclorabo 70 + 0,5 % Eclair	Plexagin Desingisse	•	•	•	•	•	Prélevée Prélevée	Action racinaire et foliaire	Prélevée : folles avoines, pensée, gaillat. Prélevée : folles avoines, pensée, gaillat.		sans	
Pendiméthaline	400 g/l Prowl 400	BASF Agro	•	•	•	•	•	Prélevée en 1 ^{re} à mi-taille	Contact Racinaire et foliaire	Prélevée uniquement : chénille crucifère, pré-pensée, stellaire.		sans	
Pendiméthaline + chlorotoluron	150 + 300 g/l Pendron SC	BASF Agro	•	•	•	•	•	Prélevée ou postlevée - 2 ^{de} à mi-taille.	Systémique et contact Racinaire.	Prélevée uniquement : capsaie, géranium, stellaire.		Xn	
Pendiméthaline + isoproturon	125 + 375 g/l Stentor	BASF Agro	•	•	•	•	•	Prélevée ou postlevée - 3 ^{de} à mi-taille.	Systémique et contact Racinaire et foliaire.	Prélevée uniquement : ray-grass, vulpin, girardinum.		Xn	
Prosulfocarbe	800 g/l D66	Syngenta	•	•	•	•	•	Prélevée indépendante des céréales. Ne tenir compte que du stade des adventices : jus- qu'à 2 ^{de} feuillage (dicotylédones).	Systémique. Racinaire et foliaire.	Prélevée : folle avoine, coquelicot, crucifères, matricaire, Postlevée : matricaire, crucifères.		Xn	
* Antidicotylédones													
Isoxaben	125 g/l Cent-7	Dow-AgroSciences	•	•	•	•	•	Prélevée à 3 ^{de}	Racinaire.	Prélevée uniquement : graminées, gaillat.		sans	
* Antigraminées													
Triallate	10% Avalex BW granulé	Monsanto	•	•	•	•	•	Prélevée ou de 1 ^{re} au début du tallage.	Racinaire.	Prélevée uniquement : dicots.		Xn	
Postlevée													
* Antidicotylédones - Antigraminées													
Codimorph-propargyl + cloquimor + metoxyl + isoxyl + MCPP-P	20 + 5 + 14 + 216 g/l Magistan	Syngenta	•	•	•	•	•	Céréales de 2 ^{de} à 2 ^{de} noues.	Contact et systématique foliaire.	(2) : folle avoine, pâturin commun, vulpin, chénille, coquelicot, crucifères, matricaire, véroniques. Moyennement développés (3) : capsaie, géranium, myosotis. (4) : renouées.		Xn	
DEF - isoproturon + oxynil + MCPP-P	12,5 g/l + 250 + 75 + 150 g/l	BASF Agro	•	•	•	•	•	3 ^{de} à fin tallage.	Contact et systématique foliaire et racinaire.	(2) : folle avoine, pâturin commun, vulpin, chénille, coquelicot, crucifères, matricaire, véroniques. Moyennement développés (3) : capsaie, géranium, myosotis. (4) : renouées.		Xn	
Finaxoprop + sodesulfuron	64 g/l + 88 g/l Hussar OF	Aventis	•	•	•	•	•	3 ^{de} à 1 ^{re} N.	Foliaire	(2) : folle avoine. Développement (4) : ray-grass.		Xn	
Foscaraprop-éthyl + oxynil + MCPP-P + méfépyr-diéthyl	14 + 75 + 156 + 7,5 g/l Accord LS	Aventis Optimagro	•	•	•	•	•	3 ^{de} à 1 ^{re} N.	Contact systématique foliaire.	(2) : pâturin annuel, ray-grass. Développement (4) : pensée.		Xn	
Fenoxaprop-P-éthyl + isoproturon + méfépyr-diéthyl	20 + 300 + 10 g/l Atlas LS 20 + 300 + 10 g/l Djinn LS	Aventis Optimagro	•	•	•	•	•	2 ^{de} à fin tallage : 1,5 à 2 ^{de} + huile	Systémique. Foliaire et racinaire.	(2) : ray-grass, chénille, gaillat, pensée, véroniques. Moyennement développés (3) : capsaie, géranium, myosotis. (4) : ray-grass, renouées, stellaire.		Xn	

Matières actives	Noms commerciaux	Firmes	Céréales d'hiver						Stade d'utilisation	Mode d'action	Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Techniques d'emploi	Classement toxicologique
			Ble tendre	Ble dur	Orge	Avoine	Seigle	Triticale			Dose/ha	Satisfaisante	Moyenne		
Flupyrifuron méthyle + carfen- trazone-séthylo	Lexus Class	DuPont	•	•	•	•	•	•	2 F à redresse- ment.	Systémique. Foliaire et racinaire. Action principalement de contact sur véro- niques.	(2) : pâturin commun, vulpin, crucifères, ma- tricaire. Moyennement développés (3) : agrostide, capselle, coquelicot, myosotis, vé- roniques. Développés (4) : renouées.	(2) : Pâturin annuel, al- chémielle, gaillet, pen- sée, stellaire. Moyennement développés (3) : ray-grass, gaillet, véronique, agrostide, coquelicot, myosotis, renouées. Développés (4) : renouées.	(2) : folle avoine. Déve- loppés (4) : ray-grass, gaillet, véroniques.	Efficace sur vulpin (1 F a tallage), agrostis (1 F a début tallage), pâturins commun et annuel (1 F a début tallage), et nombreux dicots. S'applique à un désherbage d'automne ou de sorte d'hiver. Agit par contact sur les adventices. Compatible avec certains antioxydants et certains régulateurs. Ne pas utiliser avec huile ou tout autre adjuvant.	Xi
Flupyrifuron méthyle + mesulfu- ron-méthyle	Lexus XPE	DuPont	•	•	•	•	•	•	2 F à redresse- ment.	Systémique. Foliaire et racinaire.	(2) : pâturin commun, vulpin, alchémielle, co- quelicot, crucifères, matricaire, stellaire. Moyennement développés (3) : agrostide, capselle, graminium, myosotis. Développés (4) : renouées.	(2) : pâturin annuel, pensée. Moyennement développés (3) : ray-grass, gaillet, véroniques. Développés (4) : Agrostide.	(2) : folle avoine. Déve- loppés (4) : ray-grass, gaillet, véroniques.	Efficace sur vulpin (1 F a tallage), agrostis (1 F a début tallage), pâturins commun et annuel (1 F a début tallage), et nombreux dicots. S'applique en désherbage d'automne ou de sorte d'hiver. Agit par basses températures. Compatible avec certains antioxydants et certains régulateurs. Ne pas utiliser avec huile ou tout autre adjuvant.	sans
Flupyrifuron méthyle	50% Okar	DuPont	•	•	•	•	•	•	2 F à redresse- ment.	Systémique. Foliaire et racinaire.	(2) : pâturin commun, vulpin, alchémielle, co- quelicot, crucifères, matricaire, stellaire. Moyennement développés (3) : agrostide, capselle, graminium, myosotis. Développés (4) : renouées.	(2) : pâturin annuel, pensée. Moyennement développés (3) : ray-grass, gaillet, véroniques. Développés (4) : Agrostide.	(2) : folle avoine. Déve- loppés (4) : ray-grass, gaillet, véroniques.	Efficace sur vulpin (1 F a tallage), agrostis (1 F a début tallage), pâturins commun et annuel (1 F a début tallage), et nombreux dicots. S'applique en désherbage d'automne ou de sorte d'hiver. Agit par basses températures. Compatible avec certains antioxydants et certains régulateurs. Ne pas utiliser avec huile ou tout autre adjuvant.	sans
Flupyrifuron méthyle + thifensul- furon-méthyle	10 + 40% Lexus Millennium	DuPont	•	•	•	•	•	•	2 F à redresse- ment.	Systémique. Foliaire et racinaire.	Postlevée (2) à (4) : vulpin, pâturin commun, matricaire, crucifères. (2) seul : pâturin an- nuel, stellaire, pensée. (2) à (3) : agrostide, vé- ronique, coquelicot, alchémielle, myosotis, capselle, graminium.	(2) : gaillet, ray-grass (3) : ray-grass. Moyennement développés (3) à (4) : pâturin annuel, stellaire, renouées, agrostide, véronique, coquelicot.	Postlevée tous stades (2) à (4) : folles avoines. Développé (4) : ray-grass.	(voir Lexus XPE)	sans
Flurtamone + DIF	250 + 100 g/l Carat Dolmen	Aventis	•	•	•	•	•	•	2 F à fin tallage	Contact. Racinaire et foliaire.	Moyennement développés (3) : capselle, crucifères, myosotis, pensée, stellaire, véroniques.	Moyennement développés (3) : agrostide, pâturin commun, vulpin, capselle, crucifères, véroniques.	Moyennement développés (3) : graminium, coquelicot, gaillet, matricaire.	1 l/ha en solé applique 0,8 l/ha dans les autres situations. Nouveaux dicots, pâturins et ray-grass à 1 F des adventices. Ne pas mélanger avec les engrais liquides.	Xi
Imazaméthabenz-méthyl	300 g/l Assert 300	BASF Agro	•	•	•	•	•	•	1 F à m-tallage	Foliaire et racinaire.	Moyennement développés (3) : folle avoine.	Moyennement développés (3) : agrostide, pâturin commun, vulpin, capselle, crucifères, véroniques.	Moyennement développés (3) : graminium, coquelicot, gaillet, matricaire, stellaire.	Indépendant des conditions climatiques. Appliquer en sortie d'hiver. Ne pas appliquer sur sol souillé. Peut s'associer à de l'FPU ou à un antigraminées foliaire.	Xi
Imazaméthabenz-méthyle + pendi- méthaline	125 + 200 g/l Megapulus SC	BASF Agro	•	•	•	•	•	•	BD - début à fin tallage. BTH, DH, S : 1 F à m-tallage.	Contact, systé- mique. Foliaire et racinaire.	Moyennement développés (3) : folle avoine, alchémielle, coquelicot, crucifères, myosotis.	Moyennement développés (3) : agrostide, pâturin commun, vulpin, capselle, gaillet, graminium, véroniques.	Moyennement développés (3) : graminium, coquelicot, gaillet, matricaire, stellaire.	Sur bli dur, application en sortie d'hiver. Traiter sur culture bien implantée et en bon état végétatif. Eviter les sols souillés.	Xi
Iodosulfuron + amidosulfuron	1,25% + 12,5% Chekker	Aventis	•	•	•	•	•	•	3 F à 2 noués	Systémique et fo- liaire	Gaillet, coquelicot, matricaire, stellaire, cruci- fère	renouées	seul 200 g/ha - associé 100 g/ha	Xi	
Isoproturon	500 g/l Arelor 500 g/l Medit	Desangasse Desangasse	•	•	•	•	•	•	3 F à épi 1 cm.	Systémique. Rac- inaire et foliaire.	(2) : stellaire. Moyennement développés (3) : ray-grass, capselle. Développés (4) : alchémielle, matricaire.	(2) : folle avoine, coquelicot, crucifères, gaillet, pensée, véroniques. Moyennement développés (3) : graminium, myosotis. Développés (4) : renouées.	Moyennement développés (3) : ray-grass, gaillet, véroniques.	Efficace à 5°C. Humidité du sol favorise l'absorption foliaire. Pression de traiter sur sol gelé. Eviter les céréales déchaussées ou souffrant d'un excès d'eau.	Xn
Isoproturon + amidosulfuron	750 + 15 g/l Aigle	Aventis Optimagro	•	•	•	•	•	•	3 F à fin tallage	Systémique. Foliaire et racinaire.	Moyennement développés (3) : agrostide, pâtu- rins, vulpin, alchémielle, capselle, crucifères, gaillet, matricaire, stellaire.	Moyennement développés (3) : ray-grass, coquelicot, myosotis.	Moyennement développés (3) : ray-grass, gaillet, véroniques.	1,3 à 2 kg pour les antigraminées et les amidocoryléonnes, 1 kg pour les amidocoryléonnes strictes (gaillet, matricaire, stellaire, etc.)	Xn
Isoproturon + bifénox	330 + 166 g/l Bifénox N	Phialag France	•	•	•	•	•	•	3 F à fin tallage	Contact et systé- mique. Racinaire et foliaire.	Moyennement développés (3) : agrostide, pâturins, vulpin, alchémielle, capselle, coquelicot, matricaire, pensée, stellaire, véroniques.	Moyennement développés (3) : ray-grass, crucifères, gaillet, graminium, myosotis.	Moyennement développés (3) : folle avoine.	150 à 600 l'eau/ha. Incompatible avec les herbicides sous forme d'esters et les régulateurs à base d'éthéphon. Dissoluble dès l'automne.	Xn
Isoproturon + bifénox + diflufenicanil	333,4 + 150 + 26,7 g/l	Sopcam Phyteurop	•	•	•	•	•	•	BTH : prélevée ou entre 3 F et fin tallage. DH : 3 F à fin tallage	Contact. Foliaire	Moyennement développés (3) : ray-grass, crucifères, gaillet, graminium, myosotis.	Moyennement développés (3) : ray-grass, coquelicot, myosotis.	Moyennement développés (3) : folle avoine.	Meilleurs résultats sur adventices peu développées	Xn

Matières actives	Noms commerciaux	Firmes	Céréales d'hiver					Stade d'utilisation	Mode d'action	Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)		Techniques d'emploi	Classement toxicologique
			Ble tendre	Ble dur	Orge	Avoine	Seigle			Trécal	Moyenne		
Isoproturon + bifenox + MCPP-D	300 + 150 + 145 g/l Foxar D+	FCS	•	•	•	•	•	3 F à fin tallage	Contact foliaire	(2) galier, moyennement développés (3) ray-grass, ray-grass, myosotis, pensées (4) renoué lisron	(2) folle avoine, développés (4) ray-grass	Utilisable dès l'automne. Grande rapidité d'action. Incompatible avec les régulateurs à base d'éthéphon.	Xn
Isoproturon + fluoroglycophène	60 + 15% Quorum	Aventis	•	•	•	•	•	2-3 F à mi-tallege	Contact foliaire et racinaire	Moyennement développés (3) agrostide, pâturage, vulpin, alchimille, coquelicot, matricaire, stellaire	Moyennement développés (3) ray-grass, capripes (4) renoué lisron, pensées, véroniques	Utilisable dès l'automne sur jeunes dicots inférieures à 4,6 F (1,75 à 2 kg). A compléter en sortie d'hiver avec un antioctol à faible dose.	Xn
Isoproturon + MCPP + oxymil (sel)	300 + 146 + 62 g/l Belgran	Flaxagri	•	•	•	•	•	3 F à fin tallage	Contact et systémique foliaire	(2) galier, moyennement développés (3) ray-grass, myosotis, pensées, véroniques (4) renoué lisron et des dicots véroniques	(2) folle avoine, développés (4) ray-grass	Dans les céréales d'hiver pour les infestations de ray-grass, appliquer la dose forte.	Xn
Messosulfuron + sodosulfuron	30 g + 6 g Atlantis WG Ab-solu	Aventis	•	•	•	•	•	3 F à 2 noués	Systémique et foliaire	Vulpin, matricaire, vulpin, ray-grass, folle avoine, agrostide, toms, avoine à coupe-lets, matricaire, stellaire	gallier, coquelicot	A associer avec un activator B, dose modulaire en fonction des adventices	Xi
Messosulfuron + sodosulfuron	30 g + 30 g Archipel	Aventis	•	•	•	•	•	3 F à 2 noués	Systémique et foliaire	Vulpin, matricaire, vulpin, ray-grass, folle avoine, agrostide, toms, avoine à coupe-lets, matricaire, stellaire, pensées, véroniques	véroniques	A associer avec un activator B, dose modulaire en fonction des adventices	Xi
Picolinifène + pendiméthaline	16 + 320 g/l Celtic	BASF-Agro	•	•	•	•	•	Postlevée précoce	Racinaire et foliaire	matricaire, vulpin	ray-grass	traiter avec un activator B, dose modulaire en fonction des adventices	Xi
Sulfosulfuron	80% Monitor	Monsanto	•	•	•	•	•	2-3 F à 1-2 N	A la fois foliaire (2/3) et racinaire (1/3)	Folle avoine (automne), vulpin, ray-grass	Véronique à feuilles de lierre, lamier pourpre	Il est recommandé de réaliser 2 applications à demi-dose - Generon 1 200 BM (Période d'application: Automne/livier/octobre/novembre > janvier/fevrier) ou sortie d'hiver/Printemps (fevrier/mars/avril, 2 applications 3 semaines après). Monitor est compatible avec les régulateurs de croissance Saflon et les longueues.	sans classement
Antidicotylétoïnes													
Amidosulfuron	75% Adret 75% Grati	Aventis Optimagro Aventis Optimagro	•	•	•	•	•	3 F à 2 N	Systémique foliaire et racinaire	(2) à moyennement développés (3) crucifères, galier, capselle	(2) alchimille, coquelicot, pensées, stellaire, véroniques, myosotis	Sélectifs de toutes les céréales. Utilisable dès la reprise de la végétation, jusqu'à une hauteur de galier de 15 cm, dès la sortie hivernale et pendant tout le printemps. 30 à 40 g/ha utilisé seul ou avec herbicide sans action galier (20 g/ha avec anti-galier).	sans classement
Amidosulfuron + métribuzine	15 + 50% Galice	Bayer-Agro	•	•	•	•	•	Postlevée de la culture et des adventices (2) à moyennement développés (3) à 1 N	Racinaire, et surtout foliaire	Postlevée tous stades : galier, crucifères, alchimille. Stades (2) à moyennement développés (3) : capselle	Stade (2) : gramme (3) pensées (4) renoué lisron, renoué lisron, oiseaux chardon		
Amidosulfuron + DF + bromoxynil	22,5 + 75 + 375 g/l Artemis	Aventis Optimagro	•	•	•	•	•	3 F à fin tallage	Systémique foliaire et racinaire	Gallier, matricaire, stellaire, coquelicot, liseron, pensées, renoué lisron, alchimille, véroniques de Persée, véroniques feuille de lierre, scardix, sautré, ravennelle, bleuet, renoué lisron	Plume efficacité sur galier, dès la reprise de la végétation (sortie hiver)		Xn
2,4 D stés 2,4 D esters	(g) (g)		•	•	•	•	•	Fin tallage à 2 N	Systémique foliaire	Developpés (4) : chardon levé, crucifères	Developpés (4) : alchimille, galier, matricaire, vulpin, renoué lisron, pensées, véroniques	Pas de culture de remplacement. Ne pas appliquer avant le fin du tallage (risque de déformation d'eps). Ne pas traiter pur	
Bentazone	87% Basagran SG 87% Adagio SG	BASF-Agro Sipcam Phyeurop	•	•	•	•	•	1 F à 2 N Tallage à début montaison	Contact et systémique foliaire	Developpés (4) : alchimille, crucifères, matricaire, renoué lisron, stellaire, umbellifères	Developpés (4) : chardon levé, coquelicot, pensées, véroniques	Travail entre 12 et 25 °C, à 5 heures sans pluie après le traitement	Xn
Bentazone + 2,4 DP-P	333 + 233 g/l Coupel	BASF-Agro	•	•	•	•	•	mi-tallage à 2 N	Contact et systémique foliaire	Developpés (4) : alchimille, coquelicot, crucifères, matricaire, renoué lisron, stellaire, ombellifères	Developpés (4) : chardon levé, véroniques	Travail entre 12 et 25 °C, à 5 heures sans pluie après le traitement	Xn
Bifenox + MCPP-D	300 + 370 g/l Exel D+	Phylagro France	•	•	•	•	•	3 F à 2 N	Contact et systémique foliaire	(2) : alchimille, galier, matricaire, renoué lisron, pensées, véroniques, myosotis, stellaire. Developpés (4) : chardon levé, stellaire	(2) alchimille, galier, matricaire, renoué lisron, pensées, véroniques, myosotis, stellaire. Developpés (4) : chardon levé, stellaire	Travail entre 5 à 26 °C. Incompatible avec les régulateurs à base d'éthéphon et les herbicides sous forme d'esters. Utilisable dès l'automne	Xn
Bifenox + MCPP + oxymil	187 + 325 + 575 g/l Kalo	Sipcam Phyeurop	•	•	•	•	•	3 F à mi-montaison	Contact foliaire	(2) : coquelicot, crucifères, pensées, véroniques. Moyennement développés (3) : alchimille, capselle, matricaire, myosotis, stellaire. Developpés (4) : renoué lisron	(2) galier, Developpés (4) : alchimille, matricaire, vulpin, renoué lisron, pensées (4) : renoué lisron	Utilisable dès l'automne. Grande rapidité d'action. Incompatible avec les herbicides sous forme d'esters.	Xn

Matières actives		Noms commerciaux		Firmes		Céréales d'hiver					Stade d'utilisation	Mode d'action	Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)		Techniques d'emploi		Classement toxicologique		
						Blé tendre	Blé dur	Orge	Avoine	Séigle	Triticale	Dose/ha		Satisfaisante	Moyenne	Insuffisante			
Bifénox + MCPP-D + clopyralid	250 + 300 + 10 g/l	Esel 3 D+	Philagro France	•	•	•	•	•	•	•	3 l	Début tallage à 2 N.	Contact et systémique. Foliaire.	Developpées (4) : achémille, chardon levé, coquelicot, crucifères, pensée, renouées, stellaire, véroniques.	Developpées (4) : gaillet, matricaire, stellaire, véroniques.		Trailer entre 5 et 25 °C. Incompatible avec les régulateurs à base de défloraison et les herbicides sous forme d'esters.	Xn	
Bifénox + MCPP-D + ioxyml	300 + 260 + 92 g/l 240 + 208 + 726 g/l	Expro D+ Charade	FCS FCS	•	•	•	•	•	•	•	2,5 l 3,1 l	3 F à mi-montaison.	Contact. Foliaire.	(2) : coquelicot, crucifères, pensée, véroniques. Moyennement développées (3) : alchimille, capsaie, géranium, matricaire, myosotis, stellaire. Developpées (4) : renouées.	(2) : gaillet. Developpées (4) : alchimille, chardon levé, matricaire, stellaire.		Utilisable dès l'automne. Grande rapidité d'action. Incompatible avec les herbicides sous forme d'esters, et avec les régulateurs à base de défloraison. Epargner le débourrage des graminées fourragères.	Xn	
Bromoxynil + MCPP + diflufenicanil	140 + 240 + 12 g/l	Diazal / Travata	Aventis Optimagro	•	•	•	•	•	•	•	1,8 l	3 F à mi-montaison.	Contact, foliaire (inhibition PPO).	(2) : gaillet, capselle (3) ; véroniques, crucifères, lamier, renouées.	(3) : pensée, myosotis, chardon, matricaire, myosotis.	Stellaire, coquelicot, géranium. Developpées (4) : matricaire, pensée, myosotis.	Pour être utilisé sur verges de brasserie et céréales destinées à la production de semences. Utilisable dès l'automne.	Xi	
Carfentrazone-éthyle	50%	Aurora	Belchim Crop Protection	•	•	•	•	•	•	•	0,04 kg	3 F à 2 N	Contact, foliaire (inhibition PPO).	(2) : gaillet, capselle (3) ; véroniques, crucifères, lamier, renouées.	(3) : pensée, myosotis, chardon, matricaire, myosotis.	Stellaire, coquelicot, géranium. Developpées (4) : matricaire, pensée, myosotis.	Appliquer sur les adventices jeunes conditions passagères. Efficace sur gaillet jusqu'à 10 cm de hauteur. Efficacité très peu dépendante des conditions climatiques.	Xi	
Chlorthal-éthyl	200 g/l	Wega	BASF Agro	•	•	•	•	•	•	•	0,25 l	3 F à 2 N (viser des adventices jeunes).	Contact. Foliaire.	(2) : séneçon, chardon-poiv. lampante, vesce.	(2) : séneçon, chardon-poiv. lampante, vesce.		Toujours en mélange avec paritarsin amidoctico ou amidoctico. Efficace sur gaillet, accélère l'activité et élargit la fenêtre d'application du paritarsin.	Xn	
Clopyralid	100 g/l 100 g/l	Lontrel 100 Clophar	DowAgroSciences Agrimyl	•	•	•	•	•	•	•	1,25 l 1 l	Début tallage à 2 N.	Contact et systémique. Foliaire.	Developpées (4) : renouée isaron.	Developpées (4) : renouée isaron.	Developpées (4) : achémille, coquelicot, crucifères, gaillet, pensée, renouée des oiseaux, stellaire, véroniques.	Les meilleurs résultats sont obtenus par temps poussant. L'ontrel 0,75 (ha en mélange, 1 l/ha seul). Traiter entre 12 et 25 °C. Efficacité diminuée par une pluie dans les 3 heures suivant l'application. Efficace sur gaillet, renouée isaron, renouée des oiseaux, myosotis, renouée isaron, stellaire, véroniques.	sans sans	
Clopyralid + 2,4-MCPA	35 + 350 g/l	Chardox	DowAgroSciences	•	•	•	•	•	•	•	1,5 à 2 l	Fin tallage à 2 N.	Systémique. Foliaire.	Developpées (4) : chardon levé, coquelicot, crucifères, matricaire, renouée isaron.	Developpées (4) : renouée des oiseaux.	Developpées (4) : alchimille, gaillet, pensée, stellaire, véro.	Température entre 12 et 25 °C. Traiter sur des adventices en végétation active.	Xi	
Clopyralid + 2,4-MCPA + 2,4-D	35 + 175 + 150 g/l	Lontar	DowAgroSciences	•	•	•	•	•	•	•	2 l	Fin tallage à 2 N. (viser des adventices et graminées)	Systémique. Foliaire.	Developpées (4) : chardon levé, coquelicot, crucifères, matricaire, renouée isaron.	Developpées (4) : renouée des oiseaux.	Developpées (4) : alchimille, gaillet, pensée, stellaire, véroniques.	Température entre 12 et 25 °C. Traiter sur adventices en végétation active.	Xn	
Diflufenicanil (DFI) + ioxyml + bromoxynil (esters)	40 + 75 + 125 g/l	First / Parox	Philagro France	•	•	•	•	•	•	•	2 l	3 F à fin tallage.	Systémique et contact. Action résiduelle.	Moyennement développées (3) : alchimille, myosotis, pensée, stellaire, véroniques.	Moyennement développées (3) : gaillet, géranium, coquelicot, renouée isaron.		Application précoce d'automne ou de sortie d'hiver. Faible adhérence vis-à-vis du sol. Des adhésifs émulsionnables.	Xn	
Diflufenicanil (DFI) + ioxyml + bromoxynil (phénol)	80 + 120 + 120 g/l	Chemois	Philagro France	•	•	•	•	•	•	•	1,5 l	1 F à fin tallage.	Systémique et contact. Action résiduelle.	Sources fines : Véroniques, pensée, stellaire, matricaire, lamier et crucifères.	Sources fines : gaillet et coquelicot.		Efficace sur dicots levants après le traitement - suspension concentrée.	Xn	
DFI + isoproturon	100 + 500 g/l	Zodiac TX	Aventis	•	•	•	•	•	•	•	1,25 l	De semis à fin de récolte (quel que soit le stade).	Contact. Foliaire et racinaire.	Moyennement développées (3) : alchimille, matricaire, coquelicot, matricaire, myosotis, pensée, stellaire, véroniques.	Moyennement développées (3) : gaillet, géranium, coquelicot.		Utilisable sur sol sec ou forte humidité thermique. Compatible avec antagonistes et insecticides. Efficace aussi sur les dicots jeunes qui libèrent après le traitement.	Xn	
DFI + ioxyml + MCPP	17 + 125 + 312 g/l	Lazeril	BASF Agro	•	•	•	•	•	•	•	2 à 3 l	3 F à 2 N	Contact et systémique. Foliaire.	(2) : achémille, coquelicot, crucifères, matricaire, stellaire, véroniques. Moyennement développées (3) : capselle, géranium, myosotis, pensée. Developpées (4) : renouées.	(2) : gaillet. Developpées (4) : chardon levé, pensée.		Traiter à partir de 10-12 °C (seils), et 8-10 °C (esters). Pré- et postlevée des adventices.	Xn	
DFI + ioxyml + MCPP-P	17 + 146 + 283 g/l	Mantia	Aventis Optimagro	•	•	•	•	•	•	•	3 l	3 F à 2 N	Contact. Foliaire.	(2) : achémille, coquelicot, crucifères, matricaire, stellaire, véroniques. Moyennement développées (3) : capselle, géranium, myosotis, pensée. Developpées (4) : renouées.	(2) : gaillet. Developpées (4) : chardon levé, pensée.		Respecter un délai de quelques jours avant d'appliquer un engrais azoté. Utilisable à l'automne. Incompatible avec le fongicide Fongitrol, défloraison.	Xn	
DNOC	(a)			•	•	•	•	•	•	•	400 à 600 g MA	3 F à 2 N	Contact. Foliaire.				Température : 25 °C, 36 à 49 h sans pluie. Efficace sur gaillet. Recommandé en remplacement du 2,4-D au voisinage des cultures sensibles aux phytohormones de synthèse.	sans	
Florasulam	50 g/l 50 g/l	Nikos Primis	Dow AgriSciences Dow AgriSciences	•	•	•	•	•	•	•	0,15 l 0,15 l	Tallage à 2 N Tallage à 2 N	Systémique. Foliaire.	(2) : coquelicot, crucifères, gaillet, matricaire, stellaire. Moyennement développées (3) : capselle, géranium, myosotis, pensée. Developpées (4) : chardon levé, renouées.	(2) : véroniques. Moyennement développées (3) : géranium.		Utilisables dès 5 °C. Dose modulable selon les situations. 0,1 l/ha seul ou 0,07 l/ha en association avec un autre antiodolène.	sans	
Fluoxypyr + clopyralid + 2,4-MCPA	60 + 233 + 266 g/l	Atiano	DowAgroSciences	•	•	•	•	•	•	•	3 l Avoine 2,5 l	M-tallage à 2 N	Systémique. Foliaire.	(2) : coquelicot, crucifères, gaillet, matricaire, stellaire. Moyennement développées (3) : capselle, géranium, myosotis, pensée. Developpées (4) : chardon levé, renouées.	(2) : véroniques. Moyennement développées (3) : géranium.	(2) : alchimille, pensée.	Traiter entre 10-12 °C et 25 °C. 2,5 l/ha en mélange avec isoproturon.	sans	
Fluroxypyr	200 g/l 200 g/l 200 g/l	Stracon 200 Sengam 200 / Rebrevo 200 Garetor	DowAgroSciences Makhteshim Agan France Invivo	•	•	•	•	•	•	•	1 l seul 0,5 l en association 1 l seul	3 F à 2 N 3 F à 2 N 3 F à 2 N	Systémique. Foliaire.	Developpées (4) : gaillet, renouées, stellaire.	Developpées (4) : alchimille, chardon levé, coquelicot, crucifères, matricaire, pensée, véroniques.		Traiter entre 7 et 25 °C. Optimisation par temps poussant. Compatible avec antagonistes, antiodolènes, fongicide, insecticide, chimiosecant.	sans	

Matières actives	Noms commerciaux	Firmes	Céréales d'hiver						Stade d'utilisation	Mode d'action	Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)		Techniques d'emploi	Classification toxicologique		
			Blé tendre	Blé dur	Orge	Avoine	Seigle	Triticale			Dose/ha	Satisfaisante			Moyenne	Insuffisante
Fluroxypyr + clopyralid + 2,4-MCPA (sels)	40 + 20 + 200 g/l	Bohr/ Boston	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		
Fluroxypyr + dichlorprop (DPI) + MCPA	30 + 220 + 100 g/l	Printagal	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		
Ioxynil	240 g/l	Ioxynil 240	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		
MCPA	(a)		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		
MCPA + 2,4 D + piclorane	285 + 330 + 15 g/l	Printazol N	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		
MCPA + 2,4 D	(a)		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		
MCPB (isels)	400 g/l	Tropitone	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		
MCPP (métolprop)	(a)		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		
MCPP + bromoxynil + dicamba	450 + 150 + 30 g/l	Korlone	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		
MCPP + carfentrazone-éthyle	60 % + 1,5 %	Platform S	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		
MCPP + carfentrazone-éthyle	67 % + 3,3 %	Aurora Turbo	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		
MCPP + dicamba	(a)		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		
MCPP + ioxynil (esters) + piclorane	540 + 180 g/l 380 + 120 g/l	Maestro II Oley	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		
MCPP + ioxynil + bromoxynil	375 + 75 g/l 465 + 92 + 100 g/l	Andiam Bromil MS	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		
MCPP + MCPA + 2,4 D + piclorane	40 + 60 + 60 + 4 g/l	Printazol Total	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		
MCPP + MCPA + dicamba	200 + 250 + 18 g/l 250 + 250 + 18 g/l	Drypyl Callitrip	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Xn		

Matières actives	Noms commerciaux	Firmes						Blé tendre	Blé dur	Orge	Avoine	Séigle	Céréales d'hiver		Stade d'utilisation	Mode d'action	Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)		Techniques d'emploi	Classement toxicologique
		Firmes		Blé tendre	Blé dur	Orge	Avoine						Séigle	Dose/ha			Satisfaisante	Insuffisante		
		Noms commerciaux	Firmes																	
MCPP + MCPA + DP	125 + 125 + 150 g Superselecty 125 + 125 + 150 g Trior	Agriphyl LAPA							551 4 à 51					Début talle à 2 N.	Systémique foliaire	Développées (4) : coquelicot, crucifères, renouées, stellaire.	Développées (4) : charbon levé, gaillet, matricaire, veroniques.	Utiliser entre 12 et 25 °C. Ne pas traiter par temps pluvieux (basses de efficacité).	Xn	
MCPP-D + oxynil + bromoxynil (esters)	35 + 125 + 125 g Sakler 30 + 120 + 120 g Magenti	Phylagro France Nufarm SA							21 1,5 à 1,75 (bi- ticale : 1,75)					Contact et systémique foliaire.	(2) : achimille, coquelicot, crucifères, matricaire, myosotis, renouées, stellaire, veroniques. Développées (4) : renouées.	Développées (4) : pensée, moyennement développées (3) : capsule, géranium, myosotis, veroniques. Développées (4) : chardon levé.	Tranter entre 6 et 25 °C. 1 heure sans pluie après le traitement.	Xn		
oxynil + MCP-P	180 + 280 g Nostra	BASF-Agro / Nufarm SA							21 Avoine : 1,3 1					Contact et systémique foliaire.	Tous stades achimille, coquelicot, crucifères, matricaire, myosotis, renouées, stellaire, veroniques. Développées (4) : renouées.	(2) : (3) : pensée, gaillet, charbon levé, gaillet.	Efficace même en période froide (à partir de 5 °C de température moyenne en dehors des périodes de gel nocturne).	Xn		
MCP-P + MCPA + DP-P	130 + 180 + 310 g Duplosan Super Kino Triomone DX Optica Trio	BASF-Agro Desangesse Flexagon Phylagro France Phylagro France Phylagro France							251 251 251					Fin talle à 1-2 N (avant gonflement).	Systémique foliaire.	Développées (4) : coquelicot, crucifères, renouées, stellaire.	Développées (4) : charbon levé, gaillet, matricaire, veroniques.	Tranter favorisé par temps doux (T > 12 °C). Action après 12-28 °C.	Xn	
Mesosulfuron + fluroxypyr	10 + 100 g Pronto	Bayer							11 seul.					3 F à 1 N.	Systémique foliaire et racinaire.	(2) : achimille, coquelicot, crucifères, matricaire, myosotis, renouées, stellaire, veroniques. Développées (4) : renouées.	(2) : gaillet, veroniques.	Appliquer en sortie d'hiver, dès la reprise de la végétation. Compatible avec certains antimicrobiens, antioxydants de contact, fongicides, mollusques, acaricides et régulateurs de croissance. Utiliser avec précaution en présence de légumineuses. Agir même par T basses, dès 5 °C.	Xi	
Mesulfuron-méthyle	20% Allié	DuPont							20 à 30 g					3 F à dernière F développée.	Systémique foliaire et racinaire.	(2) : achimille, coquelicot, crucifères, matricaire, myosotis, renouées, stellaire, veroniques. Développées (4) : renouées.	(2) : gaillet, veroniques.	Compatible avec le plupart des antimicrobiens, antioxydants de contact, fongicides, mollusques, acaricides et régulateurs de croissance. Utiliser avec précaution en présence de légumineuses. Agir même par T basses, dès 5 °C.	Xn	
Mésulfuron-méthyle + carfentrazone-éthyle	10 + 40 % Allié Express	DuPont							40 à 50 g					2 F à 2 N	Systémique foliaire et racinaire.	(2) : achimille, coquelicot, crucifères, matricaire, myosotis, renouées, stellaire, veroniques. Développées (4) : renouées.	(2) : gaillet, pensée, moyennement développées (4) : renouées, veroniques.	* saf-rp de basses. Libellule des Fatoumy à 40 g/ha. Efficace même rapidement sur gaillet levé dès 7 °C. Il sans pluie suffit. Spectre antioxydant très large (y compris les veroniques). Compatible avec les régulateurs (3-5).	Xi	
Profloucarb + oxynil	500 + 225 g Cedra	Spicam / Nufarm SA							1 à 15 l					Stade des adventices : plaine à jeune plante	Foliaire et contact.	Plante à jeune plante : achimille, capsule, crucifères, myosotis, veroniques. Plante : coquelicot, stellaire, géranium, matricaire	Jeune plante : pensée.	Température 13-25 °C. Application précoce d'automne à sortie d'hiver. Bonus antimicrobiens spécifiques et insecticides. Un mode d'action de plus sur le marcotte.	Xn	
Pyralufène + bifénox + oxynil	6 + 324 + 167 g Fizz	Aventis Optimaagro							90 g					3 F à dernière feuille développée.	Systémique foliaire et racinaire.	(2) : achimille, coquelicot, crucifères, matricaire, pensée, stellaire. Moyennement développées (3) : capsule, géranium, myosotis. Développées (4) : chardon levé, renouées.	(2) : veroniques.	Utilisable dès l'automne. Dose modifiable selon le stade de développement. S'utilise seul, en programme ou en association avec un antimicrobien de post-levée.	Sans	
Thiaméthuron méthyle + metsulfuron méthyle	68,2 + 6,8% Scopop	Aventis							30 g					3 F à dernière feuille développée.	Systémique foliaire et racinaire.	(2) : coquelicot, crucifères, matricaire, capsule, géranium, myosotis. Développées (4) : chardon levé, renouées.	(2) : pensée, moyennement développées (4) : achimille, renouées.	Compatible avec la plupart des antimicrobiens, antioxydants et certains régulateurs. Consulter le fournisseur. Incompatibles avec régulateurs à base d'acétophrène. Utilisation autorisée à partir de 5 °C.	Xn	
Tribénuron méthyle	75% Cambé	DuPont							50 g					En post-levée ou avant 3 F à 2 N des céréales.	Systémique foliaire et racinaire.	(2) : achimille, coquelicot, crucifères, matricaire, myosotis, renouées, stellaire, veroniques. Développées (4) : chardon levé, renouées.	(2) : veroniques, moyennement développées (3) : gaillet, veroniques.	S'utilise en traitement en hiver ou sortie d'hiver. Dose modifiable selon le stade de développement et les températures.	Xn	
Antigraminées																				
Clodinafop-propargyl + cloquintocet-métyl	100 + 25 g/ha Cello 80 + 20 g/ha Vip	Syngenta Syngenta							0,3 à 0,6 l (+huile) 0,4 à 0,5 l (+huile)					1 F à montaison. 1 F à montaison.	Systémique foliaire.	(2) : folle avoine, pâturin commun, vulpin, avoine à chapelets. Moyennement développées (3) : Ray-grass, phalaris.	(2) : pâturin annuel, développées (4) : ray-grass, phalaris.	Vulpin, folle avoine : pas de limite de stade. Ray-grass : 2 F à mt-talle. Utilisation sur graminées levées. Dose modifiable selon le stade de développement et les températures. S'utilise en association avec un antimicrobien de post-levée. Dose modifiable selon le stade de développement et les températures.	Xn Xi	
Fénoxaprop-P éthyl + méfenpyr diéthyl	Puma LS	Aventis							0,8 à 1,2 l ou 0,6 à 1,1 l (+huile)					1 F à 2 noués et au-delà.	Systémique foliaire.	(2) : agrostide, folle avoine, pâturin commun, vulpin.	(2) : pâturin annuel, ray-grass.	Dose modifiable selon le stade de développement et les températures. S'utilise en association avec un antimicrobien de post-levée. Dose modifiable selon le stade de développement et les températures.	Sans	
Fénoxaprop-P éthyl + méfenpyr diéthyl	69 + 18,75 g/ha Rugir	Aventis							0,6 à 1,2 l ou 0,6 à 1,1 l (+huile)					1 F à 2 noués et au-delà.	Systémique foliaire.	(2) : agrostide, folle avoine, pâturin commun, vulpin.	(2) : pâturin annuel, ray-grass.	Dose modifiable selon le stade de développement et les températures. S'utilise en association avec un antimicrobien de post-levée. Dose modifiable selon le stade de développement et les températures.	Sans	
Fénoxaprop-P éthyl + méfenpyr diéthyl	83 + 22,5 g/ha Energy Puma / Duke	Aventis							0,8 à 1,2 l ou 0,6 à 1,1 l (+huile)					1 F à 2 noués et au-delà.	Systémique foliaire.	(2) : agrostide, folle avoine, pâturin commun, vulpin.	(2) : pâturin annuel, ray-grass.	Formulation EC (concentré émulsionnable)	Xi	

Matières actives	Noms commerciaux	Firmes	Céréales d'hiver						Stade d'utilisation	Mode d'action	Efficacité sur les adventices (d'après l'ITCF) (b)			Classification	
			Blé tendre	Blé dur	Orge	Avoine	Seigle	Triticale			Dose /ha	Satisfaisante	Moyenne		Insuffisante
Fenoxprop-P-éthyl + méfenpyr-dithiyl + diclofop méthyl	DuPont Aventis Opimagro Zeus Baghera		•	•	•	•	•	•	•	Postlevés c.v. : Blé : 2,5 à 2 N. Orge : 2 N. 2 F : avant le début des adventices	Systémique. Foliaire. Effet antigerminatif sur ray-grass.	Plaque (2) : pâturin annuel, ray-grass, pâturin commun, agrostide, huet.	Plaque (2) : pâturin annuel.	Autorisés sur orge, v compris orge de brasserie. Emissions acquiescées sans classement toxicologique. Autonomie à sortie hiver. Adventices 2 F à début de récolte : 1,75, ou 1,25/ha.	Sans Sans
Diclofop-méthyl	360 g/l Illoxan CE	Aventis Opimagro	•	•	•	•	•	•	•	Bis : 3 F à 2 N. Orge : 2,3 F à fin-taille.	Systémique. Foliaire. Effet antigerminatif sur ray-grass.	Développées (4) : ray-grass.	(2) à (4) : agrostide, pâturins, ray-grass. (3) moyennement développée à développement (4) : vulpin.	Autonomie : 1,25 (ou 1,1 + huile) sur ray-grass jusqu'à début de récolte. 1,25 (ou 1,25 + huile) sur ray-grass et 2,1 à 2,5 (ou 1,5 + huile) sur ray-grass et folle avoine. Traiter part* douces et forte hygrométrie (70%).	Xn
Fampropr-isopropyl isomère	150 g/l Carbutache	BASF Agro	•	•	•	•	•	•	•	Epi 1 cm à 2 N. Céréales de printemps : 1 N.	Systémique. Foliaire.	Développées (4) : folle avoine.	Développées (4) : vulpin, agrostide, pâturins, ray-grass.	Mélange avec fongicides safi (sulfate), herbiocides prélevés (MCPA et fluroxypyr), régulateurs : uniquement CCC.	Xi
Avant Récolte															
Diquat	200 g/l Reglone 2	Syngenta	•	•	•	•	•	•	•	Sur céréales vertes 4 à 7 jours avant la récolte. Emission en eau des grains < 70%.	Contact. Foliaire.	Tous les mauvaises herbes encore vertes au moment du traitement. Surtout matricaire, gaillet, liseron, chardon.		Ajouter Agral 90 à 0,1%. Sans résidu actif dans le sol et sans action sur le pouvoir germinatif des semences. Facile à récolter, des céréales versées et réduit le taux d'humidité des adventices encore présentes.	T
Glyphosate	360 g/l Cetamaran 360 g/l Charlestin 360 g/l Clinic	Flexagri Charlevoix Nufarm SA	•	•	•	•	•	•	•	Grain à moins de 25 % d'humidité (stade pâteux dur)	Systémique. Foliaire. Destruction des racines et des rhizomes.	Adventices annuelles présentes et vivaces : chardon, chardon, rumex, liseron, avoine à chapelot, gesso.		Déjà de 7 jours traitement et récolte. Délai de travail de 7 jours avant la récolte. Ne pas utiliser en production de semences. 200 l/ha de bouillie. Traiter en conditions poussiéreuses.	sans sans Xn sans
Glyphosate + surfactant	360 g/l Figaro 360 g/l Roundup 240 g/l Bopdy	Flexagri Monsanto Sipcam-Phyteurop	•	•	•	•	•	•	•	Grain à moins de 25 % d'humidité (stade pâteux dur)	Systémique. Foliaire. Destruction des racines et des rhizomes.	Adventices annuelles présentes et vivaces : chardon, chardon, rumex, liseron, avoine à chapelot, gesso.		Ne pas utiliser en production de semences. Délai de 7 jours avant la récolte. Délai de travail de 7 jours avant la récolte. Ne pas réaliser en production de semences. 200 l/ha de bouillie. Traiter en conditions poussiéreuses.	Xn Xi
Glyphosate + bioactifs	360 g/l 360 g/l Roundup Bio-force 360 g/l 42 % force Expert Roundup Star Roundup Gb-force	Monsanto Monsanto Monsanto Monsanto Monsanto	•	•	•	•	•	•	•	Grain à moins de 25 % d'humidité (stade pâteux dur)	Systémique. Foliaire. Destruction des racines et des rhizomes.	Adventices annuelles présentes et vivaces : chardon, chardon, rumex, liseron, avoine à chapelot, gesso.		Ne pas utiliser en production de semences. Délai de 7 jours avant la récolte. Délai de travail de 7 jours avant la récolte. Ne pas réaliser en production de semences. 200 l/ha de bouillie. Traiter en conditions poussiéreuses.	sans
Sulfosate	480 g/l Duragan 240 g/l Touchdown Plus 480 g/l Touchdown 480	Syngenta Syngenta Syngenta	•	•	•	•	•	•	•	Grain à moins de 30 % d'humidité Grain à moins de 30 % d'humidité.	Systémique. Foliaire. Destruction des racines et des rhizomes.	Cherdent.	Cherdent.	Duragan s'utilise avec un surfactant (Oura S à 1 l/ha). Duragan s'utilise avec un surfactant (Oura S à 1 l/ha).	Xn Xn Xn

Ce tableau présente les principaux herbicides sur céréales d'hiver. Pour toute information complémentaire, l'utilisateur devra, avant de faire son choix, contacter les techniciens ou les distributeurs de sa région. Pour les herbicides de prélevée, l'efficacité est essentiellement liée au sol. Il s'agit de produits racinaires, d'autant plus efficaces que le sol est léger. Il est préférable d'enfermer les sols trop légers et sableux. A l'inverse, sur le sol très argileux ou humifère, ces produits peuvent manquer d'efficacité. Le semis doit être effectué à une profondeur régulière (2 à 3 cm) et les graines doivent être recouvertes. Traiter sur un sol finement préparé sans grosses mottes et sans débris végétaux. Ne pas travailler dans les zones humides. Comment lire le tableau : F = feuille ; N = neud ; T = température ; * = ne pas utiliser sur avoine nude. Remarques : retournée liseron et renouée des oiseaux. Pâturins : pâturin annuel et pâturin commun.

(b) Non incluses les produits phytosanitaires sont données en fonction du stade de la culture et des adventices (source ITCF, sauf (cf: firme)).

Produits de prélevée ou postlevée (1) : Niveau d'efficacité à la fois en prélevée et en postlevée.

Dans le cas de la postlevée, les efficacités sont données pour les stades 2 à 4 feuilles pour les dicouylédones et début à plein tallage pour les graminées.

Produits de postlevée (2) Efficacité donnée pour les stades début tallage à début montaison dans le cas des graminées et début montaison et début tallage et dicouylédones dans le cas des dicouylédones.

(3) Niveau d'efficacité uniquement sur adventices moyennement développées, soit graminées = début à plein tallage et dicouylédones = 5-6 feuilles à développées.

(4) Niveau d'efficacité uniquement sur les adventices développées, soit graminées = tallage à début montaison et dicouylédones = 5-6 feuilles à développées.

TROISIÈME CHAPITRE : LE MAÏS

Les spécificités de l'écophysiologie et de la culture du maïs par rapport à celles des autres céréales majeures en France justifient qu'un chapitre à part lui soit consacré.

A - CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA PRODUCTION

1. Utilisation

Le maïs peut être utilisé comme une céréale, dont on récolte seulement le grain à destination de **l'alimentation pour le bétail** (70% du tonnage produit en Europe), mais aussi pour les **industries de l'amidon**⁸ (20% du tonnage), la **semoulerie** (8% du tonnage), et de manière plus marginale, pour la production de **carburant**. Il peut également être cultivé comme un **fourrage (maïs ensilage)** : c'est la plante entière qui est alors récoltée avant maturité. Dans ce dernier cas le maïs est très fréquemment haché finement et **ensilé**.

À côté de ces utilisations majoritaires, il existe des variétés répondant à des demandes particulières. Sur le marché du maïs grain, la notion de qualité est de plus en plus importante. Le marché du maïs est segmenté et les semenciers diversifient leur gamme de variétés afin de se positionner sur des marchés de niche. Le **tableau 16** présente les surfaces (encore faibles) occupées par ces "maïs spéciaux", essentiellement dans le Sud-Ouest.

Tableau 16 : Différents types de maïs-grain

Maïs waxy Amidon constitué exclusivement d'amylopectine Utilisé dans les sauces ou l'industrie du papier, du textile et des adhésifs	30 000 ha
Maïs doux Utilisé en alimentation humaine en frais ou en conserve	26 200 ha (1998)
Maïs blanc Grains dentés, absence de pigmentation Utilisé pour le gavage des volailles, dans la semoulerie et dans les industries papier et pharmaceutiques	5 000 ha
Maïs vitreux Utilisé en brasserie et semoulerie	5 000 ha
Maïs pop-corn Petits grains très vitreux	3 000 ha

2. Évolution des surfaces, productions, rendements

Le maïs est la **seconde céréale française** après le blé. En 2000, 1,76 millions d'hectares étaient cultivés pour le grain et 1,4 pour le fourrage. Avec une moyenne de 87 q/ha pour le grain, les rendements sont équivalents à ceux obtenus aux USA. La France, avec environ 16 millions de tonnes produites en 1999, reste le premier producteur de maïs grain de l'union européenne, devant l'Italie (environ 10,6 millions de tonnes) et l'Espagne (**Figure 22**). L'Europe à 15, avec une production de près de 36 millions de tonnes, reste cependant très loin des gros producteurs à l'échelle mondiale : les Etats-Unis (plus de 240 millions de tonnes en 1999) et la Chine (128 millions de tonnes en 1999).

⁸ *Le maïs et le blé sont concurrents sur le marché de l'amidon; le maïs présente un risque de contamination des semences non-OGM par des semences OGM (problèmes de traçabilité) mais peut devenir plus avantageux que le blé si la protection communautaire de cette culture diminue.*

Plante d'origine tropicale, le maïs n'intéressait lors de son introduction que les régions méridionales de la France. Après avoir régressé de la fin du 19ème siècle (600.000 ha) à la deuxième guerre mondiale (250.000 ha), le maïs a pris un **essor considérable** après 1945, à la suite de la création par l'INRA de variétés **hybrides précoces** qui se sont développées dans le Nord de la France et de l'Europe (Figure 22). A partir de 1974, une succession d'années défavorables (attaques de pyrale) et un ralentissement du progrès variétal ont rapidement freiné le rythme d'accroissement des surfaces.

Les rendements potentiels du maïs récolté en grain se sont accrus d'au moins 30% en 30 ans. Cette avancée repose à la fois sur le progrès génétique et sur des pratiques culturales nouvelles et largement vulgarisées : accroissement des densités de peuplement, protection des cultures, développement de l'irrigation (plus de 850.000 ha irrigués en 2000). Des différences régionales importantes subsistent cependant.

Les surfaces consacrées à la récolte de la plante entière pour l'ensilage atteignent près de 1,4 million d'hectares en 1999. Après une forte augmentation entre 1970 et 1990 (surfaces multipliées par 5) liée à l'intensification de l'élevage bovin, les surfaces en maïs ensilage sont en légère régression au profit de l'herbe.

3. Répartition de la production sur le territoire

Les surfaces en **maïs grain** sont situées dans les **bassins céréaliers**, à parité entre le sud-ouest et l'ensemble centre/grand bassin parisien. On en trouve également en Alsace et dans le couloir rhodanien. Le **maïs ensilage** est cultivé essentiellement dans les régions d'élevage bovin, surtout dans l'**ouest** (Figure 23), mais également maintenant dans le nord, l'est, et le sud-ouest.

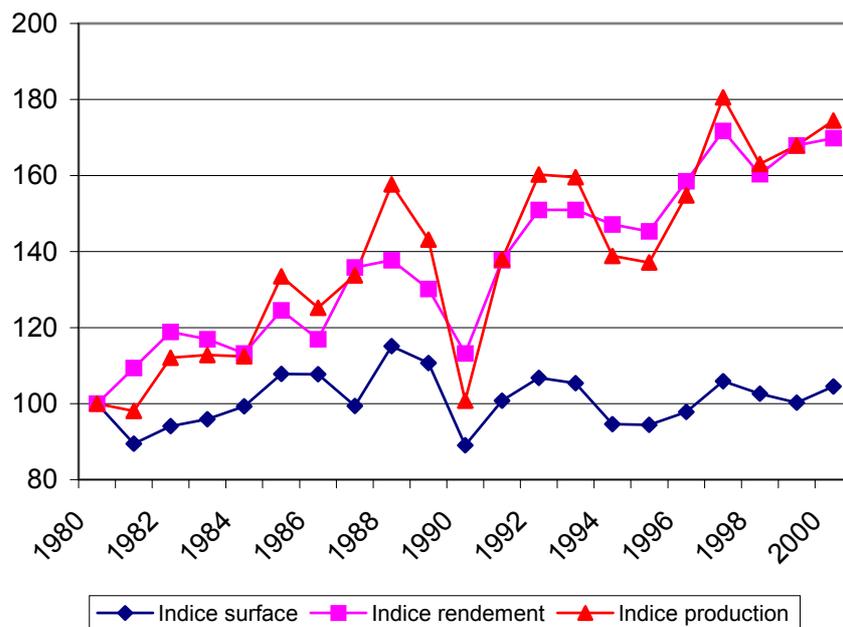


Figure 22 : Superficie, rendement, production de maïs en France, indice 100 = 1.754 millions d'ha, 53q/ha, 9.3 millions de tonnes (données Agreste)

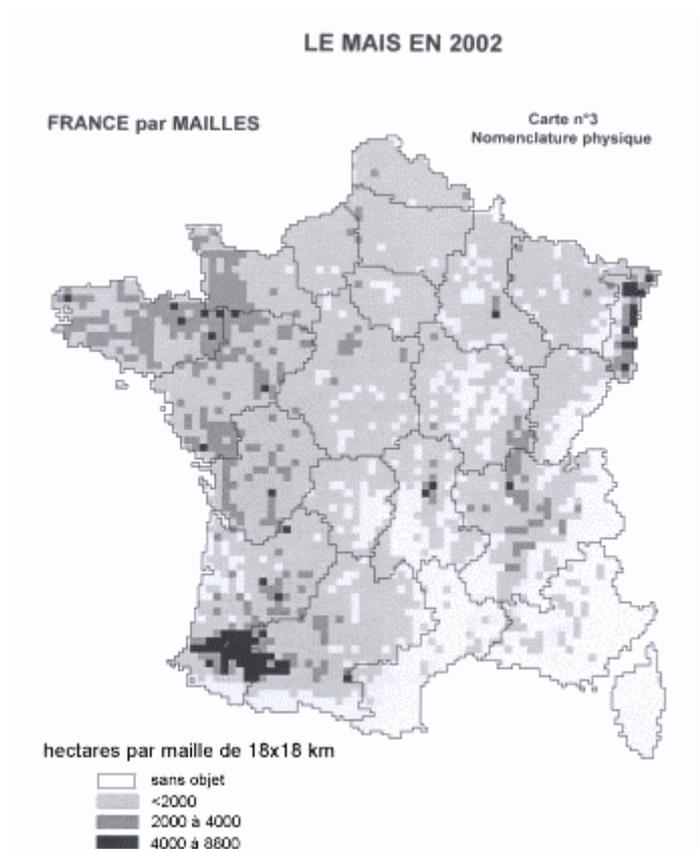


Figure 23 : Répartition des surfaces en maïs sur le territoire en 2002 (Agreste 2003)

B - BOTANIQUE ET ÉCOPHYSIOLOGIE

1. Le cycle de la plante

Le cycle se divise en plusieurs étapes : la germination, la levée, la formation des organes végétatifs, la formation des organes reproducteurs, la fécondation, le remplissage et la maturation des grains.

La germination et la levée

La germination marque le passage d'une vie ralentie (conservation de l'espèce) à une vie active (reproduction). Extérieurement, la germination se traduit par un gonflement et un ramollissement du grain. Elle se termine quand la radicule perce l'enveloppe du grain. Sa durée peut varier de deux jours à plus d'une semaine selon les conditions de milieu.

La germination est suivie par la levée. Une plante est levée lorsque son coléoptile est visible à la surface du sol. Dans une parcelle, ce stade est atteint quand le coléoptile de 50% des plantes est visible. Entre la germination et la levée s'effectuent la mise en place du système racinaire séminal, la formation du mésocotyle et du plateau de tallage et l'élongation du coléoptile.

Les **racines séminales** se mettent en place très tôt. Dès que la radicule a percé les enveloppes du grain, elle plonge dans le sol et peut atteindre plusieurs dizaines de centimètres en quelques jours. Avec un léger décalage par rapport à la radicule, les autres racines séminales, au nombre de 3 ou 4, partent du nœud scutellaire. Elles aussi plongent rapidement dans le sol. La vitesse d'installation de ces racines dépend des conditions du milieu (température, humidité, type de sol).

Le **mésocotyle** résulte de l'allongement du premier entre-nœud compris entre le nœud scutellaire et le premier nœud de la tigelle. Sa croissance débute quelques heures seulement après l'apparition de la radicule qui permet le percement du péricarpe du grain par le coléoptile.

Au-dessus du plateau de tallage le coléoptile, qui joue un rôle de protection mécanique vis-à-vis des feuilles qu'il contient, croît jusqu'à la surface du sol. Arrivé à ce niveau où son développement est inhibé par la lumière, il se déchire et libère la première feuille. Peu après la levée, une première couronne de racines apparaît juste au-dessus du nœud qui forme le plateau de tallage.

La formation de la tige, des feuilles et des racines

En même temps que le coléoptile, les 4 ou 5 feuilles qui existaient dans l'embryon se sont allongées, elles sont enroulées les unes dans les autres, la première étant à l'extérieur. Le bourgeon terminal est quant à lui situé au centre, à la base de ce cylindre. Sitôt la levée, la première feuille, qui se caractérise par son extrémité arrondie, se déroule et laisse apparaître la seconde, puis la troisième qui forment le **cornet**. Ces dernières se déploient rapidement pour donner une plante au stade "**3-4 feuilles**" qui marque souvent une pause dans le développement des parties aériennes.

Simultanément, au niveau du plateau de tallage, les couronnes de racines se mettent en place et ce, juste avant la floraison. Elles sont empilées les unes au-dessus des autres et toutes insérées juste au-dessus d'un nœud (Figure 24). Le système racinaire séminal alimente la plante jusqu'au stade

"5-6 feuilles", en complémentarité avec les réserves de la semence. Ensuite, progressivement, il cesse de devenir fonctionnel et les racines coronaires prennent le relais.

L'ensemble de l'appareil végétatif aérien (tige et feuilles) est initié par le bourgeon terminal. Cette phase du développement de la plante se termine lorsque 6 à 10 feuilles sont visibles à l'extérieur. Le maïs mesure alors de 20 à 40 cm, selon les variétés et les conditions de croissance. Le temps écoulé depuis le semis dépend de la précocité des variétés et des conditions climatiques et peut varier de 2 à 8 semaines. Au plan pratique, on peut repérer la fin de l'initiation des organes végétatifs en comptant le nombre de feuilles apparentes sur les plantes. En effet, des expérimentations récentes ont montré qu'elle intervenait lorsque 50% de celles-ci étaient visibles.

A la fin de la phase de formation des organes végétatifs, le bourgeon terminal est encore, le plus souvent, situé juste à la surface du sol. La croissance de la tige n'a pas encore commencé. Elle intervient ultérieurement et prend une allure explosive dans les jours qui précèdent la floraison.

La formation de la panicule, des épis et des talles

* La **panicule** est initiée à l'extrémité de la tige par le bourgeon terminal après la dernière feuille. Le méristème apical perd sa forme arrondie, s'allonge et se ramifie. Le nombre de brins qui composera la panicule est déterminé dès ce stade. Sur ces ramifications et sur l'axe principal de la panicule apparaissent ensuite des ébauches qui se divisent en deux pour former les épillets, toujours réunis par paire. Chaque *primordium* se divise ensuite pour donner les glumes, les glumelles et les fleurs (Figure 24).

Alors que la phase d'initiation des organes végétatifs a une durée très variable, celle qui correspond à la formation de la panicule se déroule en un laps de temps beaucoup plus constant (de l'ordre de 6 semaines).

* Les **talles** et les **épis** : pendant la phase végétative, le bourgeon terminal forme, en plus des entre-nœuds, des nœuds et des feuilles, tous les bourgeons axillaires. Ces derniers, selon leur position sur la plante, connaissent des évolutions différentes.

Ceux situés à la base de la tige lorsqu'ils se développent donnent les talles. Les mécanismes biochimiques qui en provoquent le départ interviennent très tôt. Leur origine peut être soit génétique, soit physiologique, soit parasitaire. Ainsi, certaines variétés ont tendance à taller, d'autre pas. Les causes physiologiques sont mal connues. Le tallage du maïs, comme celui des autres graminées, correspond à un mécanisme de régulation du rendement qui adapte la plante à sa capacité de production. Le **tallage est cependant très limité** (rarement plus d'une talle sauf en maïs doux).

Les bourgeons axillaires associés aux feuilles du milieu de la tige évoluent pour donner les épis. Potentiellement, sur chaque pied de maïs, ils sont au nombre de 4 ou 5. Toutefois, en conditions normales de culture, **un seul** va au terme de son évolution, les autres dégénèrent. Dès leur formation, antérieure à celle de la panicule, les bourgeons axillaires évoluent et initient une tige (le pédoncule), des feuilles (les spathes), des bourgeons secondaires.

Sur un épi de maïs, toutes les fleurs ne sont pas au même stade en même temps. Les fleurs de la base sont les plus âgées et celles de la pointe les plus jeunes et les plus fragiles.

La floraison et la fécondation

* La **floraison mâle** : au niveau d'une panicule, la floraison correspond au moment où les premières fleurs libèrent du pollen. Dans une parcelle, la floraison mâle est atteinte quand 50% des plantes sont à ce stade. Les fleurs à la base du tiers supérieur de l'axe principal de la panicule sont les premières à fleurir. La floraison progresse ensuite vers les extrémités et démarre sur les ramifications latérales.

Les deux fleurs d'un même épillet libèrent leur pollen à 3 ou 4 jours d'intervalle. La floraison mâle sur une panicule s'étale sur 8 à 10 jours, mais cette durée peut varier selon la variété et les conditions de milieu. Le pollen est enfermé dans les sacs polliniques eux-mêmes enveloppés par les glumelles et par les glumes. Sa libération nécessite l'élongation des filets, l'ouverture des glumes et la déchirure des sacs polliniques, ces trois mécanismes intervenant en quelques minutes.

* La **floraison femelle** est atteinte, sur une plante, quand les premières soies sont visibles à l'extérieur des spathes. Dans une parcelle ce même stade est acquis quand la moitié des plantes ont fleuri. Toutes les soies ne sortent pas en même temps. Les premières correspondent aux grains de la base. Le premier jour un tiers seulement d'entre elles se dégagent des spathes. Au-delà d'une semaine à 10 jours, quand la fécondation n'a pas eu lieu, l'ovule dégénère et la soie n'est plus fonctionnelle.

La première division cellulaire de l'œuf vrai a lieu 10 à 12 heures après la fécondation. Au bout de 9 à 12 jours, on peut distinguer l'axe embryonnaire et le *scutellum*. Trois semaines après la fécondation, l'embryon est complet bien que sa croissance ne soit pas terminée. Dès lors, il ne peut plus avorter et si les éléments nutritifs nécessaires lui sont fournis, il peut donner naissance à une nouvelle plante.

La première des divisions cellulaires de l'œuf à l'albumen a lieu 2 à 4 heures après la fécondation. Elles se poursuivent pendant trois semaines environ. Au bout de ce temps, le nombre de cellules n'augmente plus et le grain qui contient encore plus de 90% d'eau a atteint son volume définitif.

Le remplissage et la maturation du grain

La phase de remplissage des grains correspond à l'accumulation dans ceux-ci des produits issus de la photosynthèse qui, provisoirement, s'étaient auparavant accumulés dans la tige, les racines, la rafle. Au cours de son remplissage, le grain passe par différents stades :

- Le **stade laiteux** : le grain a atteint sa forme et ses dimensions définitives. Il est de couleur jaune pâle et son contenu est laiteux.
- Le **stade pâteux** : le grain est jaune pâle, il s'écrase facilement, son humidité est comprise entre 50 et 60%. La teneur en matière sèche de la plante est alors voisine de 25%, les feuilles et les spathes sont vertes.

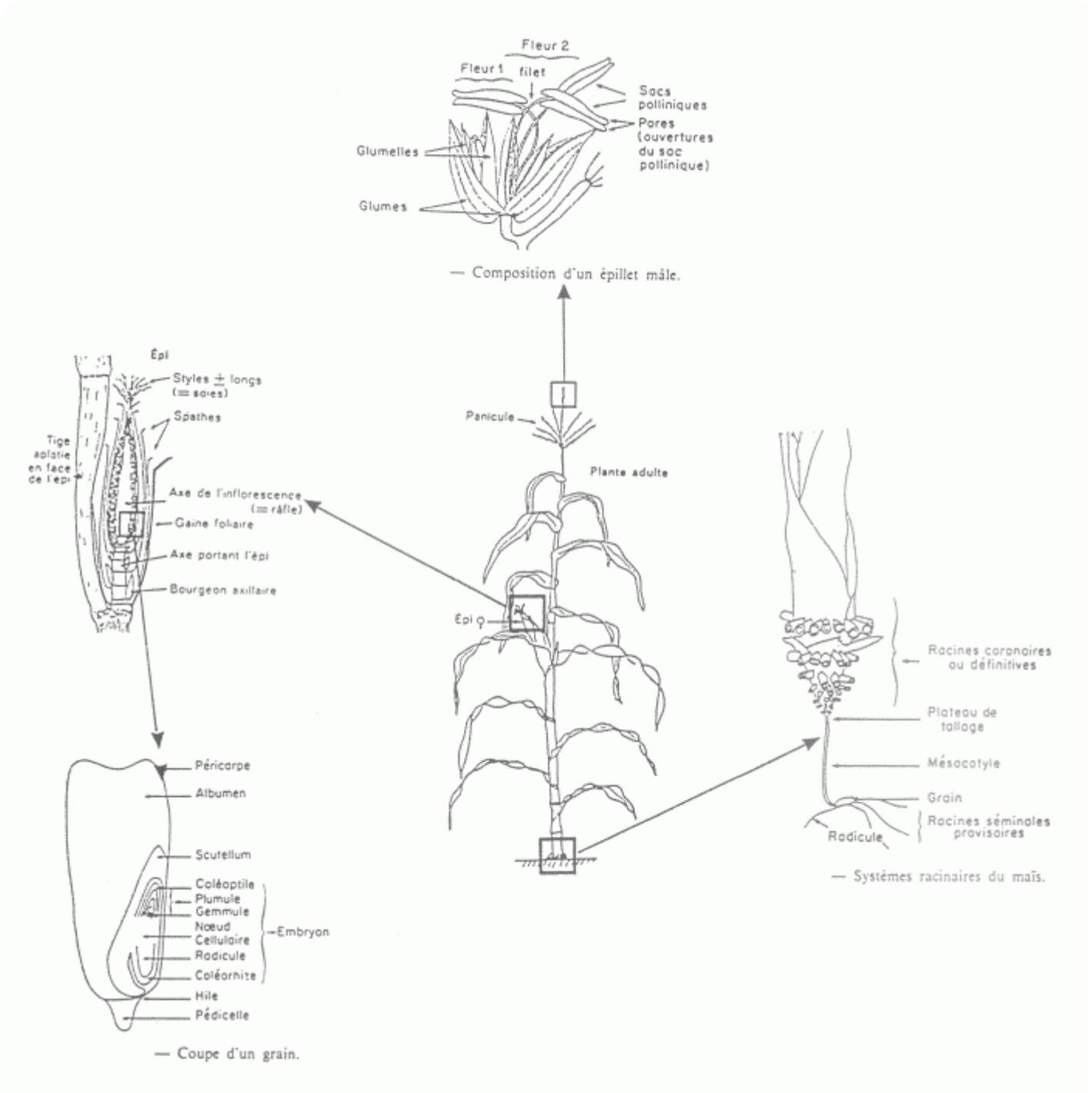


Figure 24 : Caractères morphologiques du maïs (Moule 1980)

- Le **stade pâteux-dur** : le grain est jaune, il commence à durcir, il se raye encore à l'ongle, son humidité est comprise entre 45 et 50%. La teneur en matière sèche de la plante entière est de 30% environ, les feuilles de la base et les spathes commencent à se dessécher.

- Le **stade vitreux** : le grain est dur, il ne se raye plus à l'ongle, son humidité est inférieure à 40%. La teneur en matière sèche de la plante entière est supérieure à 35%, les feuilles au-dessous de l'épi et les spathes sont sèches.

- La **maturité complète** : le grain a une humidité inférieure à 35%, la teneur en matière sèche de la plante est supérieure à 45%. La plante est entièrement sèche.

Ces stades ne sont que des repères indicatifs. Les humidités correspondantes varient avec les conditions climatiques et le type de variété, en fonction de l'équilibre qui se crée entre les quantités d'eau qui arrivent à la base du grain, celles qui partent par sa périphérie et les quantités de matière sèche qui s'accumulent. Si l'on considère que la maturité du grain de maïs est atteinte lorsque cessent les migrations, elle peut être atteinte à des niveaux de remplissage et d'humidité très variables. Même si le cycle végétatif arrive à son terme normal sans incident et que le poids maximal de 1000 grains soit obtenu pour une variété donnée, l'humidité du grain mûr peut varier de 30 à 38% d'eau selon le lieu ou l'année. Quand la maturité résulte d'un accident physiologique (gelée ou pourriture de la tige par exemple), le remplissage du grain peut être incomplet et son humidité très élevée.

Lorsque les migrations sont terminées, les cellules de la plaque nourricière meurent. En conditions chaudes, les composés qu'elles renferment s'oxydent et brunissent pour former le point noir qui n'apparaît pas si le climat est froid et humide. En pratique, lorsque le point noir est présent, les grains qui ont atteint leur poids maximum peuvent encore se dessécher : lorsqu'il est absent, il est impossible de se prononcer sur leur état de maturité.

2. Facteurs et conditions de la croissance et du développement

Exigences thermiques

Plante d'origine tropicale, le maïs est très exigeant vis-à-vis des températures. Dès la germination, les exigences thermiques sont supérieures à celles des céréales à paille : si la température du sol est inférieure à 6°C, le maïs ne germe pas; entre 6 et 10°C, la germination est très lente. Pour la phase « semis-levée », il faut environ 80° jour, cette durée étant constante entre les variétés. La levée exige une température moyenne du sol élevée, supérieure à 10°C. Enfin, pour la réalisation des différents stades du cycle, les besoins en somme de températures dépendent des variétés (**Tableau 17**). On définit 7 groupes de variétés de "très précoce" à "très tardive"⁹, suivant la durée de leur cycle exprimée en sommes de températures. Les variétés les plus tardives sont cultivées dans le Sud de la France; plus on monte vers le Nord, plus on choisit des variétés précoces à cycle court.

⁹ Le groupe "1/2 précoce" est subdivisé en deux sous-groupes, "corné-denté" et "denté".

En cours de culture, le maïs est très sensible aux gelées de printemps qui entraînent des dégâts foliaires, ainsi qu'aux gelées précoces en automne qui peuvent avoir un effet sur le rendement si le grain n'a pas accumulé toutes ses réserves : les températures inférieures à 2°C sous abri bloquent la migration des assimilats vers les grains.

Enfin, les températures très élevées (> 35°C), ou de forts écarts jour/nuit peuvent causer des dégâts sur les feuilles ou tuer le pollen et dessécher les stigmates entraînant une chute du taux de fécondité.

D'une façon générale, le facteur **température** définira, aux niveaux spécifique et variétal, **l'aire de culture du maïs**. Il guide le choix du groupe de précocité et celui de la date de semis qui se situe, pour la majorité des régions françaises, entre le 20/04 et le 10/05.

Exigences en eau

Le maïs est très exigeant en eau. Au total et lorsque l'eau est le seul facteur limitant, il faut environ 500 litres d'eau pour produire un kilo de grains, ou 350 litres pour produire un kilo de matière sèche, soit 4000m³/ha pour une récolte de 80 q/ha ou 12 tonnes de matière sèche.

Cependant, outre la quantité totale d'eau à apporter, il importe de tenir compte de la **période des apports**. En effet, un stress hydrique n'aura pas le même effet sur le rendement final suivant la période du cycle à laquelle il intervient (notion de "*période critique*", **Figure 26**). Ainsi, un manque d'eau sévissant au cours des 15 jours qui précèdent la floraison mâle entraîne une réduction du rendement qui peut être supérieure à 50%. Après la floraison mâle, l'action du stress demeure importante jusqu'à la fin du stade "*grain laiteux*". Elle s'atténue rapidement si la sécheresse intervient avant la différenciation des fleurs femelles ou au stade "*grain pâteux*" (chute de rendement de l'ordre de 10%).

Dans la grande majorité des régions françaises de culture de maïs (Sud-Ouest en particulier), il manque très souvent **plus de 100 mm de pluie en juillet-août** pour que l'eau cesse d'être facteur limitant des rendements. Les régions françaises les plus sensibles à un déficit hydrique élevé sont :

- dans le Sud-Ouest : Lot-et-Garonne, Haute-Garonne, Tarn, Gironde ;
- dans le Centre et le Centre-Est et Centre-Ouest : Région Poitou-Charente + Vendée, Vienne, Indre-et-Loire, Indre, Loir-et-Cher, Loiret, Cher, Allier, Yonne, Côte D'Or.

Ceci montre qu'un apport rationnel d'eau par irrigation est capital. En conclusion, si la température définit l'aire de culture possible du maïs, **l'eau** définit essentiellement, pour chaque région et chaque variété, **le potentiel de production**.

Figure 25 : Le cycle du maïs

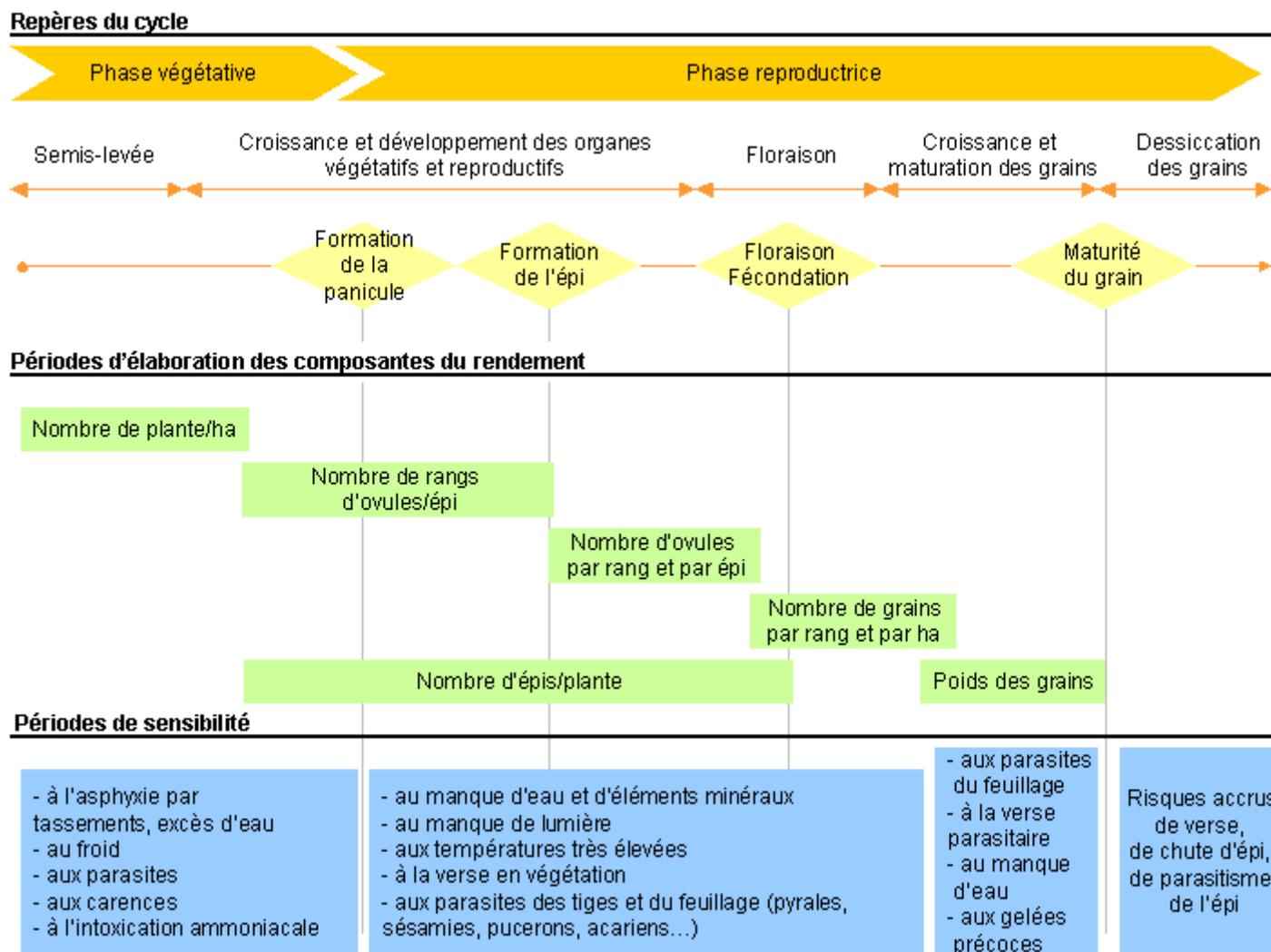


Tableau 17 : Besoins en températures du maïs pour atteindre différents stades

Groupe de précocité (INRA-GEVES)	Indice	Sommes de températures moyennes journalières au-dessus du seuil de 6°C			
		du semis à la floraison femelle	de la floraison femelle à une teneur en eau du grain de :		
			48% (soit 30% de MS en ensilage)	38%	32%
Très précoce	<210	800	500	665	815
Précoce	220-280	810-845	520-550	700-735	850-925
1/2-précoce corné denté et denté	290-380	845-890	540-610	750-780	875-930
1/2-tardif	390-450	du semis à 48% d'eau : 1540		-	du semis à 32% : 1870
Tardif	460-610	990-1050	560-620	755	950
Très tardif	620-700	1100	595-640	815-850	-

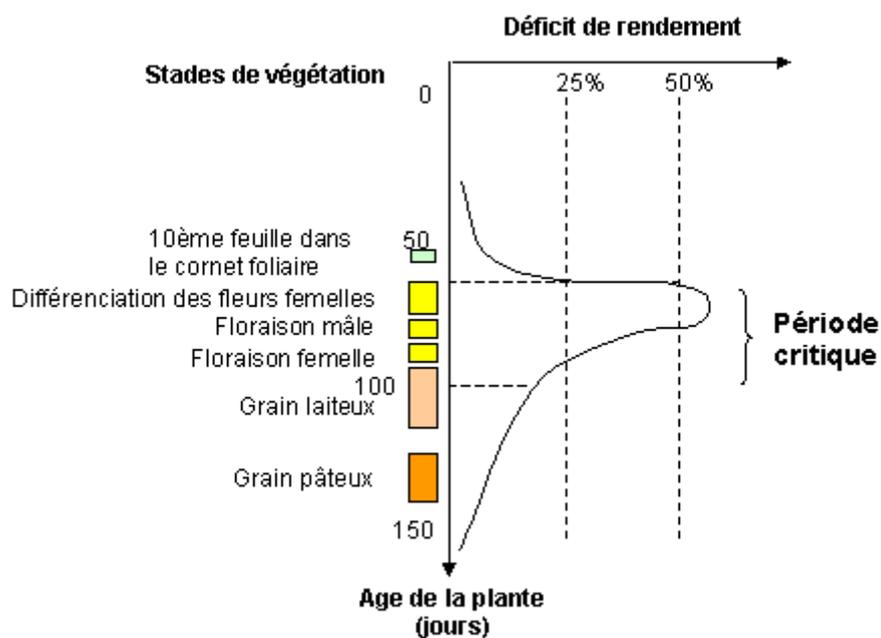


Figure 26 : Mise en évidence d'une période critique de sensibilité à la sécheresse chez le maïs (Moule 1980)

Éléments minéraux

La majorité des éléments minéraux est prélevée durant une période de 5 semaines allant de 10 jours avant l'apparition des panicules mâles à 25-30 jours après. Pendant cette période critique, la plante prélève :

- **70 à 75% de l'azote** nécessaire. Du 1/07 au 15/08, un maïs absorbe près de 2,5 kg d'azote par hectare et par jour. Le maïs a donc un besoin impérieux d'azote à la veille de la floraison pour assurer l'élaboration de son épi.

- **60 à 70% de l'acide phosphorique** nécessaire. A partir de la pollinisation, la moitié du phosphore réparti dans tous les organes sera mobilisée au profit des grains.

- **55 à 60% de la potasse**. L'absorption de la potasse est plus rapide que celle des autres éléments : des besoins importants se manifestent un mois après la levée. La totalité de la potasse est absorbée 3 semaines après la floraison. Au moment où l'absorption est maximale, le prélèvement journalier pourrait atteindre et dépasser 8 kg/ha.

C - CONDUITE DE LA CULTURE

1. Place dans les systèmes de culture et choix variétal

Le maïs est certainement une des cultures présente dans les successions de culture les moins **diversifiées**. Contrairement à beaucoup d'autres, elle supporte en effet relativement bien des fréquences de retour élevées sur la même parcelle. Ainsi, on trouve assez souvent des « **monocultures** » de maïs, c'est-à-dire la répétition du maïs plusieurs années de suite sur la même parcelle, et ce, soit dans des régions de production de maïs-grain où sa rentabilité dans des systèmes irrigués est forte par rapport aux autres cultures (dans les Landes par exemple), soit dans des régions d'élevage bovin intensif où les besoins en fourrage grossier par exploitation sont importants, soit encore dans des régions de polyculture où il sert à valoriser des sols aux potentialités médiocres où nombre de cultures plus exigeantes sont impossibles. Par ailleurs, lorsque les rapports de prix lui sont favorables, il est intégré dans les successions variées des grandes plaines céréalières du centre et du Bassin Parisien.

Actuellement les 860 variétés de maïs cultivées en France sont des **hybrides**¹⁰. Par rapport aux populations à pollinisation libre¹¹, les hybrides sont plus homogènes et, grâce à l'effet d'hétérosis (Cf. Cours de Génétique) beaucoup plus productifs (potentiel de rendement de l'ordre de 200 q/ha). Les variétés cultivées sont des hybrides 3 voies (croisement d'un hybride simple et d'une lignée) ou des hybrides simples (croisement de 2 lignées).

¹⁰ se reporter au numéro spécial maïs de Semences et Progrès (nov. 2002) pour des détails sur chaque variété

¹¹ Bien que autofertile, le maïs a une fécondation allogame car les grains de pollen sont mûrs avant les ovules (floraison protandre) ; le taux de fécondation croisée est d'au moins 95%.

Bien que 15 variétés OGM de maïs soient inscrites au catalogue français jusqu'en 2008, les surfaces françaises en maïs OGM sont inférieures à 10 ha, dont 6,6 ha en multiplication de semences. Cette technologie reste bloquée en France, alors que l'Europe importe du maïs OGM en provenance des USA ou d'Amérique du Sud. Dans le contexte d'interdiction de l'atrazine, les maïs OGM résistants au Roundup ou au Basta offrent une alternative pour le désherbage. De même, les variétés OGM peuvent constituer un moyen de lutte contre la pyrale et les sésamies. Cependant, avant d'envisager leur usage, des recherches sont nécessaires pour établir leur innocuité à l'égard de l'environnement et de la santé humaine. En 2001, une variété non-OGM résistante à un herbicide (Stratos de BASF) a été mise sur le marché ; elle occupait 20.000 ha en 2002.

La **précocité** est le critère primordial du choix de la variété. Plus une variété est tardive, plus son potentiel de rendement est élevé (durée plus longue de la photosynthèse). Notons cependant que le choix de variétés précoces dans des régions où la culture de variétés plus tardives serait possible peut se justifier par des raisons d'organisation du travail : étalement des récoltes ou nécessité de libérer des parcelles assez tôt pour la culture suivante.

Les autres critères de choix de variétés (et les efforts des sélectionneurs) portent sur **la productivité moyenne, la régularité de productivité, la sensibilité à la verse et à la sécheresse, la vigueur au départ** (aptitude des jeunes plantes à résister aux conditions froides de printemps) **et la sensibilité aux maladies et aux ravageurs.**

Toutes les variétés peuvent se récolter indifféremment en ensilage ou en grain. Toutefois les dates de récolte et les objectifs de production étant différents, la destination du produit, si elle est certaine, devient un critère de choix variétal.

2. Implantation

Le semis est réalisé avec un semoir de précision, à une profondeur de 4 à 5 cm. La graine étant de grosse taille, les exigences quant à la finesse du lit de semences sont réduites. En ce qui concerne le **choix d'une densité de semis**, le maïs talle très peu et n'a donc qu'une faible capacité à compenser les densités de peuplement trop basses. De ce fait, la recherche d'une densité optimale et d'une bonne réussite de la levée est très importante. En fonction du groupe de précocité de la variété, des risques de pertes à la levée, et de l'objectif de rendement lié en particulier aux capacités d'irrigation, on vise en maïs grain une densité de 85.000 à 100.000 pieds/ha pour les hybrides très précoces et de 50.000 à 75.000 pieds/ha pour les plus tardifs. Toutes choses égales par ailleurs, on sème généralement à plus forte densité en maïs ensilage qu'en maïs grain ; mais l'irrigation du maïs grain augmente le rendement potentiel et conduit à augmenter la densité de semis qui peut atteindre ou dépasser celle d'un maïs ensilage non irrigué.

Dans le raisonnement du **choix d'une date de semis**, on recherche un semis le plus précoce possible, dès que la température et l'humidité du sol permettent d'espérer un bon déroulement de la phase germination-levée. En effet, un semis précoce présente un certain nombre d'avantages :

- meilleure valorisation du rayonnement, avec une installation du couvert foliaire rapide pour profiter des journées les plus longues au mois de juin ;
- limitation du risque de stress hydrique estival ;

- limitation du risque de mauvaises conditions météorologiques à la récolte ;
- assurance d'arriver à maturité en région limite du point de vue climatique.

En règle générale, quelle que soit la région, on doit être prêt à semer dès la **première quinzaine d'avril**.

3. Fertilisation

Les pratiques de fertilisation azotée du maïs ont beaucoup évolué au cours du début des années 90, sous la double motivation d'une diminution des coûts et d'un meilleur respect de l'environnement. Les conseils de fertilisation azotée sont actuellement basés sur l'emploi de la « méthode du bilan simplifié ». Celle-ci consiste à apporter l'azote en un seul apport, après avoir réalisé les étapes suivantes :

- estimation du rendement potentiel de la parcelle (R),
- estimation des besoins (b) en azote par unité produite (13 kg d'azote par tonne de matière sèche produite pour les maïs-ensilage à potentiel inférieur à 16 t/ha, 12 kg pour ceux dont le potentiel est supérieur à ce seuil; 2,3 et 2,1 kg/q pour le maïs-grain pour des objectifs de rendement respectivement inférieurs et supérieurs à 100q/ha),
- estimation des fournitures du sol (FS) (données par type de sol par des références régionales),
- estimation du coefficient apparent d'utilisation de l'azote (CAU) (estimé par parcelle par des références régionales).

La dose à apporter (D) est alors égale à : $D = (b \cdot R - FS) / CAU$

Bien que les estimations de FS et CAU soient encore imprécises, le recours à cette méthode a permis, dans les régions où elle est utilisée, de réaliser des progrès sensibles dans l'ajustement de la dose d'azote. Le recours à des méthodes de mesure instantanée des besoins de la plante (par dosage de la teneur en nitrates de la base de la tige) n'est pas encore techniquement au point sur le maïs, la mesure se faisant à des stades où l'intervention avec un tracteur n'est plus possible et la fertirrigation peu envisageable.

4. Protection phytosanitaire

a) Lutte contre les principales maladies

Le maïs est une espèce qui a l'avantage d'être peu touchée par les maladies et ne nécessite en général pas de protection fongicide en culture. Par ailleurs, il existe une bonne variabilité génétique dans la tolérance aux maladies, qui peut être valorisée par le producteur par le choix variétal en fonction des risques liés à la région dans laquelle il cultive.

*** Les fontes de semis**

Elles sont provoquées par différents champignons présents dans le sol ou à la surface des grains. Elles détruisent le jeune maïs au cours de la levée (nécrose brune). Les dégâts sont d'autant plus à redouter que les conditions d'implantation sont difficiles : froid, asphyxie, phytotoxicité. A partir de 20 à

30% de pieds manquants, il faut semer à nouveau. Pour lutter contre les fontes de semis, toutes les semences de maïs sont traitées à titre **préventif** avant d'être commercialisées. Pour l'agriculteur, la seule action efficace est l'application de techniques culturales favorisant l'implantation de la culture : éviter les semis trop profonds, trop précoces en sol froid, drainer...

* **Le charbon du maïs**

Il est provoqué par *Ustilago maydis* et peut attaquer tous les organes aériens de la plante. Il forme des tumeurs blanches qui éclatent à maturité libérant une poussière noire abondante (spores). Les dégâts sont proportionnels à la taille des tumeurs. Une petite tumeur n'a qu'une faible incidence sur la plante alors qu'une tumeur de la taille du poing la rend presque toujours stérile. Les spores de charbon sont véhiculées par le vent. Le champignon pénètre au niveau des blessures, sur des tissus jeunes. Ces blessures, souvent de taille microscopique, peuvent être provoquées par des insectes, des vents de sable, des applications de produits phytosanitaires. Le charbon se développe principalement lors d'étés chauds et secs. La lutte chimique peut se faire :

- indirectement, en luttant contre les insectes favorisant les attaques de charbon (oscinie),
- directement, par l'application de fongicides.

La lutte directe n'est justifiée que dans les productions de semences situées dans les zones à risque (Sud de la France); les meilleurs résultats sont obtenus en traitement préventif (Figure 27).

* **Le charbon des inflorescences**

Provoqué par *Sphacelotheca reiliana*, il est apparu en France en 1984, et s'est étendu géographiquement (Sud-Ouest, Centre-Ouest, nombreux foyers dans le Centre, en Alsace et en Bretagne). L'intensité des dégâts causés par cette maladie (inhibition du développement des grains sur l'épi) et la durée de viabilité des spores nécessitent de recourir à des variétés tolérantes en l'absence de protection. Dans le cas de variétés sensibles, il faut protéger la culture par un traitement du sol ou des semences. En zone infectée, un calcul économique s'impose pour choisir entre ces deux options. Les caractéristiques de tolérance des variétés à cette maladie sont devenues dans ces régions l'un des premiers critères de choix variétal pour les agriculteurs.

* **Rouille et helminthosporiose**

Ces deux champignons ont besoin de chaleur et d'humidité; ils provoquent un dessèchement prématuré du feuillage. Plus l'attaque est précoce (premières taches visibles dès la floraison), plus elle est dangereuse et plus la diminution de la taille des grains est importante. Un broyage des plantes malades après la récolte et un labour précoce réduisent les risques d'attaques pour la culture suivante. Des interventions se justifient en cas d'attaques précoces, surtout en production de semences.

b) Lutte contre les parasites animaux

A l'inverse des maladies, les animaux ravageurs du maïs sont fréquemment susceptibles de causer des dégâts importants à la culture.

- **Taupins** : le risque est permanent. Ses larves, "*vers fil de fer*", se rencontrent souvent derrière prairie et en monoculture de maïs. Elles peuvent causer des dégâts pendant 4 années consécutives; elles rongent les semences, perforent les plantules au collet et provoquent la disparition de pieds.

- **Oscinie** : cette mouche pond dans le cornet dont les feuilles restent accolées et déformées. Les dégâts sont importants par temps froid et sur les variétés démarrant mal.

- **Geomyza** se rencontre surtout dans l'Ouest. Elle provoque le dessèchement de la feuille centrale au stade 3 feuilles, la déformation du pied "*en poireau*", et la disparition de pieds.

- **Scutigérelle** : lié à certaines parcelles, ce "*mille-pattes*" blanc, transparent, de taille maximale 5 mm, sévit surtout dans des sols légers et humides. Il dévore les jeunes racines. Aucune lutte curative n'est possible : lorsque les dégâts sont apparus, ils sont irréversibles.

La lutte préventive par désinfection du sol (traitement du sol en plein, localisé, ou maintenant traitement des semences) est seule envisageable contre l'ensemble de ces parasites. Cette lutte préventive concerne aussi des parasites plus occasionnels tels que mouche des semis, nématodes, blaniules.

- **Les limaces** : le risque se situe après la levée du maïs. Les applications de granulés anti-limaces sont effectuées dans la plupart des cas « en plein », l'objectif étant alors d'avoir 25 à 30 grains/m²; parfois également en localisation sur la ligne de semis avec un matériel complémentaire au semoir, contre les attaques précoces.

- **Les corbeaux (freux et choucas)** : ceux-ci déterrent les grains à la levée ou les mangent sur les épis tombés. Des pièces entières, situées trop près de colonies de corbeaux, sont ainsi anéanties. On peut lutter par répulsifs chimiques ou acoustiques.

- **La pyrale et les sésamies** : les chenilles de ces lépidoptères attaquent les jeunes feuilles et creusent des galeries dans les tiges et les épis. En minant les tiges, les chenilles gênent les échanges nécessaires à la maturation et provoquent une casse plus ou moins importante selon les variétés. En s'installant dans l'épi, elles dévorent les grains. Toutefois, le dégât primordial est la perturbation de la nutrition minérale et hydrique de la culture. La sésamie ne se rencontre qu'au sud d'une ligne Bordeaux-Valence, la chenille étant très sensible aux hivers froids. On trouve la pyrale presque partout en France. L'adulte est un papillon qui vole généralement dès la mi-juin. Il dépose ses oeufs en plaquettes sous les feuilles et sur les spathes. Avant de pénétrer dans les tiges ou les épis, la chenille est baladeuse. Cette vie extérieure, "*stade baladeur*", dure de 3 à 7 jours. Le broyage des résidus et le travail du sol détruisent une majorité de larves. La lutte chimique est efficace uniquement si les chenilles sont en présence de l'insecticide pendant leur "*stade baladeur*" (qui est très court).

- **Les vers gris (noctuelles terricoles)** : les dégâts ont lieu du stade 2 feuilles à 8 feuilles du maïs. Les jeunes plantes sont sectionnées au niveau du collet. Les pieds de maïs plus âgés sont perforés à la base. La chenille pénètre à l'intérieur de la tige dont elle se nourrit : les plantes ont un aspect fané et se dessèchent très vite. Semis tardifs, départs en végétation lents, sols humides et riches en matière organique accroissent les risques. Aucune méthode ne permet, pour l'instant, de prévoir les infestations. Les traitements s'effectuent donc en tout début d'attaque par pulvérisations ou avec des appâts.

- **Les cicadelles** : l'insecte adulte (2 à 3 mm) se déplace par vols courts et successifs, très caractéristiques quand on pénètre dans une parcelle attaquée. Ses piqûres provoquent, sur la feuille, des décolorations par petites taches blanchâtres qui, lors de fortes infestations, peuvent se rejoindre et conduire au dessèchement de la feuille. Généralement les attaques débutent par les feuilles de la base. La cicadelle ne transmet pas de virus au maïs en France. Une lutte ne doit être envisagée qu'en cas de forte infestation. L'efficacité des applications diminue lorsque la végétation est importante.

- **Les acariens (tetraxiques ou araignées jaunes)** : les feuilles atteintes présentent tout d'abord des plages jaune-verdâtre; lorsque les attaques se poursuivent, ces zones blanchissent et évoluent en tissu mort. Si les infestations se prolongent, on aboutit à un dessèchement précoce du feuillage. Les acariens se situent à la face inférieure des feuilles. Ils se localisent d'abord sur les feuilles basses, puis gagnent progressivement les étages supérieurs. La présence d'acariens ne doit pas inciter à réaliser une lutte systématique. La surveillance doit commencer à l'apparition des panicules et le traitement être effectué en curatif sur les parties du champ atteintes, si nécessaire.

- **Pucerons (*Metopolophium dirrhodum*, *Rhopalosiphum padi*)** : leur pullulation est favorisée par les conditions suivantes :

- . présence importante des pucerons sur céréales à paille et conditions climatiques favorables pour leur transfert vers le maïs (beau temps sec avec températures nocturnes fraîches);
- . interventions contre d'autres ravageurs avec un insecticide favorisant les pullulations de pucerons;
- . faible population d'auxiliaires prédateurs des pucerons (coccinelles, syrphes, chrysopes...);
- . climat insuffisamment chaud et humide pour provoquer le développement des maladies chez les pucerons (entomophthorales).

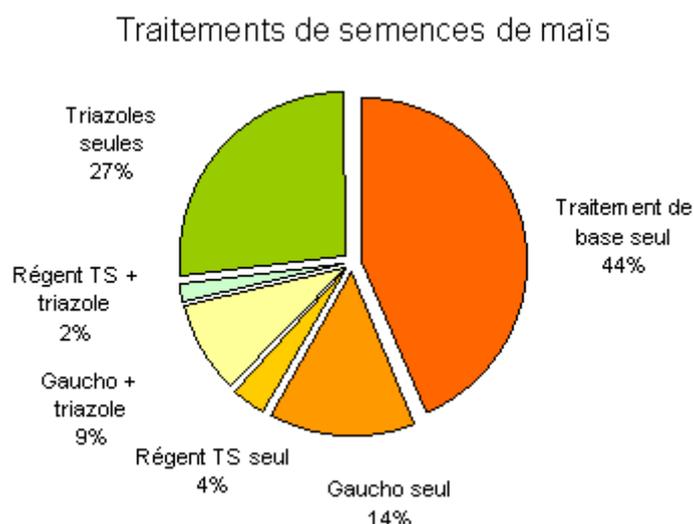
Les traitements insecticides (**Tableau 18**) peuvent être effectués sans difficulté particulière jusqu'au stade 10-12 feuilles du maïs; au-delà, ils deviennent difficiles à mettre en oeuvre (hauteur des plantes, volume végétatif) et leur efficacité est moindre. Les avertissements agricoles régionalisés du Service de Protection des Végétaux, grâce à un réseau de piégeage et d'observations, informent de l'arrivée des vols et des risques qu'ils peuvent induire.

Depuis le début des années 90, l'apparition d'une nouvelle molécule (**l'imidaclopride**) appartenant à une nouvelle famille (les nitroguanidines) a révolutionné la lutte contre les ravageurs du sol et les ravageurs aériens des stades jeunes (oscinies, géomyza, pucerons, cicadelles). Ce produit est en effet appliqué directement sur la semence et a une action systémique qui protège la plante en début de cycle. Le traitement de semence est devenu le moyen de lutte privilégié contre les maladies et les ravageurs. Cette technique a l'avantage d'être *a priori* plus respectueuse de l'environnement qu'un traitement insecticide de plein champ. Une autre molécule utilisée en traitement de semences, le fipronyl, est commercialisée à partir de 1996-97. Son efficacité est limitée aux insectes du sol. La Figure 27 présente les principaux produits utilisés.

Tableau 18 : Stades et seuils d'intervention pour la lutte contre les ravageurs aériens du maïs

Ravageurs	Stade courant d'attaque	Seuil de traitement à retenir	Traitement préventif
Noctuelles	2 à 8 f du maïs	5% de plantes touchées	
Cicadelles	5 f à maturité	Maïs à 1 m de haut, 10% feuilles n°9 ou 10 touchées	Traitement semences (Gaucho)
Pucerons <i>Metopolophium</i>	3 f à 10 f	5 pucerons/plante avant 3 à 4 f du maïs 10 pucerons/plante entre 4 et 6 f 20 à 50 pucerons/plante entre 6 et 8 f 100 pucerons/plante après 8-10 f (<i>produit systémique à retenir</i>)	Traitement semences (Gaucho)
<i>Sitobion</i>	3 f à 10 f	500 pucerons/plante (avec de nombreux ailés)	
<i>Rhopalosiphum</i>	fin juillet-début août	une panicule sur deux colonisée	
Acariens	fin juillet/août/septembre	début de colonisation de la feuille de l'épi (<i>produit spécifique curatif</i>)	début juillet (<i>produit spécifique préventif</i>)
Sésamies	1ère génération fin juin/début juillet (<i>suivre avertissement SPV</i>)	si hiver sans froids inférieurs à -12°C si plus de 0,6 à 0,8 larve/plante l'année antérieure	Sésamor sur toute une petite région
Pyrale	juillet-août selon région (<i>suivre avertissement SPV</i>)	si plus d'une larve/plante l'année antérieure	

Figure 27 : Traitements de semences insecticides et anti-charbon (d'après Semences et Progrès, n°113)



Bilan des traitements de semences "spéciaux" (marché français)						
type de traitement	1999-2000		2000-01		2001-02	
	doses	% du marché	doses	% du marché	doses	% du marché
Insecticides	1.930.000	32.0%	1.980.000	31.6%	1.81.000	30,7%
- Gaucho	1.570.000	26.0%	1.590.000	25.4%	1.440.000	24,4%
- Régent TS	360.000	6.0%	390.000	6.2%	370.000	6,3%
Anti-charbon	2.340.000	38.7%	2.550.000	40.8%	2.360.000	40,0%
- Stylor	640.000	10.6%	780.000	12.5%	1.720.000	29,2%
- Alpha raxil	-	-	-	-	-	-
- Alios	1.700.000	28.1%	1.770.000	28.3%	640.000	10,8%
Total des semences bénéficiant d'un traitement spécial (1)	3.400.000	56.2%	3.600.000	57.5%	3.400.000	57,6%

(1) Le total des semences traitées haut de gamme tient compte du fait que près de 680.000 doses bénéficient d'un double traitement (anti-charbon et insecticide), chiffre en hausse de 20%.

N.B. : Ces chiffres sont des estimations, établies par Semences et Progrès à partir des données des semenciers et des firmes phytos. Les estimations peuvent varier, selon que l'on se limite aux hybrides commerciaux ou que l'on prend aussi en compte les semences de base. En outre, les firmes phytos vendent des litres de produit sans connaître avec précision la quantité utilisée par dose. Enfin, entre les ventes des firmes phytos et celles des semenciers, restent des stocks, notamment ceux de semences traitées.

c) Désherbage

Pendant longtemps, le désherbage a reposé sur deux produits du groupe des triazines : la **simazine** et l'**atrazine** (produit commercial à 50% de matière active). Leur faible solubilité leur confère une rémanence souvent très préjudiciable aux cultures venant après le maïs, qui oblige l'agriculteur, soit à traiter à de faibles doses, soit à faire plusieurs cultures de maïs consécutives. La simazine n'est absorbée que par les racines des plantes; l'atrazine par les feuilles et par les racines. Leur mode d'action dans la plante serait identique : en agissant sur la photosynthèse, le végétal continue de respirer normalement, mais ne photosynthétise plus et il meurt après épuisement de ses réserves. Aujourd'hui les triazines sont interdits à la commercialisation en 2002 et leur utilisation sera prohibée en 2003. Deux raisons motivent cette décision du ministère de l'agriculture:

- L'augmentation de la concentration de ces substances dans les eaux souterraines et les eaux de surface dans les régions où la culture de maïs est développée depuis longtemps, conduisant au franchissement régulier du seuil de 0,1 microgramme par litre dans l'eau potable.
- La perte d'efficacité de ces herbicides avec un développement progressif des résistances des adventices. C'est le cas de graminées estivales (panics, sétaires et digitaires) et de certaines dicotylédones (morelle noire, chénopode blanc, amarante, renouées).

Jusque là, dans la pratique, deux stratégies principales étaient utilisées par les agriculteurs :

- soit un désherbage en **prélevée** (chloroacétamides éventuellement associés à de l'atrazine, ou pendiméthaline) qui peut être complété par un passage de rattrapage en post-levée au stade « 8 feuilles » du maïs. Cette stratégie met en œuvre des herbicides à pénétration racinaire afin d'empêcher la germination et la levée des mauvaises herbes. Elle fait appel à des produits à spectre large ou à des associations de produits à spectres complémentaires ;

- soit tout en **post-levée**, généralement en deux passages, en combinant des matières actives de familles différentes à spectre d'action complémentaires (sulfonylurées, tricétones, atrazine...). Cette stratégie utilise des herbicides à pénétration foliaire. Le traitement est effectué le plus souvent en plein sur la culture de maïs, mais également parfois en dirigé sur l'inter-rang. Il se raisonne en fonction de la flore visiblement présente, on parle en effet de "tir à vue". Les interventions de post-levée peuvent également constituer un rattrapage d'une application de pré-levée qui n'aurait pas eu l'efficacité attendue.

Les agriculteurs doivent revoir ces stratégies et la famille des sulfonylurées, qui présenterait un faible risque de pollution, devrait se développer.

Le maïs peut recevoir un désherbage sur une large période de son développement. Toutefois, il est vivement déconseillé d'appliquer un herbicide au stade pointant, stade auquel l'absorption par le jeune maïs est maximale, le rendant très sensible aux réactions de phytotoxicité. Par ailleurs, au-delà des 8-10 feuilles, c'est-à-dire à partir du moment où l'inter-rang est recouvert par la végétation du

maïs, il est recommandé d'intervenir en dirigé, sous la végétation, de façon à ne pas limiter le contact entre les herbicides et les adventices par l'effet parapluie du maïs.

5. Irrigation

Près d'un hectare sur deux de maïs-grain est maintenant irrigué en France. Le maïs est relativement peu sensible au stress hydrique avant la floraison. Dès l'émission de pollen et jusqu'à une dizaine de jours après la fécondation, on observe en revanche une période critique vis-à-vis d'un manque d'eau : tout stress pendant cette phase entraîne des baisses de rendement très importantes, de plus de 20 q/ha. Pendant le remplissage du grain, jusqu'au stade « pâteux-dur », la plante est encore sensible au déficit hydrique. En pratique, la relative tolérance du maïs au stress hydrique pendant la phase de préfloraison ne peut guère être utilisée : l'absence d'irrigation pendant cette période conduit à une utilisation importante des réserves en eau du sol. Si ces réserves en eau sont vides au moment de la phase critique, et que les capacités d'irrigation ne permettent pas de faire complètement face aux besoins de la culture pendant cette phase, les risques pris sont importants.

La gestion de l'irrigation à l'échelle d'une exploitation, où très fréquemment plusieurs parcelles et plusieurs cultures doivent être irriguées au cours d'une campagne culturale, est en effet **complexe** : il faut tenir compte des volumes d'eau disponibles, des capacités de débit liées à l'équipement, des besoins en eau des cultures à différentes phases, du temps de travail - énorme - lié à la mise en route, à la surveillance et au déplacement éventuel du matériel. Très souvent l'agriculteur ne peut, pour différentes raisons, irriguer à l'optimum des besoins écophysologiques l'ensemble de sa sole à irriguer, et doit réaliser **des arbitrages et des compromis dans la gestion de l'irrigation**.

Lorsque le débit n'est pas limitant, le début des arrosages (pas avant le stade « 8-9 feuilles ») doit s'effectuer à partir d'un certain niveau de dessiccation du sol. Celui-ci peut être évalué par un bilan climatique, ou mesuré avec un tensiomètre. La dose d'irrigation et la fréquence sont ensuite raisonnées en fonction de la pluviométrie et de la capacité du sol à retenir l'eau apportée. Par exemple en période sans pluie on apportera 35 mm tous les 7-8 jours en sol à capacité de rétention moyenne, et 30 mm tous les 6 jours en sol à rétention faible. S'il pleut, on peut prendre en compte les pluies de plus de 10 mm, sur la base d'un jour d'arrêt pour 5 mm de pluie. L'arrêt de l'irrigation doit se raisonner en fonction du stade.

Le débit peut être limitant, par exemple lorsque la ressource en eau s'épuise au cours du cycle en période estivale, ou lorsque la surface à irriguer ne permet pas de satisfaire tous les besoins instantanés. On a tout intérêt à chercher à conserver les ressources en eau du sol pour les valoriser lors des périodes sensibles. Cela conduit à commencer l'irrigation dès que le sol peut stocker l'eau apportée.

Enfin **le débit peut ne pas être limitant, mais le volume d'eau disponible limité** : c'est le cas lorsque la ressource en eau est un lac non complètement rempli. On aura tout intérêt à choisir des doses faibles pour augmenter le nombre d'irrigations. Il est important de bâtir un **calendrier prévisionnel** des irrigations encadrant bien la période critique. Un tel exemple de calendrier est donné au Tableau .

Par ailleurs, si des risques de non-satisfaction des besoins en eau existent, trois types d'adaptation de la conduite de la culture sont envisageables :

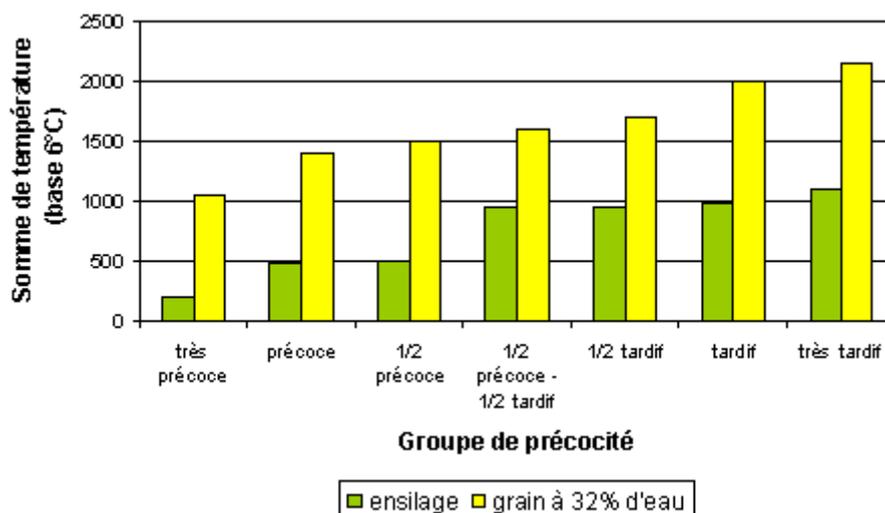
- la **stratégie d'esquive**, qui consiste à faire en sorte que le stress n'arrive qu'après la période critique. On peut jouer en avançant la date de semis et/ou par le choix de variétés précoces;
- le choix **d'hybrides tolérants**;
- la **diminution de la densité** de 5 000 à 10 000 plantes par hectare, ce qui diminue le potentiel de rendement, mais aussi les besoins en eau.

Tableau 19 : Exemple de calendrier prévisionnel d'irrigation du maïs

Volume disponible par ha	20/06	10/08	10/07	Floraison femelle <u>20/07</u>	31/07	10/08
120 mm		30 mm	30 mm	30 mm	30 mm	
150 mm		30 mm	30 mm	30 mm	30 mm	30 mm
18 mm	30 mm	30 mm	30 mm	30 mm	30 mm	30 mm

6. Récolte

Le maïs ensilage est récolté plus tôt que le maïs grain ¹² (Figure 28). Au moment de l'ensilage, le grain est à environ 40% d'humidité pour un taux de matière sèche - plante entière - de 32%. Au moment du battage, le grain de maïs doit être à environ 30% d'humidité (il est ensuite séché dans les silos pour atteindre 15%). Dans certaines conditions économiques, il peut être intéressant de retarder la date de récolte du maïs-grain - si cela est possible sans la compromettre - afin de limiter les coûts de séchage.



¹² On ne parle pas ici du maïs récolté en épis, plus tôt que le grain.

Figure 28 : Sommes de températures nécessaires depuis le semis pour arriver à différents stades phénologiques du maïs

Bibliographie

Agreste (2003). L'utilisation du territoire en 2002. Agreste Chiffres et Données Agriculture: 55-65.

Boyeldieu, J. (1997). Blé tendre. Techniques agricoles, Editions Techniques - Techniques agricoles. fascicule 2020.

Gate, P. (1995). Ecophysiologie du blé de la plante à la culture. Paris, Lavoisier Tec&Doc - ITCF.

LeClech, B. (1999). Productions végétales : grandes cultures, Bordeaux : synthèse agricole.

Moule, C. (1980). Céréales. Paris, La Maison Rustique.

Soltner, D. (1998). Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles.

Semences et Progrès, n°111 (avril-mai-juin 2002), 112 (juillet-août-sept 2002) et 113 (oct-nov-déc 2002)