

CHAPITRE III

BLE DUR

Triticum durum Desf. (2 n = 28).

I. ÉCONOMIE DE LA PRODUCTION.

1° LE BLÉ DUR DANS LE MONDE.

Les principales régions productrices de blé dur dans le monde, sont le Moyen-Orient, l'Amérique du Sud (Argentine) et surtout l'Amérique du Nord (près de 2 millions d'hectares et près de 3 400 000 t en 1969 dont 1 400 000 ha et 2 600 000 t aux USA.

En Europe les deux principaux producteurs sont l'Italie et la France.

2° LE BLÉ DUR EN FRANCE.

Le blé dur est cultivé en France essentiellement pour la *semoulerie* en vue de la fabrication des pâtes alimentaires : l'albumen vitreux des *Tr. durum* leur confère, en effet, un rendement en semoule très supérieur à celui des blés tendres.

Cette culture a pris depuis dix ans, une certaine extension en France, d'abord dans les régions méridionales, puis dans la moitié nord de la France¹ : de 1951 à 1970 les superficies sont passées de 2 000 ha à 163 000 ha et la production de 45 000 à 4 500 000 q; dès 1966, par ailleurs, la moitié nord de la France a produit 40 % de la production contre 0 % avant 1960 (fig. III-1 et tableau III-1). Divers facteurs sont à l'origine de cet accroissement récent de la production métropolitaine de blé dur.

a) Augmentation considérable de la consommation française des pâtes alimentaires.

Celle-ci passe de 150 000 t en 1939 à 320 000 en 1960. Elle est, par habitant, de 6,5 kg en France, contre 3,4 en Allemagne, 2,3 en Belgique et 30 kg en Italie.

b) Marché commun du blé dur.

La CEE importe chaque année d'Amérique du Nord, d'Argentine et du Moyen Orient 12 à 15 millions de quintaux de blé dur, l'Italie et la France étant

1. Régions situées approximativement au-dessus du 45e parallèle.

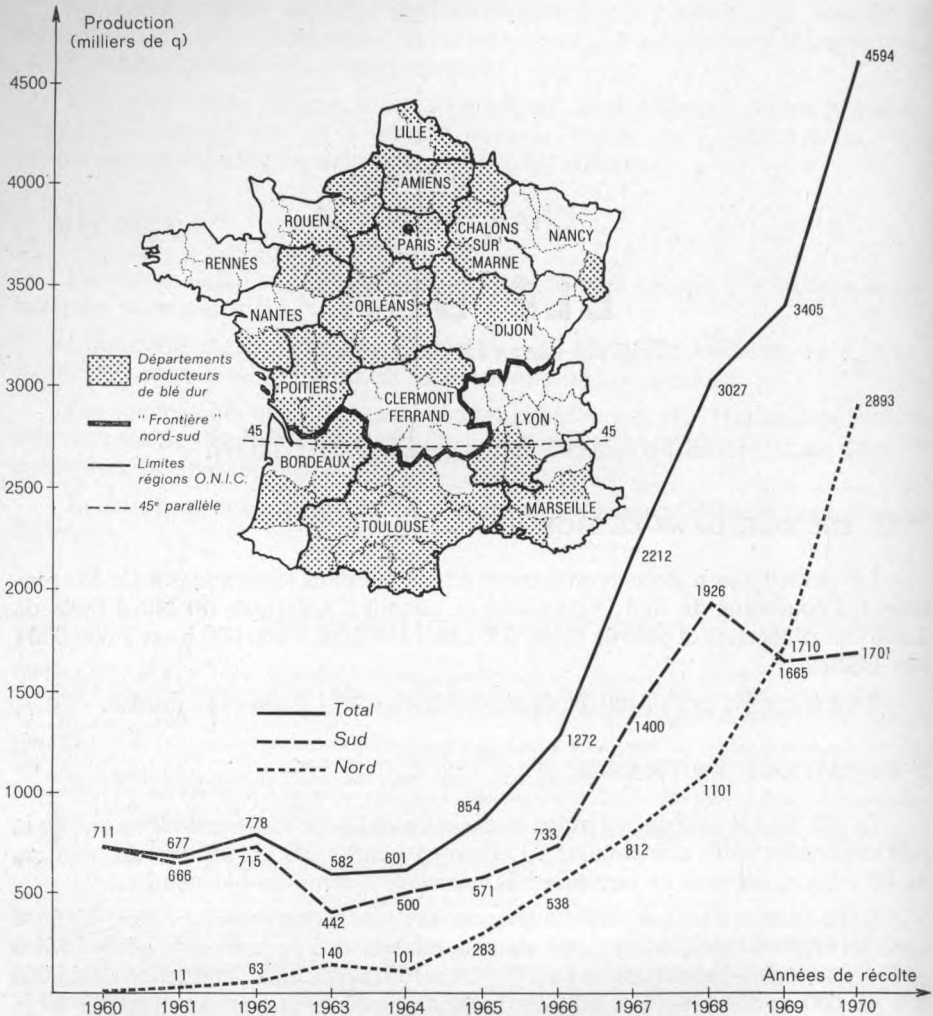


FIG. III-1. - Évolution de la production française de blé dur (1960-1970).

(D'après source ONIC.)

les principaux importateurs. Ces deux pays devraient pouvoir trouver sur ce marché une place intéressante.

c) Soutien des prix.

Depuis 1954, le blé dur bénéficie d'un prix de base supérieur à celui du blé tendre.

TABLEAU III-1. — Évolution de la collecte de blé dur en France
(Source O.N.I.C.)

ANNÉES DE RÉCOLTE	COLLECTES TOTALES	SUD		NORD	
		Quantités (q)	Propor- tions (%)	Quantités (q)	Propor- tions (%)
1951	40 000	40 000	100	—	-
1955	162 000	162 000	100	—	-
1960	639 554	635 087	99,3	4 467	0,7
1961	571 184	558 152	98	13 032	2
1962	762 437	710 473	93	51 964	7
1963	589 689	450 483	76	139 206	24
1964	518 820	445 774	86	72 446	14
1965	830 350	593 471	71	236 879	29
1966	1 229 758	658 681	54	571 077	46
1967	2 184 080	1 379 202	63	804 878	37
1968	2 762 810	1 800 759	65	982 051	35
1969	3 154 633	1 522 390	48	1 632 243	52
1970 ¹	4 415 863	1 712 587	39	2 703 276	61

(1) Prévisions.

d) Amélioration des variétés et des techniques de culture.

Des travaux d'amélioration entrepris dès 1950 à la Station de Montpellier (INRA) par le professeur ALABOUVETTE et poursuivis par GRIGNAC ont conduit à l'obtention de variétés adaptées aux zones méridionales. Progressivement et parallèlement l'expérimentation entreprise par l'INRA et les organismes professionnels (ITCF) a permis de préciser et d'améliorer les techniques culturales (semis, fertilisation, désherbage) en zone méridionale puis en zone du nord.

II. LA PLANTE.

A. ÉTUDE BOTANIQUE.

1° PLACE DANS LA CLASSIFICATION BOTANIQUE.

Le blé dur appartient au genre *Triticum* et à l'espèce *durum* (Desfontaines). Il fait donc partie du groupe des espèces *tétraploïdes* ($2n = 28$).

D'une façon générale, le blé dur se caractérise par :

— *un épi* à rachis solide, à glumes carénées jusqu'à leur base, à glumelle inférieure terminée par une longue barbe colorée;

— *un grain* très gros (45-60 mg), de section subtriangulaire, très riche en albumen, de texture vitreuse;

— *un appareil végétatif* à tallage faible (souvent un seul épi par plante), à chaume long et souple, sensible à la verse.

Tr. durum se trouve cependant relativement mal caractérisé à l'intérieur du groupe tétraploïde : il présente des caractères communs avec les autres espèces. D'autre part, l'espèce manque d'unité, renfermant un ensemble de formes parfois très éloignées les unes des autres.

Ainsi, selon **GRIGNAC**, *Tr. durum* se subdiviserait en trois sous-espèces : *méditerranéum*, *syriacum*, *européum*, correspondant chacune à un centre de diversification déterminé (Afrique du Nord, Moyen Orient et sud de l'URSS) et comprenant elles-mêmes un certain nombre de formes ou *proies* (d'après le type d'épi, la pilosité du feuillage, le port du tallage, etc.).

2° ORIGINE GÉNÉTIQUE DU BLÉ DUR.

RILEY Et **CHAPMAN** (1957) ont démontré l'origine hybride des *Triticum* tétraploïdes. Ces espèces sont des **amphidiploïdes** entre un *Triticum* diploïde (*Tr. beoticum* ou *Tr. monococcum*) apportant le génome A et *Aegilops speltoides* apportant le génome B.

Une telle hybridation aurait donné naissance au *Tr. dicoccoïdes* qui se serait ensuite diversifié en *Tr. dicoccum* et *Tr. durum*.

B. ÉTUDE BIOLOGIQUE.

1° PHYSIOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT.

a) **GRIGNAC** a montré (1965) que la plupart des variétés de blé dur ont un rythme de développement « *printemps* » caractérisé par une période végétative (semis-A) et une phase d'initiation florale (A-B) trop courtes, d'où un tallage herbacé faible, un nombre réduit de racines de tallage et d'ancrage, une montée très précoce et une grande sensibilité au froid.

Cependant, certaines variétés appartenant à la sous-espèce *européum* sont caractérisées par une montaison tardive, et dès lors, ont un tallage plus abondant, une meilleure résistance à la verse et au froid.

b) Pour une même variété la durée de la *période végétative* est sous la dépendance de la *température* et de la *photopériode* : en jours longs (supérieurs à 12 heures), les variétés de printemps ont une période végétative extrêmement réduite. Par contre, la vitesse de formation des feuilles et des talles est indépendante de la *photopériode* : c'est une fonction linéaire de la température.

c) La durée de la *phase d'initiation florale* dépend de la *température* et de la *photopériode* : en jours longs, cette phase est très courte et le nombre d'ébauches d'épillets très faible.

Par ailleurs, le décalage entre le développement de l'apex du maître-brin et les différents apex des talles est toujours excessif, nettement plus important que chez les variétés de blé tendre : il en résulte une montaison irrégulière et un faible peuplement en épis.

d) La durée de la *phase d'élongation* est particulièrement longue.

e) La durée de la *période de maturation* est normalement plus longue que celle des blés tendres de même précocité : pour une même somme des températures, la vitesse de croissance est moins rapide chez le blé dur que chez le blé tendre.

2° ÉCOLOGIE DE LA CROISSANCE.

a) Température.

Le zéro de germination du blé est comme celui du blé tendre très voisin de 0°C.

La somme des températures nécessaire à la levée est voisine selon **GRIGNAC**



Une culture de blé dur.

Photo S.P.I.E.A.

(pour un semis à 4 cm) de 124 OC, donc légèrement supérieure à celle observée chez le blé tendre.

Ultérieurement, la vitesse de formation d'une ébauche de feuilles est relativement constante; elle demande une somme des températures voisine de 50 OC, sans différences **variétales**.

Les températures critiques minimales sont par ailleurs voisines de celles des blés tendres : un blé dur de type « printemps » accuse des dégâts foliaires vers — 8 OC. Par contre, les blés durs se montrent particulièrement *résistants aux hautes températures* au cours de la maturation : en l'absence de sécheresse, des températures de l'ordre de 31-32 OC ne causent aucune perturbation (**Gri-gnac**).

b) Eau.

Jusqu'à la fin du tallage les besoins en eau sont relativement faibles. De plus, l'humidité excessive du sol est néfaste à l'installation du système racinaire en profondeur.

Par contre, au cours de la phase de montaison et jusqu'à la floraison les besoins en eau de la culture sont considérables et peuvent s'évaluer à 180 mm (entre mars et mai). Après la floraison, le blé devient très résistant à la sécheresse (comme aux fortes températures).

c) Éléments nutritifs.

Phosphore et Potasse. Une récolte de 30 q de grains et de 54 q de paille exporte environ 30 kg de P_2O_5 et 54 kg de **K₂O** : les blés durs ont donc des besoins en P_2O_5 comparables à ceux des blés tendres, plus élevés cependant en K_2O car ils produisent plus de paille que le blé tendre pour un même poids de grain.

Azote. On peut estimer les exportations par quintal de grain à 13 % d'eau, à 4 kg d'azote soit : .1 kg de plus que pour le blé tendre.

La courbe d'absorption de l'azote (fig. III-2) montre d'autre part que celle-ci devient très importante à la fin du tallage, au cours de la montaison et jusqu'à post-floraison, pendant les 10 15 premiers jours de formation du grain. Il résulte et ceci est confirmé par l'expérience que :

— *l'apport d'azote pendant le tallage et au début de la montaison* a une action sur deux des composantes du rendement : le *nombre d'épis* et la *fertilité* de ceux-ci;

— toute carence azotée dans les *jours qui suivent la floraison* réduit la synthèse protéique alors que la synthèse des glucides peut rester normale ce qui conduit à une texture farineuse et non vitreuse, c'est-à-dire au *mitadinage*.

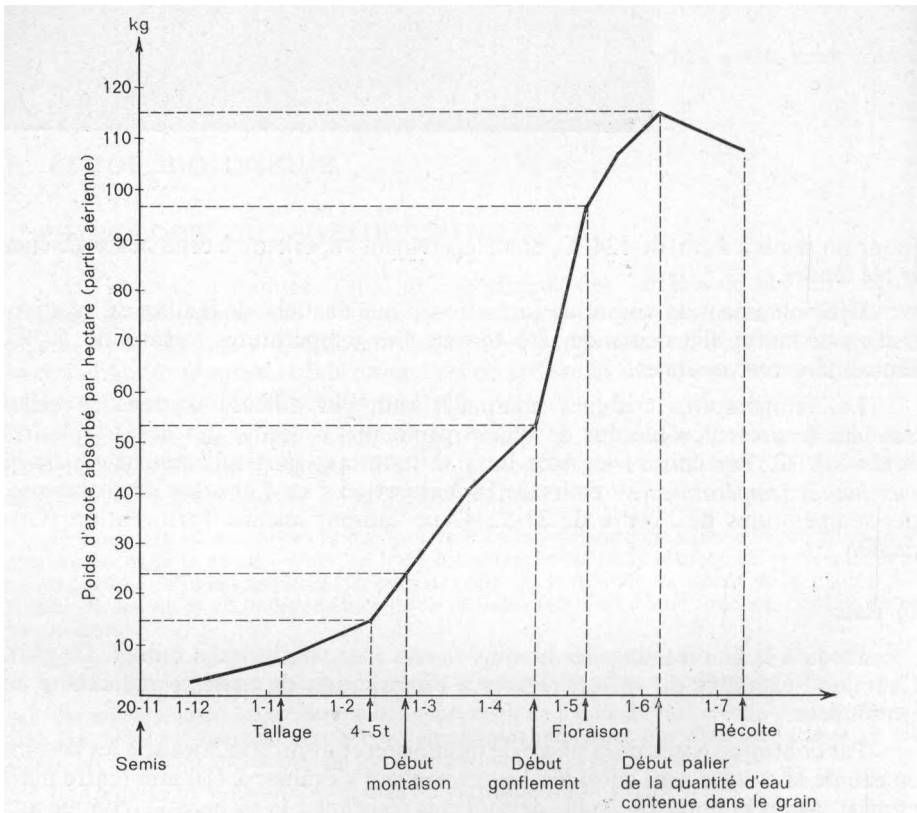


FIG. III-2. — Courbe d'absorption de l'azote par une culture de blé dur.

(D'après A. COTTE et P. GRIGNAC.)

3° ACCIDENTS ET PARASITES.

a) La fonte des semis.

La fonte des semis est imputable à l'humidité stagnante et aux parasites de germination (*Fusarium roseum*, *F. nivale*).

b) Le gel hivernal.

Il peut détruire totalement, en semis d'automne, les emblavures de la zone nord.

c) La verse.

La verse, notamment la verse radicaire constitue l'accident, le plus fréquent et le plus grave au cours de la période « gonflement, stade laiteux ».

Cette sensibilité particulière du blé dur est surtout due au mauvais ancrage de la plante : partie aérienne trop lourde, racines adventives peu nombreuses.

d) Les rouilles.

La rouille noire ne semble pas dangereuse pour les blés durs. Par contre, ils sont très sensibles à la *rouille jaune*, à la *rouille brune*, aux *fusarioses* et *septo-rioses*; ils sont également sensibles aux différents *piétins*.

e) L'ergot.

L'ergot se rencontre assez fréquemment dans les champs infestés de vulpin, agent de propagation de ce parasite. La législation commerciale impose un taux inférieur à 1 p. 1 000 d'ergot à la récolte.

f) La germination sur pied.

La plupart des variétés de blé dur cultivées sont à grain blanc, sans dormance. Ainsi, l'humidité en période de maturation peut provoquer un début de germination sur de nombreux grains, ce qui diminue le rendement en semoule.

g) Le mitadinage.

Il arrive parfois que l'albumen présente, au lieu d'une structure vitreuse et homogène, des plages à texture farineuse : on dit alors que le grain est *mitadiné*. Nous avons vu plus haut qu'il est provoqué par une mauvaise alimentation azotée après floraison : à maturation identique et pour une même variété, plus le grain est *riche en protéines*, plus le mitadinage est faible (tableau III-2).

Le mitadinage peut diminuer considérablement le rendement en semoule et la qualité des pâtes. On le mesure au pourcentage de grains plus ou moins mitadinés (indice de mitadinage).

Le choix d'une région à climat chaud et sec lors de la maturation, une fumure potassique élevée, assurant une rapide migration des protéines vers le grain, une alimentation *azotée continue*, le choix d'une *variété* résistante sont les meilleurs moyens de lutter contre le mitadinage.

h) La moucheture.

La moucheture est caractérisée par la présence dans le sillon ou sur l'embryon d'un mycélium noirâtre (*Cladosporium herbarum*). Elle est plus fréquente dans les zones humides en fin de végétation; elle conduit à des farines tachées.

Selon BOURNIER (1971), la moucheture serait due aux piqûres de Thrips (*Haplothrips tritici* et *Limothrips cerealium*).

TABLEAU III-2. — *Relations entre l'indice de mitadinage et la teneur en protéines selon les variétés (D'après P. Grignac)*

VARIÉTÉS D'APRÈS LEUR SENSIBILITÉ AU MITADINAGE	TENEURS EN PROTÉINES LORSQUE L'INDICE DE MITADINAGE EST COMPRIS ENTRE	
	55 et 50	10 et 5
<i>Variétés résistantes</i>		
'Bidi 17'	10,98	12,74
'Montferrier'	11,10	12,68
<i>Variété peu sensible</i>		
'Chili 831'	11,50	13,09
<i>Variété assez sensible</i>		
'D 117'	12,85	14,10
<i>Variétés sensibles</i>		
'Lakota'	12,58	14,71
'Wells'	12,64	14,88
'Mandon'	12,42	15,10
'Lez'	12,68	15,15
P ¹ us petite différence significative	0,25	0,19

III. LES VARIÉTÉS CULTIVÉES.

Actuellement (1970) six variétés principales sont cultivées en France :

— en zone méridionale : 'Bidi 17', 'Montferrier' (INRA), 'Lez' (INRA) et 'Mandon' (INRA);

— en zone nord 'Lakota' et 'Wells', variétés américaines. Le tableau III-2 résume les caractéristiques principales de chacune de ces variétés.

1^o CARACTÉRISTIQUES CULTURALES.

Les variétés actuelles se caractérisent par :

- un rythme de développement « printemps » à « semi-alternatif »;
- une grande sensibilité au froid. ('Mandon' est toutefois peu sensible), interdisant leur semis d'automne en zone nord;
- un tallage — épis assez faible (à l'exception de 'Lakota' et 'Wells');
- une résistance à la verse généralement médiocre;
- une grande sensibilité au piétin-verse, à la fusariose, et une certaine sensibilité aux rouilles jaune et brune.

TABLEAU III-3. — Principaux caractères des variétés de blé dur les plus cultivées en France

VARIÉTÉS	RIATIVITÉ	PRÉCOCITÉ	TALLAGE -EPI	RÉSISTANCE A LA VERSE	PRODUCTIVITÉ	QUALITÉS TECHNOLOGIQUES	
						Mitadina-s	Couleur des pâtes
'Bidi 17' (1953)	P	demi- précoce	faible	très sensible	assez bonne		légèrement grise
'Montferrier' (1962)	A	tardif	faible	peu sensible à bonne	bonne		légèrement grise
'Lez' (1966)	P	demi- précoce	faible	peu sensible à bonne	bonne		blanche
'Wells'	P	demi- précoce	assez fort	sensible	bonne ou assez bonne		jaune
'Lakota' (1968)	P	demi- précoce	assez fort	sensible	bonne		jaune ambré
Mandon' (1968)	½ A	tardif	faible	bonne	bonne		jaune ambré

Légende. A, alternatif — ½ A, ½ alternatif — P, printemps — R, résistant — S, sensible.

2° CARACTÉRISTIQUES TECHNOLOGIQUES.

a) Résistance au mitadinage.

Les variétés de blé dur présentent des niveaux très différents de comportement à l'égard du mitadinage.

Les variétés résistantes ou peu sensibles proviennent toutes du bassin méditerranéen occidental, où le climat est favorable au mitadinage, et appartient à la sous-spèce *T. durum* méditerranéenne; (ex. : 'Oued Zenati', 'Bidi 17'). Par contre, les variétés les plus sensibles sont d'origine russe et américaine; d'une façon générale, elles sont issues de régions à climat continental, où le mitadinage est rare.

La grande résistance au mitadinage serait due, selon GRIGNAC (1970) à la combinaison de plusieurs caractéristiques variétales :

- aptitude à produire un grain riche en protéines;
- tendance à accumuler rapidement de l'azote au cours des premières phases de développement du grain, (phase du palier hydrique notamment);
- aptitude à élaborer un gluten élastique et tenace.

b) Aptitude à donner des pâtes jaunes et claires.

En France, le développement de la culture des variétés américaines, 'Lakota', 'Wells' est dû principalement à leur supériorité concernant la couleur des pâtes.

Les principaux facteurs déterminant la couleur des pâtes sont la teneur en

pigments caroténoïdes de la semoule, et l'activité des lipoxydases détruisant ces pigments au cours de la fabrication de la pâte.

Par rapport à l'effet variété, les conditions de culture ont relativement peu d'influence sur ces caractéristiques.

Aucune variété n'associe, malheureusement, pour l'instant, résistance au mitadinage et bonne aptitude à la coloration des pâtes : il existe, en effet, une liaison très étroite et négative entre tenacité du gluten et indice de coloration jaune; seuls les caractères « grain riche en protéines peu tenaces » et « indices de couleur » peuvent être réunis sur une même variété.

3° OBJECTIFS D'AMÉLIORATION.

Compte tenu de leur caractéristiques présentes, les objectifs d'amélioration des variétés intéressent :

- *la résistance à la verse*, dont l'élévation du niveau permettrait d'accroître la fumure azotée, et donc de mieux lutter contre le mitadinage;
- *la capacité de tallage*;
- *la résistance aux parasites* (fusarioses, rouille jaune) et à l'humidité;
- *la qualité technologique* : résistance au mitadinage, coloration des pâtes.

IV. CULTURE.

1° PLACE DANS L'ASSOLEMENT.

Du point de vue agronomique, le blé dur devrait normalement succéder à une tête d'assolement, à l'exception du maïs (Fusariose). Pour des raisons économiques, il a souvent la même place que l'orge de printemps derrière un blé tendre d'hiver dont on a pris soin de détruire les pailles.

Cependant il ne faut pas semer un blé dur derrière un blé tendre mal réussi (nombreuses impuretés à la récolte).

Il ne faut jamais également faire un blé tendre après un blé dur (parasites).

Il faut éviter les soles infestées de vulpin, de folle avoine ou d'agrostide.

20 PRÉPARATION DU SOL.

En raison de sa sensibilité à l'excès d'eau, il faut exclure les sols lourds, se ressuyant mal au printemps.

En zone méridionale on effectue un labour d'été qui est repris par des façons superficielles.

En zone nord après un labour d'automne ou d'hiver, la terre, une fois ressuyée, sera reprise de façon à être ni trop motteuse, ni creuse en profondeur.



Un essai de lignées de blé dur en cours de sélection.

Photo INRA

3° FUMURE.

a) La fumure de fond.

Elle est constituée de 80 kg à 120 kg/ha d'acide phosphorique et de 120 à 150 kg/ha de potasse.

b) La fumure azotée.

- *en semis d'automne*, est généralement apportée en deux fois :
 - au début du tallage (fin janvier) : 40 kg/ha;
 - au début de la montée (au stade 10 cm d'élongation du maître brin) : 40 kg/ha.
- *en semis de printemps* :
 - avec une variété résistante au mitadinage et une faible sensibilité à la verse 'Montferrier' : 80 à 120 kg/ha d'azote apportés en totalité au semis peuvent assurer un bon rendement et une qualité convenable;
 - avec une variété sensible au mitadinage et à la verse 'Lakota' les apports fractionnés sont préférables (60 kg/ha + 60 kg par exemple).

4° SEMIS.

a) Traitement des semences.

Il est indispensable de les traiter contre les fusarioses et septoriose à l'aide de produits à base de composés *organomercuriques* ou de *manèbe*. On peut également utiliser des produits à base de *mancozèbe* ou *oxynate de cuivre*.

b) Date de semis.

Les semis doivent :

- en zone sud : s'effectuer en automne, de fin octobre à fin décembre;
- en zone nord : immédiatement après les froids, fin février à mi-mars, lorsque le sol, bien ressuyé, atteint $\pm 5^{\circ}\text{C}$ à 5 cm.

c) **Densité.**

L'expérience montre qu'il faut obtenir :

- en semis d'automne : 200 à 250 plantes au mètre carré, fournissant environ 300 épis au mètre carré (avec 'Bidi 17', 'Montferrier' ou 'Lez');
- en semis de fin d'hiver ou de printemps : 250 à 300 plantes au mètre carré, (avec 'Lakota' ou 'Wells').

Ces densités correspondent à des doses de semences allant de 90 à 150 kg/ha, selon les variétés.

d) **Profondeur.**

Il faut semer peu profond, entre 2 et 4 cm : les plantes issues de graines trop enterrées lèveront **difficilement** et seront plus fragiles...

5° DÉSHÉRBAGE.

En raison de sa faible capacité de tallage, le blé dur est peu concurrentiel à l'égard des adventices. Le désherbage doit donc être, si possible, précoce et durable.

Il peut s'effectuer à l'aide :

- de colorants nitrés (DNOC à 2,5-4 kg/ha de matière active ou **dinosèbe** à 1-1,5 kg/ha de matière active) en désherbage précoce;
- à l'aide de phytohormones, au MCPA (0,6 à 0,8 kg/ha, de préférence au 2,4-D), en début de montée.

La sensibilité des blés durs aux phytohormones est comparable à celle des blés tendres de printemps.

6° APPLICATION DU CCC.

Étant donné les risques de verse, importants chez le blé dur, un traitement au CCC (à la dose de 1,5 kg/ha de matière active¹) effectué à la fin du tallage peut réduire la hauteur des pailles et améliorer leur rigidité. Le traitement au CCC peut aussi autoriser l'emploi de plus fortes doses d'azote.

7° RÉCOLTE.

a) **Stade de récolte.**

Dans la région méridionale, on peut récolter à *surmaturité*, les risques de germination sur pied ou d'égrenage étant minimes.

Dans la région nord, les risques de germination sur pied et de moucheture peuvent obliger à récolter avant ce stade : *si l'on dispose d'un séchoir*, on peut récolter à la moissonneuse-batteuse dès que le taux d'humidité du grain est inférieur à 20 %.

1. Soit 4 l/ha de produit commercial, dilué dans 300 à 500 l d'eau.

b) Valeur technologique de la récolte.

Celle-ci est mesurée par son rendement en semoule de qualité supérieure.

Ce rendement dépend :

- de caractéristiques *non ou faiblement variétales*,
 - l'homogénéité du lot (absence de mélanges avec du blé tendre notamment);
 - absence de maladie, ou d'accident de maturation;
 - propreté et siccité du grain;
- de caractéristiques *principalement variétales*,
 - indice de mitadinage (lui-même conditionné par la teneur et la qualité des protéines);
 - aptitude du grain à donner des pâtes jaune ambré;
 - teneur du grain en enveloppes et en matières minérales.

Actuellement (1970), les normes exigées pour l'utilisation en semoulerie sont les suivantes :

- poids spécifique minimum : 78 kg/ha,
- pourcentage global de grain mitadinés : 20 % maximum,
- pourcentage de grains de blé tendre : 4 % maximum,
- pourcentage d'impuretés diverses : 0,5 % maximum,
- pourcentage d'impuretés venant des céréales (grains germs, cassés...) : 3,5 % maximum.

A titre indicatif, de 1958 à 1968, 6 à 28 % des lots récoltés annuellement en France ont été impropres à l'utilisation en semoulerie par suite de mitadinage exagéré et 28 à 65 % ont été pénalisés par des réfections.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE III

- AURIAU (Ph.). 1964. — *Étude comparée du développement reproductif de quatre variétés de blé dur (Triticum durum Desf.)*. Thèse Doc. Fac. Sci. Paris, 155 p.
- BLANCHARD (M.). 1960. — Le blé dur dans le monde. Comment distinguer le blé dur du blé tendre au cours des analyses internationales de Semence. — *C. R. Assoc. Int. Essais Semence*, 25, 234-246.
- BENOIST (Cl.). 1966. — Problèmes posés par la culture du blé dur dans la région parisienne. — *C. R. Acad. Agric.* 52, 1, 67-73.
- DIONIGI (A.). 1962. — Mitadinage des blés durs et les moyens agronomiques pour les combattre. — *Genet. Agrar.* 15, 3-4, 263-387.
- GRIGNAC (P.). 1965. — *Contribution à l'étude de Triticum durum* (Desf.) Thèse, Fac. Sci. Toulouse, 152 p.
 — 1967. — Fumure azotée du blé dur et mitadinage. *Bull. Engrais*, 497, 57-62.
 — 1969. — Le blé dur. Variétés et techniques culturales. *Bull. Techn. Inf.*, 244, 799-806.
 — 1970. — Amélioration de la qualité des variétés de blé dur. *Ann. Amél. Plantes*, 20, 2, 159-188.
- MATWEFF (M.). 1963. — Le mitadinage des blés durs, son évaluation et son influence sur le rendement et la valeur des semences. *Bull. Rev. Anc. Ec. Fr. de Meunerie*, 198, 299-305.
- ROCHE (G.). 1969. — Le blé dur français. *Agriculture*, 321, 151-153.
- SIMON (M.) et CAVENEL (B.). 1969. — *Identification et classification des variétés de blé dur cultivées en France*. INRA S.E.I., 16 p.
- VALDEYRON (G.) et SEQUELA (S. M.). 1958. — Étude bibliographique et expérimentale sur le mitadinage. *Ann. Amél. Plantes*, 3, 291-328.

CHAPITRE IV

ORGE

Hordeum vulgare L. (*H. sativum* Pers.) (2 n = 14)

I. ÉCONOMIE DE LA PRODUCTION.

A. L'ORGE DANS LE MONDE.

1° De toutes les céréales, l'orge est celle dont *l'aire de culture est la plus étendue* : elle va du nord de la Suède au Moyen-Orient et à l'Égypte, du niveau de la mer à 4 000 m dans l'Himalaya : c'est donc une espèce très rustique.

2° La culture est en *nette progression*, tant en ce qui concerne les superficies que les rendements (tableau IV-1). Actuellement (1970) la production mondiale d'orge est peu inférieure à la moitié de celle du blé tendre.

TABLEAU IV-1. — *Production mondiale d'orge* (d'après F.A.O.)

	1934-38	1948-52	1956	1961	1968
Superficies (millions d'hectares)	36,4	46,0	55,5	50,7	74,9
Productions (millions de quintaux)	418	543	754	770	307
Rendements (q/ha)	11,5	11,8	13,6	15,2	17,4

3° Les principaux producteurs sont (FAO, 1969).

Europe.	15 485 000 ha et 459 000 000 q
URSS	19 350 000 ha et 289 000 000 q
Amérique du Nord.	7 730 000 ha et 165 000 000 q
Asie	11 550 000 ha et 136000000q

Les États-Unis et le Canada sont les principaux pays exportateurs.

4° A l'échelle européenne (URSS non comprise) la progression est également très nette (tableau IV-2).

TABLEAU IV-2. — *Production européenne d'orge* (d'après F.A.O.)

	1934-38	1948-52	1956	1966	1968
Superficies (millions d'hectares)	9,4	8,9	11,0	13,8	15,5
Productions (millions de quintaux)	144	151	237	368	459
Rendements (q/ha)	15,4	17,0	21,5	26,6	29,7

La production d'orge des six pays du Marché commun est passée de 45 millions de quintaux en 1950-1954 98 millions en 1960 et 150 en 1968.

5° L'extension de cette culture depuis 1945 est corrélative de l'impulsion donnée dans la plupart des pays aux *productions animales*.

B. L'ORGE EN FRANCE.

1° Comme dans tous les autres pays d'Europe, l'on assiste *depuis 1950 à une très forte extension* de la culture d'orge en France.

Ce phénomène, associé au développement de la culture du *maïs*, constitue *l'élément le plus marquant de la production céréalière française d'après guerre*.

Le tableau IV-3 résume l'évolution de la production d'orge en France depuis le début du siècle.

TABLEAU IV-3. — *Évolution de la production d'orge en France*

ANNÉES	SURFACES (milliers d'hectares)	RENDEMENTS (q/ha)	PRODUCTIONS (millions de quintaux)
A. — Moyennes annuelles (1901 à 1965)			
1901-1910	718	12,9	9 315
1911-1920	674	12,6	8 477
1921-1930	711	14,4	10 200
1931-1940	740	14,8	10 918
1941-1950	762	12,9	10 021
1951-1960	1 506	21,9	32 978
1961-1964	2 327	27,9	64 946
B. — 1966 à 1970			
1966	2 649	28,1	74 517
1967	2 777	35,0	97 131
1968	2 739	33,0	89 794
1969	2 868	33,0	94 521
1970	2 929	27,0	80 090

Relativement stables jusqu'en 1950, les superficies ont quadruplé depuis lors, les rendements ont plus que doublé; *la production s'est accru de 1 à 9.*

La collecte est passée de 4 millions de quintaux en 1950 à plus de 50 millions en 1968-69, soit 55 % de la production. Corrélativement, la France figure au premier rang des pays européens exportateurs d'orge (12,5 millions de quintaux, exportés vers la CEE en 1967-68).

2° On cultive en France, deux types d'orge : *l'orge d'hiver* et *l'orge de printemps.*

L'orge d'hiver, dont la culture tend à régresser en pourcentage, demeure cultivée surtout dans l'Ouest (Poitou, Charente) le Sud-Est (Lauragais), la Champagne et le Sud-Est.

	1950	1954	1958	1962	1964	1966	1968
Surfaces (milliers d'hectares)	267	387	368	338	265	230	265
Pourcentages des surfaces totales	27,2	31,4	20,6	15,5	12,7	10,8	9,7

L'orge de printemps, dont la culture s'accroît depuis 1950 représente aujourd'hui les 90 % des emblavures d'orge.

Les départements principaux producteurs sont sensiblement les mêmes que pour le blé, l'orge de printemps lui succédant généralement dans la rotation. Les principales régions productrices sont donc la région parisienne (Seine-et-Marne, Yvelines), le Nord, la Picardie, le Centre (Eure-et-Loir, Indre), la Champagne.

3° Les raisons de ce développement de la culture de l'orge en France sont les mêmes que partout ailleurs :

- *l'extension des productions animales* (avicole et porcine en particulier);
- *le niveau élevé* (et sans cesse croissant) de productivité de cette espèce;
- *sa valeur énergétique élevée*, très supérieure notamment à celle de l'avoine (1 kg d'orge = 1 UF).

Par ailleurs, les perspectives d'ouverture du *Marché commun* céréaliier ont fortement influencé cette évolution.

La CEE importait encore en 1966-1967, 19 millions de quintaux des pays tiers. A cette même date nos exportations se sont élevées à 18 millions de quintaux dont 10 millions vers nos partenaires de la CEE.

Compte des perspectives d'exportation dans les pays de la Communauté et les pays tiers, les objectifs définis par le 5^e Plan prévoyaient en 1970 une production française de 90 millions de quintaux, objectif atteint. Les prévisions du 6^e Plan, pour 1975, sont de 100 millions de quintaux (2 700 000 ha et 37 q/ha).

4° L'intérêt porté par les agriculteurs à l'orge de printemps plutôt qu'à l'orge d'hiver, tient à plusieurs causes :

- les progrès les plus importants réalisés dans l'amélioration des orges d'hiver (résistance à la verse) sont bien postérieurs à ceux obtenus en orge de printemps : en orge d'hiver, ils datent de moins de 10 ans ('Ager').

— à l'exception d'une seule variété, toutes les orges d'hiver ont des grains très grossiers, exclusivement fourragers;

— enfin, la précocité de maturité expose cette culture, dans certaines régions, aux attaques des oiseaux.

Pourtant la culture de l'orge d'hiver conserve des avantages certains sur celle de printemps.

— la précocité de récolte (2 à 3 semaines avant celle du blé d'hiver), étale les travaux de moissons, et permet de faire éventuellement une culture dérobée derrière;

— le rendement des meilleures variétés d'orge d'hiver est généralement supérieur de 15 à 25 % à celui des orges de printemps, selon les régions.

II. LA PLANTE.

A. CARACTÈRES BOTANIQUES.

1° PLACE DANS LA CLASSIFICATION BOTANIQUE.

L'orge cultivée appartient à la famille des Graminées, tribu des Hordées, genre *Hordeum*. Ce genre comprend deux grands groupes d'espèces.

a) Espèces à gros grains, à $2n = 14$.

H. spontaneum, orge sauvage distiche (2 rangs) à rachis fragile,

H. agriocrithon, orge sauvage polystiche (6 rangs) à rachis fragile,

H. vulgare, orge cultivée à 6 rangs ou à 2 rangs, à rachis solide.

b) Espèces à petits grains. à $2n = 14$ ou 28.

Toutes ces espèces sont sauvages; les unes sont annuelles (*H. murinum*, *H. maritimum*) les autres vivaces (*H. bulbosum*, *H. secalinum*).

2° ORIGINE GÉOGRAPHIQUE ET GÉNÉTIQUE.

Les orges cultivées dériveraient toutes d'*Hordeum spontaneum*. *H. agriocrithon* ne serait qu'un hybride récent, subspontanée, dérivant de croisements naturels entre *H. spontaneum* et des orges cultivées à 6 rangs.

Selon VAVILOV, la diversification des orges cultivées se serait effectuée dans deux centres géographiques principaux :

PROCHE ORIENT (Transcaucasie, Anatolie centrale, Syrie) où le *Hordeum spontaneum* prédomine.

MIE CENTRALE (Hauts plateaux du Tibet) où l'on rencontre le *Hordeum agriocrithon*, les orges inermes ou à barbes courtes ainsi que les formes à grain nu.

3° CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE LA PLANTE.

a) Appareil végétatif.

Au stade herbacé l'orge cultivée se distingue des autres céréales par :

- un feuillage vert clair;
- la présence d'une ligule développée, d'oreillettes **glabres**, généralement anthocyanées (on a toutefois obtenu des mutants sans **oreillettes**);
- un fort tallage, supérieur à celui du blé;
- un système racinaire plus superficiel que celui du blé;
- un chaume plus faible, versant plus facilement que celui du blé.

b) Inflorescence.

L'inflorescence est un *épi* blanc, barbu. Le rachis porte sur chaque article (10 à 15) trois épillets uniflores : un médian et deux latéraux. Ceux-ci sont attachés directement sur les **nœuds** du rachis en position alterne, sur deux rangées.

Chaque épillet est à glumes très étroites; chaque glumelle est surmontée d'une arête ou barbe (sauf chez l'orge inerme ou à capuchon). Suivant la fertilité de ces épillets, on distingue deux sous-espèces :

— *H. hexastichum* L. ou orges à 6 rangs encore appelées escourgeons : tous les épillets sont fertiles, les grains latéraux étant cependant moins gros que les grains médians.

— *H. distichum* L. ou orges à 2 rangs : seuls les épillets médians sont fertiles, les épillets latéraux sont stériles et non aristés.

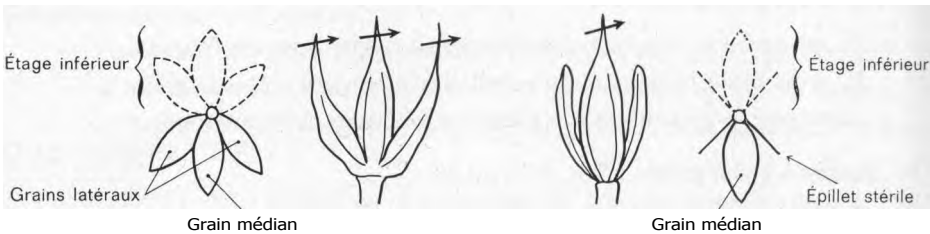


FIG. IV-1. — Disposition comparée des épillets chez les orges à six rangs (à gauche) et à 2 rangs (à droite).

En faisant intervenir la compacité de l'épi et l'adhérence du caryopse aux glumelles (grain vêtu ou nu), BERGAL et FRIEDBERG ont distingué à l'intérieur des deux sous-espèces, les variétés botaniques suivantes :

	<i>H. hexastichum</i> L.	<i>H. distichum</i> L.
Épi très compact — grain vêtu	var. <i>pyramidatum</i>	var. <i>zeocrithum</i> L.
Épi demi compact — grain vêtu	var. <i>parallelum</i>	var. <i>erectum</i>
Épi lâche grain vêtu	var. <i>pallidum</i>	var. <i>nutans</i>
Épi lâche — grain nu	var. <i>caeleste</i>	var. <i>nudum</i> L.

Certaines variétés japonaises à 6 rangs sont à grain nu.



Épi d'orge à six rangs



Épi d'orge à deux rangs.

Photos INRA

c) Grain.

C'est un caryopse à glumelles adhérentes chez les variétés cultivées. En coupe transversale on distingue les mêmes assises de cellules que chez le blé; l'assise à aleurone comporte cependant trois couches de cellules au lieu d'une seule. La baguette (ou rachillet) restée adhérente au grain est toujours plus au moins velue (caractère variétal).

B. DÉVELOPPEMENT.

1⁰ Le cycle de développement de l'orge est identique, dans ses grandes lignes, à celui du blé.

2⁰ *La physiologie du développement*, bien qu'encore peu étudiée, apparaît également très comparable à celle du blé.

Les orges d'hiver ont besoin pour monter de températures vernalisantes (légèrement supérieures au zéro de croissance, 0 °C). Corrélativement elles manifestent lors d'une chute progressive de température, le phénomène *d'endurcissement*, leur conférant un degré plus ou moins *élevé* de résistance au froid hivernal.

Les orges de printemps n'ont par contre aucun besoin de vernalisation pour monter.

L'orge est, par ailleurs, une espèce de *jour long*. Elle ne monte qu'en photo-période supérieure à 12-13 heures et la durée de la phase levée-épiaison exprimée en jours ou somme des températures décroît constamment avec l'allongement du jour jusqu'à un minimum caractéristique de la variété.

Ainsi pour une levée de début novembre, elle atteint, pour la variété *Hâtif de Grignon*, 170 jours et 1 350 °C; pour une levée de mars, elle n'est plus que de 65 jours et 900 °C; pour une levée postérieure à fin juin, elle s'accroît très rapidement.

Enfin, entre les deux types extrêmes de développement « hiver » et « printemps » existe une gamme de variétés plus ou moins alternatives.

C. ÉCOLOGIE DE LA CROISSANCE.

1° TEMPÉRATURE.

Le zéro de germination de l'orge est très voisin de 0 OC, identique à celui du blé. La germination de l'orge est cependant généralement plus rapide que celle du blé (importance plus grande et hydrolyse plus rapide des réserves).

Le seuil thermique des dégâts foliaires après gel hivernal est, comme chez le blé voisin de — 8 °C (à 2 m sous abri). Le seuil thermique de mortalité est approximativement de — 12 OC sans durcissement pour les variétés les plus sensibles au froid mais atteint — 16 °C pour les types les plus résistants.

Les sommes de température exigées pour l'ensemble du cycle végétatif sont plus faibles que celles d'un blé :

- pour l'orge de printemps, le cycle est de 110-120 jours soit 1 600 à 1 700 OC;
- pour l'orge d'hiver, le cycle est de 250 jours soit 1 900 à 2 000 OC.

2° EAU.

On peut estimer à environ 450-500 mm les besoins en eau d'une culture d'orge produisant 40 q de grain et 3,5 t de paille. Ces besoins sont généralement satisfaits quand il s'agit d'une orge d'hiver.

Dans le cas de l'orge de printemps, dont la durée de végétation se réduit à 4 mois, la pluviométrie printanière ne peut les satisfaire.

Ceci explique l'importance des réserves en eau du sol pour cette culture, réserves assurées par les *labours précoces*, d'automne ou d'hiver.

Notons enfin que ces besoins en eau sont surtout élevés au début de son développement; l'orge en fin de végétation est relativement peu sensible à la sécheresse; c'est la céréale des régions à étés secs comme, en France, la *Champagne berrichonne* par exemple.

3° NATURE DU SOL.

L'orge s'accommode mal des sols lourds, argileux, nitrifiant lentement au printemps (limitation du tallage). Elle tire mieux parti des terres légères, peu profondes, des sous-sols calcaires, donc en particulier, des types « rendzines ».

Ceci peut expliquer la localisation très ancienne de cette culture en Champagne, Berry, Gâtinais.

Comme le blé, cependant, elle donne de très bons rendements sur limons quand elle ne verse pas; l'orge requiert également des sols non creux, donc un labour réalisé bien avant le semis, suivi de façons superficielles soignées.

4° ÉLÉMENTS FERTILISANTS.

a) Azote.

Les nombreux essais réalisés sur la fumure azotée de l'orge permettent d'estimer à environ :

- 25 % le **coefficient** d'utilisation de l'azote dans le grain;
- 45 kg/ha les quantités exportées par une récolte de 30 q de grains;
- 105 à 110 kg les quantités exportées par une même récolte et la paille correspondante.

Pratiquement, compte tenu du niveau de résistance à la verse des meilleures variétés d'orge de printemps, le seuil de rentabilité de l'azote en Bassin parisien se situerait aux environs de 70-80 kg/ha.

Facteur de rendement, l'azote apporté *à dose élevée* ou *tardivement*, a aussi une influence sur la richesse du grain en cet élément :

<i>Apport tardif</i>	<i>N % du grain sec</i>	
<i>N kg/ha</i>	<i>Essai A</i>	<i>Essai B</i>
0	1,48	1,79
12	1,43	1,75
24	1,51	1,77
36	1,52	1,80

b) Phosphore et potasse.

La teneur du grain en ces deux éléments est relativement stable : 0,80 — 0,85 de la matière sèche pour le phosphore; 0,65 — 0,75 pour la potasse. Une récolte de 40 q exporte donc environ 35 kg de P_2O_5 et 25 à 30 kg de potasse.

La composition des pailles est plus variable. **DEMOLON** cite des chiffres allant de 0,70 % à 1,07 % de la matière sèche pour P_2O_5 et 0,78 - 1,80 % pour K_2O .

40 q de paille exportent donc environ 25-40 kg de P_2O_5 et 25 à 60 kg de K_2O .

Au total on peut considérer qu'un apport de 100 unités en ces deux éléments doivent, dans la plupart des cas, couvrir les exportations d'une culture d'orge.

D. ACCIDENTS ET PARASITES.

1° LE GEL HIVERNAL.

Les dégâts dus au froid sont très semblables à ceux observés chez le blé d'hiver : dégâts sur rhizome — sur plateau de tallage — sur feuilles. Ils sont d'autant plus graves que la chute de température est plus brutale (absence d'endurcissement) et la variété plus sensible.

2° LA VERSE.

L'orge est des trois céréales (blé, orge, avoine) la plus sensible à cet accident.

L'orge d'hiver, à tallage très fort, à paille haute, lignifiant tardivement est plus sensible à la verse que l'orge de printemps. Ceci traduit, en réalité, un niveau d'amélioration génétique moins élevé.

Dans l'un et l'autre cas, la sensibilité à la verse constitue le facteur limitant principal de *la fumure azotée*, donc d'accroissement des rendements.

3° LES PARASITES.

Les plus fréquemment rencontrés et les plus graves sont les suivants.

a) **Le charbon nu**, *Ustilago nuda* (Jens.) **Rostr.**

C'est un charbon à infection florale : le parasite se trouve à l'état latent dans l'embryon. Les moyens de lutte les plus classiques sont :

— le traitement des semences à l'eau chaude (51 °C);

— la sélection sanitaire : élimination des plantes charbonnées avant épiaison durant les premières générations de multiplication.

Toutefois, récemment a été mis au point un fongicide systémique la *carboxine* particulièrement **efficace** à l'égard du charbon, utilisable soit seul, soit en association avec d'autres produits fongicides (oxyquinolate de cuivre).

b) **La rouille naine**, *Puccinia hordei* (Oth.).

Les urédospores apparaissent à la fin du printemps, après l'épiaison, sous forme de très petites pustules brunes dispersées sur les deux faces des feuilles.

c) **La rouille jaune**, *Puccinia glumarum*. Eriks. et Henn.

Bien que constituant une forme spéciale à l'orge, la rouille jaune de l'orge présente les mêmes caractéristiques que celles du blé. Ces dernières années, cette rouille a été plus fréquemment observée en France et en Europe. Ceci résulte de l'extension de la race 24 (certaines races seraient communes à l'orge et au blé).

d) **L'oidium**, *Erysiphe graminis* **DC.**

Il est très fréquent et souvent grave notamment sur orge de printemps. Ses caractéristiques sont les mêmes que sur blé.

e) La rhynchosporiose, *Rhynchosporium secalis* (Oud.) Davis ou *Marssonina*.

Cette maladie se développe au cours des printemps humides et frais. Elle se caractérise par des taches de forme ovale de 1 à 2 cm de long, blanc grisâtre au centre, auréolée de brun.

Fréquente dans l'Ouest sur orge d'hiver, elle est plus rare sur orge de printemps, sauf en semis très précoce.

f) L'**helminthosporiose**, *Helminthosporium gramineum* Rabh.

Ce parasite développe d'abord des stries jaunâtres sur les feuilles parallèles aux nervures; puis ces stries brunissent et bientôt les feuilles sont comme lacérées en lanières longitudinales. Le développement de l'épi est parallèlement inhibé (stérilité).

Le parasite est transmis par les semences dans les enveloppes du grain.

Le traitement des semences avec les produits organo-mercuriques permet de combattre assez efficacement cette maladie.

Une autre forme d'Helminthosporiose due à *Helminthosporium teres* est beaucoup moins grave que la précédente.

g) Les parasites animaux.

Taupins, oscinies, chlorops, se rencontrent sur orge, comme chez les autres céréales.

L'orge est par ailleurs particulièrement sensible aux *nématodes*, notamment à l'espèce *Ditylenchus dipsaci*.

E. QUALITÉS TECHNOLOGIQUES.

L'orge est généralement cultivée pour son *grain* :

— soit pour *l'alimentation du bétail* (bovins, porcins, volailles);

— soit pour la *brasserie*.

Secondairement l'orge est cultivée pour sa *paille* (aliment du bétail ou source d'humus).

L'orge peut également être pâturée au stade tallage (orge d'hiver), ou récoltée en vert à l'épiaison, en culture pure ou en association avec une légumineuse (vesce d'hiver ou de printemps).

1^o COMPOSITION DU GRAIN.

Dans l'ensemble la composition du grain d'orge diffère assez peu de celle d'un blé ou d'un maïs (voir tableau 1-2, p.). On note cependant :

— une teneur plus élevée en cellulose (2,2 — 6,5 %);

— corrélativement une teneur en extractif non azoté plus faible (63 — 70 %).

Ceci résulte principalement de l'existence des glumelles.

2° CRITÈRES DE QUALITÉ D'UNE ORGE.

a) **Critères intéressant à la fois le brasseur et l'éleveur.**

LA FINESSE.

Plus fines sont, en effet, les enveloppes du grain, plus élevées sont la richesse en amidon, la valeur énergétique et la teneur en extrait diastasique.

La finesse du grain peut s'apprécier soit de façon pondérale (ex. en poids de glumelles) soit plus simplement à l'œil; un grain fin se reconnaît à sa glumelle inférieure *très finement ridée*.

Cette caractéristique, étant variétale, constituera un élément fondamental du **choix** des variétés, *quelle que soit la destination de la récolte*.

LA TENEUR EN PROTÉINES.

Pour l'éleveur, une teneur maximale en protéines est souhaitable; l'orge fourragère idéale devrait contenir 15 % *de protéines*. Mais on ne peut concilier une haute teneur en glucides avec une très forte teneur en protéines.

Il faudrait, pour cela réduire notablement la teneur en cellulose, c'est-à-dire cultiver des *orges nues*; celles-ci sont, pour l'instant, **insuffisamment** productives.

Pour le brasseur : tout excès de protéines est nuisible car plus de protéines = moins d'amidon; d'autre part, les moûts trop riches en azote clarifient mal (mousses instables) donnent des bières moins limpides et de moins bonne conversation.

Les protéines étant cependant nécessaires pour alimenter les levures et donner du « moelleux » à la bière, la teneur optimale en protéines des orges destinées à la brasserie se situe entre 9 et 11 % du poids sec du grain.

AUTRES CRITÈRES.

Les autres critères sont :

- *le pouvoir diastatique* dont dépend une bonne hydrolyse de l'amidon dans les délais requis,
- *la couleur, l'odeur du grain,*
- *le pourcentage de grain cassé.*

Ces critères sont des indices de bonne maturité et de bonne conservation; par conséquent de bonne valeur biologique de la récolte.

b) **Critères intéressant essentiellement le brasseur.**

La faculté et l'énergie germinative. Lors de l'opération du maltage, l'obtention de 95 % de grains germés en quatre jours constitue un seuil minimum : grande vitesse de germination et pouvoir germinatif très élevé sont indispensables. Le phénomène de dormance peut dès lors faire rejeter certains lots de variétés d'orge trop fraîchement récoltés (Voir plus loin).

Poids de 1 000 grains élevé et bon calibrage. La richesse en amidon et l'énergie germinative sont corrélatifs d'un poids de 1 000 grains élevés. Pour cela il faut essayer d'avoir *un lot homogène*, présentant un maximum de gros grains.

L'homogénéité d'un lot est mesuré par une série de trois tamis : 2,8; 2,5 et 2,2 mm. Commercialement 90 % des grains doivent rester sur les grilles de 2,8 et 2,5; en dessous de 2,21 « fond » ne doit pas excéder 2-3 %.

C'est en raison de ce critère d'*homogénéité* que les orges à 6 rangs sont exclues en brasserie.

La teneur en extrait. L'ensemble des matières qui, dans le malt, résultent par action des amylases, du dédoublement de l'amidon en dextrines et maltose constituent conventionnellement « l'extrait ».

Ce taux d'extrait conditionne le rendement en brasserie.

Il est variétal et nécessairement très corrélatif de la *finesse du grain* . Il peut varier de 76 à 82 % du poids sec du grain selon la variété et l'année.

III. LES VARIÉTÉS CULTIVÉES.

A. LES VARIÉTÉS D'ORGE DE PRINTEMPS.

1^o HISTORIQUE.

Au siècle dernier on ne cultivait dans toute l'Europe que des *populations* d'orge, telles : en Angleterre, l'*Orge Chevalier*; en Suède, l'*Orge d'Or*; en Bohême et Moravie, les *Orges de Hanna*; en France, les *Baillarges*, les *Orges du Puy*.

Ces orges surtout cultivées pour la brasserie, étaient toutes à 2 rangs, à grains fins, mais très sensibles à la verse.

L'amélioration de ces variétés n'a véritablement commencé qu'au début du **xx^e** siècle. Elle s'est effectuée en deux étapes principales :

1^{re} étape. **Sélection généalogique dans les populations** avec comme objectif l'obtention de lignées pures, à grain d'aussi bonne qualité que celle des populations, mais plus résistantes à la verse.

Ainsi furent obtenues un certain nombre de variétés aujourd'hui disparues '**Bavaria**', '**Danubia**' (Allemagne), '**Primus**' (Suède), '**Binder**' (Danemark), '**Comtesse**', '**Sarah**' (France).

2^e étape. **Sélection généalogique après hybridation** des premières lignées pures, avec comme objectif jusqu'avant guerre, l'accroissement de la résistance à la verse et du rendement; depuis 1945, l'amélioration de la résistance aux parasites, de l'**oïdium**, en particulier, a été abordée, à partir de géniteurs nouveaux issus de populations non européennes ou d'espèces sauvages (*Hordeum spontaneum nigrum*) pour la résistance à l'oïdium.

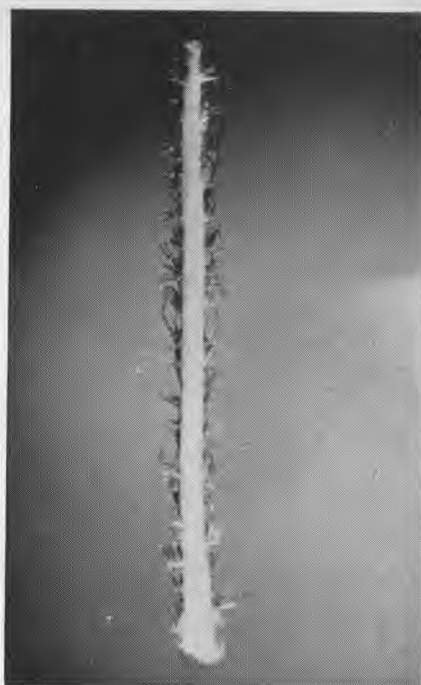
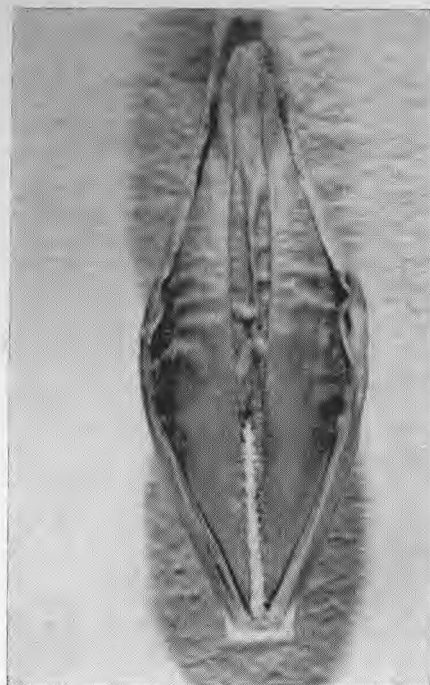
Ainsi furent créées successivement :

- en Allemagne, '**Isaria**' (1929), '**Haisa II**', '**Piroline**' (1955), '**Wisa**' (1961);
- au Danemark, '**Kenia**' (1937);
- en Suède, '**Rika**' (1951);
- en France, '**Aurora**' (1943), '**Ariel**' (1961), '**Cérés**' (1962), '**Piri**' (1966).

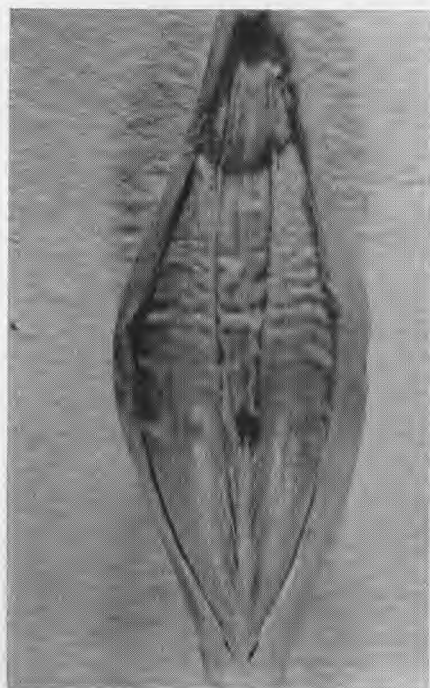
2^o CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES.

A l'exception de deux obtentions (Iris' et 'Mars'), les variétés d'orge de printemps cultivées en France sont à deux rangs, à épi lâche, donc *nutans*.

Chaque variété, étant une lignée pure, peut être identifiée à l'aide de petits caractères intéressant l'épi, le grain et la plante en végétation.

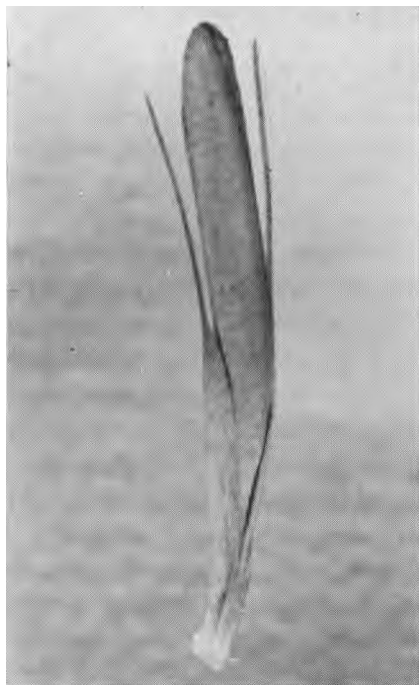


Baguette à poils courts et frisés.

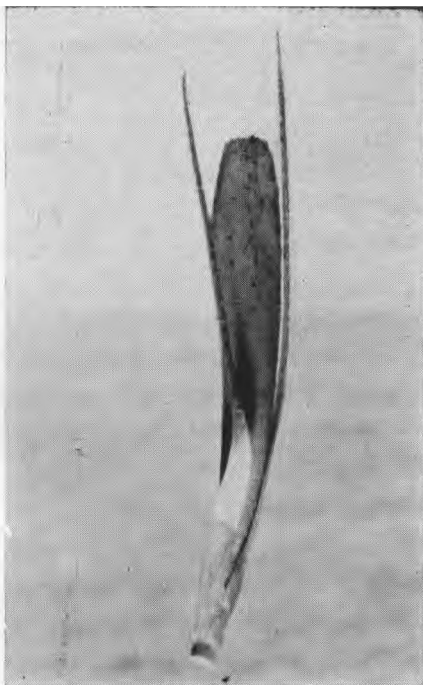


Photos INRA

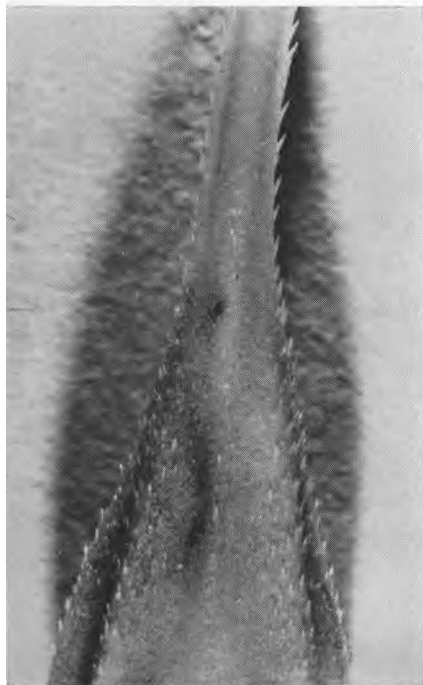
Baguette à poils longs et droits.



Glumes plus courtes
que la glumelle inférieure de l'épillet stérile.

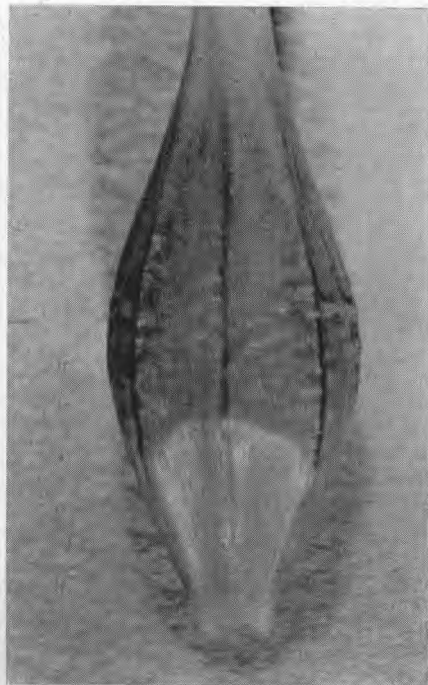


Glumes plus longues
que la glumelle inférieure de l'épillet stérile.



Avec épines

Nervures latérales dorsales de la glumelle inférieure.



Sans épine

a) L'épi.

Forme et dimension du premier article du rachis, profil du rachis, forme et longueur de l'épillet stérile, etc.

b) Le grain.

La longueur des poils de la baguette et la présence (ou l'absence) d'épines sur les nervures de la glumelle inférieure (car actères de Neergaard) permettent de classer les variétés en quatre catégories **A**, **B**, **C** et **D**, selon le tableau ci-dessous.

TABLEAU IV-4. — *Caractères de Neergaard pour le classement des variétés d'Orge*

GLUMELLE INFÉRIEURE		BAGUETTE	
		Poils longs et droits	Poils courts et frisés
Nervures latérales et dorsales de la glumelle inférieure	sans épine	A	C
	avec épine	B	D

D'autres caractéristiques sont observables sur le grain : pilosité des bords du sillon, dimension et forme des lodicules, etc.

c) La plante en végétation :

Port au tallage, pilosité des gaines foliaires, sensibilité au DDT, au barbane, port de la dernière feuille, etc., permettent de différencier les variétés.

3⁰ CARACTÈRES CULTURAUX : CRITÈRES DE CHOIX DES VARIÉTÉS.

a) Productivité et résistance à la verse.

Le niveau actuel de productivité des meilleures orges de printemps ('Cérès', 'Mamie') dépasse 50 q/ha.

La manifestation de cette productivité est conditionnée du moins **partiellement** par la dose d'azote que peut supporter la variété sans verser : les variétés les plus résistantes à la verse sont généralement aussi les plus productives.

L'échelle de résistance des variétés actuelles est sensiblement la suivante :

- Résistantes : 'Betina', 'Cérès', 'Mamie', 'Rika'.
- Assez résistantes : 'Aurore', 'Carlsberg II'.
- Assez sensibles : 'Pirolina'.
- Sensibles : 'Beka'.

Les variétés du groupe 'Rika' peuvent, en bonne terre, derrière blé d'hiver, tolérer 60 kg/ha d'azote sans risques de verse.

e orge de prin-
aps à surmaturité
ide « épis en
chet »).



Photo S.P.I.E.A.

b) Résistances aux parasites.

Seules quelques variétés récentes, dont une majorité est d'origine étrangère, manifestent une résistance à l'oïdium. Citons notamment comme résistantes ou très peu sensibles :

'Ariel', 'Betina', 'Prélude', 'Sultan', 'Wisa'.

c) Qualité.

Sur le plan variétal, le critère qualitatif essentiel est la proportion d'amande dans le grain, c'est-à-dire, *la finesse des glumelles* :

— c'est un caractère assez peu fluctuant et appréciable à l'œil;

— c'est un facteur de qualité *brassicole et fourragère* à la fois.

Les orges à grain très fin ('Beka') ont un pourcentage d'enveloppe de 8 à 9 %; les orges de finesse moyenne ('Rika') se situent à 10-11 %; les orges à grain grossier se situent à 11-12 % et au delà.

La teneur en extrait étroitement liée au pourcentage de glumelles est également variétale et conduit pratiquement au même classement.

La teneur en protéines est également une caractéristique variétale mais semble plus fluctuante que la teneur en extrait : elle dépend des conditions de maturation, liées aux facteurs climatiques de l'année; elle est aussi fonction de la fumure azotée (doses élevées et emploi tardif).

TABLEAU IV-5. — Variations comparées de la teneur en protéines et en extrait avec la dose d'azote (d'après SECOBRA, 1959)

VARIÉTÉS	PROTÉINES % ORGE SÈCHE			EXTRAIT % D'ORGE SÈCHE		
	25 kg/ha d'azote	50 kg/ha d'azote	différence % 25 kg	25 kg/ha d'azote	50 kg/ha d'azote	différence % 25 kg
Proctor'	10,3	11,0	+ 6,8	78,4	78,0	— 0,5
'Haïsa II'	10,7	11,4	+ 6,5	78,8	78,9	+ 0,1
'Kenia'	10,9	10,7	— 1,9	78,9	79,1	± 0,3

Enfin; la manifestation d'une *dormance* après récolte rend impossible l'emploi en brasserie de variétés trop récemment récoltées : telles 'Piroliné', 'Ariel'.

d) **Précocité.**

En conditions plus ou moins sèches (sols à faible pouvoir de rétention, pluviométrie de printemps faible), le choix d'une variété précoce s'impose, telle 'Astrid', par exemple.

4° PROBLÈMES ACTUELS D'AMÉLIORATION.

Il s'agit essentiellement :

- d'accroître encore la productivité (choix plus rationnel des géniteurs, utilisation éventuelle de la vigueur hybride);
- d'améliorer la régularité des rendements par un accroissement de la *résistance à la verse* (création d'orges à paille courte, voire *demi-naines*), de la résistance aux parasites (aux diverses races d'oïdium, et de rouille jaune;
- d'améliorer la *qualité*, plus particulièrement la *finesse* des enveloppes, et, spécialement en orge fourragère, la teneur et la qualité des protéines (richesse en lysine).

B. LES VARIÉTÉS D'ESCOURGEON ET D'ORGE D'HIVER.

1° HISTORIQUE.

Jusqu'en 1937 seules des *populations de pays* étaient cultivées en France :

- *populations dites de Vendée et de l'Île de Ré*, très productives, précoces, mais assez sensibles au froid et à la verse;
- *populations du Centre et de Champagne*, plus résistantes au froid mais sensibles à la verse et tardives.

Ce n'est que vers 1920 que des travaux de sélection ont été entrepris à l'étranger et en France avec comme objectif l'obtention de *lignées pures* plus résistantes à la verse et plus productives que les anciennes populations.

Ainsi furent obtenues successivement :

- en Belgique : 'Professeur Damseaux' (1937), 'Bordia' (1948);
- en Allemagne : 'Probstdorf' (1937), 'Atlas' (1955);
- en France : 'Hâtif de Grignon' (Bretignère 1937), 'Hâtif Bonte' (Bonte 1951), 'Frimas' (Blondeau 1956), 'Arès' (INRA, 1959), 'Ager' (INRA, 1963), 'France Déa' (1962), 'Nymphé' (1963), 'Maguelone' (INRA, 1966), 'Monlon' (1966), 'Astrix' (Desprez, 1969).

2° CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES.

A l'exception de la variété 'Noelle' toutes ces variétés sont à *six rangs* (escourgeons). Par ailleurs, elles diffèrent par de petits caractères d'identification semblables à ceux observés chez l'orge de printemps.

3° CARACTÈRES CULTURAUX : CRITÈRES DE CHOIX DES VARIÉTÉS.

a) **Productivité et résistance à la verse.**

La productivité des meilleures variétés d'escourgeon est probablement supérieure à 60 q/ha.

Selon les résultats expérimentaux des 6 dernières années (1964-1969) :

— en zone Ouest et Midi : 'Ager', 'Monlon' et 'Maguelone' sont les plus productives;

— en zone Nord et Centre : 'Astrix', et 'Ager', fournissent les meilleurs rendements.

Comme chez les autres céréales, la verse est un des principaux facteurs limitant l'extériorisation de la productivité.

La recherche de variétés résistantes à la verse a conduit à créer, comme chez le blé d'hiver, des variétés à paille de plus en plus courte (caractère apporté dans la plupart des hybridations effectuées par l'orge de printemps).

L'échelle suivante illustre les progrès accomplis :

- taille haute (120 cm) 'Atlas'
- taille assez haute (110 cm) 'Hâtif de Grignon'
- taille moyenne (95-100 cm) 'Astrix'
- taille assez courte (90 cm) 'Ager'
- taille courte (85 cm) 'Maguelone'.

b) Résistance au froid.

Une très grande variabilité existe entre les variétés pour la résistance au froid. Comparativement aux blés d'hiver, l'on a sensiblement l'échelle suivante :

	ORGE	BLÉ
Hautement résistant, type.	—	'Minhardi'
Très résistant, type	'Vima'	'Alsace 22'
Résistant, type	'Atlas'	'Côte-d'Or'
Assez résistant, type	'Bordia'	'Extra Kolben'
Peu sensible, type	'Probstdorf'	'Préparateur Étienne'
Assez sensible, type	—	'Vilmorin 27'
Sensible, type	'Hâtif.de Grignon'	'Vilmorin 23'
Très sensible, type	'Rika'	'Hybride de Bersée'

Compte tenu de leur degré de résistance au froid, l'aire de culture des orges d'hiver :

— du niveau 'Hâtif de Grignon', se limite à l'ouest et au sud de la France :
ex. 'Monlon', 'Précoce Lepeuple';

— du niveau 'Probstdorf', peut s'étendre au bassin parisien, ex. 'Ager', 'Astrix', 'Nymphé';

— du niveau 'Bordia' à 'Atlas'; atteint la région Est, ex. 'France Déa', 'Manon'.

c) **Alternativité.**

Comme chez le blé d'hiver, une grande variabilité existe pour ce caractère, représentée par l'échelle suivante :

Hiver (date limite de semis, 15 janvier)	`Atlas', `Manou'.
Demi-hiver	`Ager', `Astrix', `Noelle'.
Demi-alternatif.....	`Monlon', `Précoce Lepeuple'.
Alternatif	`Nymphe', `Maguelone'
Très alternatif.	`Hâtif de Grignon'.

Les variétés de type hiver ou demi-hiver doivent toujours être semées à l'automne.

d) Précocité.

D'une manière générale, les orges d'hiver épient et mûrissent 10 à 15 jours avant les orges de printemps. Cependant, une assez large échelle de précocité existe entre variétés : dix à douze jours d'écart séparent à l'épiaison `Hâtif de Grignon', de `Manon' ou `Atlas'.

C'est en particulier à sa très grande précocité qu'`Hâtif de Grignon' a gardé quelque intérêt dans l'Ouest, où il est souvent suivi d'un chou repiqué ou autre fourrage dérobé d'été.

Par contre, dans l'Est et le Centre, les variétés les plus précoces risquent de souffrir de gelées tardives sur les épis.

e) Qualité.

A l'exception de `Noelle', orge à deux rangs de bonne valeur brassicole, les orges d'hiver sont à destination uniquement fourragère.

Les variétés à six rangs (escourgeon) ont en effet des enveloppes grossières. Leur teneur en extrait est, en conséquence, de 1 à 3 % plus faible que celle des orges de printemps (77 contre 79 % en moyenne); leur teneur en protéines est également plus faible.

Il existe, par ailleurs, des différences notables de poids de mille grains. `Ager' a le plus faible (30-32 g), `Hâtif de Grignon', `Astrix', `Monlon' ont un poids de mille grains élevé (40-42 g).

4° PROBLÈMES ACTUELS D'AMÉLIORATION.

Il s'agit principalement d'obtenir :

— *des escourgeons* plus résistants encore à la verse, plus productifs et plus résistants au froid qu'`Ager', résistants aux principaux *parasites* (oïdium, marssonie, rouille naine), de meilleure *qualité* de grain;

— *des orges à deux rangs* d'hiver aussi productives que les escourgeons et de meilleure qualité.

IV. CULTURE.

A. CULTURE DE L'ORGE DE PRINTEMPS.

1° PLACE DANS LA ROTATION.

Le précédent normal et traditionnel de l'orge de printemps dans la rotation est un blé d'hiver, L'accroissement de la résistance à la verse des variétés modernes

permet cependant de faire de l'orge de printemps même derrière un *maïs* ou une *betterave*. Elle peut aussi succéder à une *culture dérobée d'hiver* (chou fourrager, navette, ray-grass d'Italie).

Enfin, il est fréquent dans les exploitations fortement céréalières, de faire revenir l'orge sur elle-même : dans ces conditions les rendements obtenus sont toujours inférieurs à ceux obtenus dans une rotation où intervient une plante sarclée.

2° PRÉPARATION DU SOL.

a) Derrière céréale, il faut effectuer d'abord *un déchaumage précoce*, puis un *labour d'automne*, assez profond (22-25 cm), enfouissant la fumure de fond.

Pour emmagasiner le maximum d'eau, améliorer ou maintenir la structure du sol, ce labour doit être motteux, bien dressé.

Au printemps, hersages et croskillages permettront de reprendre les terres et de préparer le lit de semences.

b) Derrière plante sarclée ou culture dérobée d'hiver, un labour de 15-20 cm à l'automne ou au printemps suivi de façons *superficielles* suffiront généralement.

3° FUMURE.

a) Fumure de fond.

Derrière *blé*, 70 à 100 kg de P_2O_5 seront apportés soit en totalité, au labour d'automne, sous forme de scories, soit deux tiers à l'automne, et un tiers au printemps, sous forme de superphosphate; parallèlement 70 à 100 kg de K_2O seront généralement apportés au labour d'automne sous forme de chlorure.

Il est également fréquent au printemps d'apporter ces éléments et l'azote sous forme d'engrais complets.

b) Fumure azotée.

Elle sera essentiellement fonction du précédent, de la nature du sol et de la résistance à la verse de la variété.

Derrière le blé, en sol de limon, 'Rika' et mieux encore 'Cérés' peuvent supporter une dose de 70 kg/ha d'azote sans verser, alors que 'Pirolina' n'en tolérera que 50 kg et 'Béka', 40 kg.

Selon les résultats expérimentaux du S.P.I.E.A. l'optimum économique national peut être considéré comme assez constant entre années et égal à 80 unités d'azote à l'hectare.

En 1966 et 1967, l'optimum pour la variété 'Mamie' a été de 95 et 108 kg d'azote respectivement; pour 'Cérés' 85 et 87; pour 'Rika', 71 et 85.

En sols calcaires ou sableux, moins bien pourvus en matières organiques, les quantités d'azote doivent être augmentées de 10 à 20 unités supplémentaires à l'hectare. Il en est de même pour les orges sur orges.

Par contre, derrière plante sarclée, ces doses doivent être diminuées de 15 à 20 kg/ha.

L'azote sera, par ailleurs, apporté en *totalité au semis*, sous forme **ammoniacal** de préférence.

Le fractionnement de la fumure (2/3 au semis, 1/3 au tallage par exemple) n'accroît que rarement le rendement mais peut améliorer la teneur en protéines du grain, ce qui est intéressant pour l'orge fourragère.

4° SEMIS.

a) Date.

Il faut semer le *plus tôt possible*, dès que l'on a pu procéder aux travaux superficiels de printemps : le trop célèbre dicton « A la Saint-Georges sème ton orge » est responsable, de bien des échecs.

Pratiquement, dans l'Ouest et la Région parisienne, il faut semer de fin février, si possible, à début mars. Dans le Nord et en Champagne on sera souvent conduit à semer fin mars.

Dans la mesure où le semis a été retardé, choisir une variété précoce.

b) Densité du semis.

Les doses que l'on voit utiliser sont souvent trop fortes : *300 plantes au mètre carré* constituent un peuplement maximal; en aucun cas, il ne faut dépasser *150 kg* de semences. En semis précoce, sur terre de limons, *100 kg/ha* sont à conseiller.

c) Désinfection des semences.

Celle-ci sera obligatoirement réalisée (organo-mercuriques, oxyquinolate de cuivre; carboxine).

5° SOINS D'ENTRETIEN.

Si le temps est sec après le semis, *un roulage* peut s'avérer nécessaire. Par contre, tout hersage est à proscrire.

Le désherbage intéressant *les dicotylédones* devra tenir compte de la sensibilité des diverses variétés d'orges aux phytohormones désherbantes.

— Ne pas traiter, par conséquent, à plus de 500-700 g/ha de matière active de MCPA et utiliser de préférence, *les sels d'amines*.

— Tenir compte des sensibilités **variétales** : 'Rika', 'Piroline', 'Reka', sont assez sensibles.

Contre la *Folle avoine*, seule graminée contrôlable dans l'orge de printemps, trois produits sont utilisables : le *diallate*, le *triallate* et le *barbane*.

a) En présemis.

Sont efficaces le diallate et le triallate qui, à la dose de 1,2 à 1,5 kg de matière active à l'hectare, dilués dans 400 l d'eau minimum, détruisent les plantules de folle avoine à la germination des graines. Le semis d'orge peut être effectué le même jour ou les jours suivants.

b) En postémurgence.

Le barbane est efficace à la dose de 400-500 g de matière active par hectare. Il produit un arrêt de la croissance de la folle avoine lorsqu'elle est au stade 1-2 feuilles. Il faut traiter par beau temps, le produit normalement absorbé par les feuilles pouvant être entraîné par la pluie.

6° RÉCOLTE.

Il ne faut jamais récolter avant surmaturité; le stade « épis en crochet » constitue un très bon repère pour commencer la récolte.

B. CULTURE DE L'ESCORGEON ET DE L'ORGE D'HIVER.

1° PLACE DANS LA ROTATION.

L'orge d'hiver occupe souvent la même place que l'orge de printemps : elle vient traditionnellement en deuxième paille, derrière un blé : Ceci résulte de la précocité de leur semis qui les place difficilement derrière plantes sarclées (betteraves ou maïs) ou fourrages; également aussi cela résulte de la sensibilité à la verse de la majorité des variétés.

Toutefois le potentiel de production d'une variété résistante à la verse ('Ager') se trouve notablement accrue lorsqu'on l'implante en première paille.

2° PRÉPARATION DU SOL.

Elle est souvent négligée, sous le prétexte de la grande rusticité de la plante et de la date prévue du semis.

Or, la terre doit être préparée comme pour un blé d'hiver : un déchaumage précoce, un labour moyen de fin septembre à début octobre, des façons superficielles avant le semis, donneront un sol bien rassis en profondeur et motté en surface.

3° FUMURE.

a) La fumure de fond sera comparable à celle d'un blé : 70 à 100 kg/ha de P_2O_5 et autant de K_2O seront apportés au labour, sous forme de scories et chlorure de K, ou superphosphate et chlorure (super-potassique) en sols basiques.

b) La fumure azotée. Derrière blé, les anciennes variétés ('Hâtif de Grignon'), ne tolèrent pas plus de 35 à 40 kg/ha d'azote alors que les variétés plus récentes, résistantes à la verse, tolèrent des fumures également supérieures à 70-80 kg/ha.

Les essais réalisés par la S.P.I.E.A. ont montré que certaines variétés ('Ager', 'Maguelone', 'Nymphé') peuvent rentabiliser des fumures supérieures à 100 kg/ha.

En règle générale, cette fumure doit être apportée en fin d'hiver, en une seule ou deux fois (février), sous la forme ammoniac-nitrique.

En terre froide, ou risquant la sécheresse, la fumure nitrique peut être préférable.

4° SEMIS.

Les escourgeons doivent être semés de bonne heure pour que la plante ait le temps de taller avant les froids. La date optimale semble se situer :

- dans l'Est (Champagne), fin septembre;
- en Bassin parisien et Nord, de fin septembre au 15 octobre;
- dans l'Ouest et Midi, du 1^{er} au 25 octobre.

La densité optimale se situe aux environs de 200-250 plantes au mètre carré (90-120 kg/ha). Le semis doit être superficiel (2-3 cm maximum).

Les semences seront *désinfectées* de la même façon que celles des orges de printemps.

5° SOINS D'ENTRETIEN : LE DÉSHÉRBAGE.

En dehors d'un crosskillage si les plantes sont déchaussées à la suite de l'hiver, les soins d'entretien se limitent au désherbage.

Celui-ci doit être entrepris tôt, si possible dès le semis, car la précocité de ce dernier expose l'orge d'hiver à l'envahissement de graminées et de dicotylédones adventices.

a) Contre les graminées, issues de graines (Folles avoines, Vulpin, Ray Grass, Paturins), on peut utiliser :

— au semis : le *Triallate*, à raison de 1,4 kg/ha de matière active. Cet herbicide doit être incorporé avec soins à l'aide d'un vibroculteur ou d'une herse lourde;

— en prélevée : le *néburon*, à raison de 3 kg/ha de matière active;

— en pré ou post-levée le *chlortoluron*, à une dose voisine du néburon. En post-levée, le traitement doit être effectué de préférence dès le début du tallage de l'orge;

— en post-levée : le *métoxuron*, utilisable à la dose de 5 kg/ha de matière active.

b) **Contre les dicotylédones;** les désherbants utilisés sur le blé tendre sont applicables aux orges d'hiver : colorants nitrés, sels de sodium du MCPA, associations diverses.

Notons cependant, que le néburon, le chlortoluron, le métoxuron, utilisés contre les graminées, sont actifs contre une gamme très large de dicotylédones annuelles.

6° RÉCOLTE.

Celle-ci doit se faire à maturité, car si l'égrenage n'est pas à craindre, en général, les cols d'épis risquent par contre de se casser.

Il faut récolter par temps sec, afin d'obtenir un taux d'humidité de l'ordre de 15 %.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE IV

- BERGAL (P.) et FRIEDBERG (R.)**. 1940. — *Essai d'identification des orges cultivées en France*. Paris.
- BERGAL (P.)**. 1966. — Caractéristiques qualitatives des orges de brasserie *Union Agriculture*, 261, 62-72.
- BERBIGIER (A.), CHERY (J.) et DE LARAMBERGUE (E.)**. 1964. — Étude de la résistance à différents parasites d'une collection de variétés d'orge. *Ann. Amél. Plantes*, 1, 4, 419-426.
- CAUDERON (A.)**. 1958. — Progrès dans la culture de l'orge en France. *Union Agriculture*, 100, 57-71.
— 1965. — L'orge en demi-montagne. *Rev. Agric. France*, 40, 8-9.
- CHERY (J.)**. 1960. — La culture et l'amélioration de l'orge. *Progrès Agric. et vitic.*, n° 5, 6, 7.
— 1965. — Le choix des variétés d'orge dans le Midi de la France. *Prog. Agric. et vitic.*, 82, 18, 163-168.
- GOURNAY (X. DE)**. 1963. — La lutte contre la folle-avoine (*Avena fatua* L.) dans les cultures d'orge de printemps. *Défense Vég.*, 99, 6-12.
- PLUMET (A.)**. 1955. — Étude des facteurs conditionnant la qualité des orges de brasserie. *Ann. Amél. Plantes*. 4, 575-614.
- RECAMIER (M.)**. 1966. — La culture de l'orge de brasserie, sa place dans l'assolement. *Union Agriculture*, 261, 38-54.
- RICHARD (G.) et COGNET (J.)**. 1967. — Action fongicide du Vitavax à l'égard des charbons nus de l'avoine et de l'orge. *C. R. Acad. Agric.* 1267-1271.
- S.E.C.O.B.R.A.H. *Rapports annuels*.
- SIMON (M. P.)**. 1966. — Morphologie des variétés d'orge cultivées en France. *Union Agriculture*, 261, 13-30.

CHAPITRE V

AVOINE

Avena sativa L. (2 n = 42).

I. ÉCONOMIE DE LA PRODUCTION.

A. L'AVOINE DANS LE MONDE.

1. Culture en régression, telle est la caractéristique première de cette céréale, à l'échelle mondiale :

	1925-1929	1935-1939	1948-1953	1965-1968
Superficies .	59 500 000 ha	58 000 000 ha	53 600 000 ha	31 400 000 ha
Productions.	674 000 000 q	633 000 000 q	621 000 000 q	500 000 000 q
Rendements.	11,3 q/ha	10,9 q/ha	11,6 q/ha	15,7 q/ha

Troisième céréale, il y a 30 ans, après le blé et le riz, l'avoine vient aujourd'hui au cinquième rang.

Ce recul général des emblavures et de la production peut être rapporté à quatre causes principales :

a) *La diminution sensible du cheptel chevalin*; consécutive au développement de la traction mécanique;

b) *La faveur croissante* dont bénéficient, pour la production animale, les autres céréales secondaires : *orge et maïs* :

— celles-ci sont plus productives;

— leur valeur énergétique est beaucoup plus élevée que celle de l'avoine : 0,80 UF/kg pour l'avoine contre 1,0 pour l'orge et 1,15 pour le maïs;

c) *Le développement de la culture du blé*, sur des sols où autrefois on ne pouvait faire que de l'avoine ou du seigle.

d) *L'accroissement général des rendements* : les superficies ont régressé, en effet, beaucoup plus que les besoins : moins cultivée, l'avoine est mieux cultivée.

2.3 Les principaux pays producteurs sont situés dans la zone tempérée fraîche de l'hémisphère nord. Ce sont (d'après FAO, 1969) :

Amérique du Nord	10 228 000 ha	192 910 000 q
Europe	7 567 000 ha	179 390 000 q
dont France	949 000 ha	25 280 000 q
Allemagne de l'Ouest	821 000 ha	28 930 000 q
Grande-Bretagne	380 000 ha	12 240 000 q
URSS	8 998 000 ha	116 390 000 q
Asie	491 000 ha	6 060 000 q

C'est en Europe et plus particulièrement dans les pays à *climat maritime* et à limons profonds, que les rendements les meilleurs sont obtenus (Belgique, 36,1 q/ha en 1968; Pays-Bas, 42,0 q/ha).

B. L'AVOINE EN FRANCE.

1° ÉVOLUTION DE LA CULTURE.

TABLEAU V-1. — *Évolution de la culture de l'avoine en France et de l'effectif chevalin au cours des soixante dernières années*

ANNÉES	SUPERFICIES (milliers d'hectares)	PRODUCTIONS (milliers de quintaux)	RENDEMENTS (q/ha)	CHEVAUX (milliers de têtes)
1899-1901	3 922	41 030	10,44	2 915
1934-1936	3 297	43 510	13,20	2 807
1945-1947	2 506	30 600	12,10	2 339
1951-1953	2 272	35 720	15,66	2 333
1958-1960	1 475	27 360	18,50	1 960
1964-1966	1 090	24 530	22,50	1 170
1967-1969	953	25 660	27,00	789
1970	799	20 704	26,00	672

Le tableau V-1 permet de constater que depuis soixante ans :

— les superficies ont régressé de 3 millions d'hectares soit les trois quarts de la superficie initiale;

— cependant la production n'a diminué que de 40 % car parallèlement *les rendements ont doublé*, en raison d'une amélioration constante des techniques de culture et des variétés (résistance à la verse notamment).

2° PRINCIPALES RÉGIONS PRODUCTRICES.

On cultive en France *l'avoine d'hiver* (135 000 ha) et *l'avoine de printemps* (665 000 ha en 1970). L'avoine d'hiver se rencontre essentiellement dans l'ouest et le sud de la France. L'avoine de printemps est cultivée principalement dans le Centre, la Champagne et le Nord.

3° PRODUCTION FRANÇAISE ET MARCHÉS.

La récolte française est consommée, en majorité, sur l'exploitation : sur 25 millions de quintaux produits en 1968, 3 millions seulement ont été collectés soit 12 % du total (contre 40 % en orge).

La CEE, importatrice de 7 à 8 millions de quintaux chaque année peut offrir des débouchés à la production française, surtout si celle-ci s'oriente vers les qualités demandées (variétés à grain blanc ou jaune). Les exportations françaises vers la CEE sont d'ailleurs passées de 500 000 q en 1968 à 1 500 000 en 1969.

4° AVENIR DE LA CULTURE.

La régression continue de la production d'avoine en France et dans le Monde depuis 50 ans va-t-elle se poursuivre? Divers éléments le laissent supposer :

- supériorité des prix accordés aux autres céréales;
- rendements UF/ha de l'avoine inférieurs à ceux de l'orge;
- limitation d'emploi de l'avoine dans les aliments composés en raison de sa valeur énergétique très insuffisante (trop grande richesse en cellulose);
- corrélativement, faible mise en marché et faible incitation au progrès technique.

L'avenir de l'avoine dépendra donc, en toute priorité, de ses possibilités à devenir concurrentielle sur le marché céréalier. Cela suppose :

un accroissement notable des rendements, par l'amélioration des variétés et l'intensification des techniques de culture;

— une amélioration considérable de la valeur fourragère du kilo de récolte : l'obtention de variétés à grain nu, *de haute valeur énergétique et protéique*, est une voie possible.

D'autres éléments, plus secondaires, pourront également être favorables à la survie de la culture :

— maintien, dans certaines régions, tout au moins, d'un certain cheptel chevalin (cheval de boucherie, reproducteurs, développement de la cavalerie de course);

— l'intérêt d'une sole d'avoine, espèce peu sensible au piétin-verse et piétin-échaudage, dans les rotations céréalières à fort pourcentage de blé et d'orge, espèces très sensibles à ces mêmes parasites.

II. LA PLANTE

A. CARACTÈRES BOTANIQUES.

1° PLACE DANS LA CLASSIFICATION BOTANIQUE.

Les avoines cultivées en France appartiennent au genre *Avena* tribu des Avenées, famille des Graminées.

- La plupart des botanistes s'accordent à diviser ce genre en deux sous-groupes d'espèces :
- les *Euavena* ou avoines annuelles, cultivées ou sauvages, à glumes multinervées.
 - les *Avenastrum* ou avoines vivaces, exclusivement sauvages, à glumes à 1-3 nervures.

Toutes les avoines cultivées appartiennent donc au groupe *Euavena* qui comprend de nombreuses espèces.

Les travaux des cytogénéticiens modernes (MALZEW, KIHARA et NISHYAMA) démontrent que ces espèces forment une série **allopolyploïde** assez comparable à celle des *Triticum*, comprenant trois groupes : diploïdes ($2n = 14$, génomes A ou A_y), tétraploïdes ($2n = 28$, génomes A et C) et **hexaploïdes** ($2n = 42$, génomes A, C et D).

a) Groupe diploïde, $2n = 14$ (génome A ou A_y).

Avena strigosa, Avoine **strigieuse**, à **glumelle** inférieure terminée par deux pointes fines, une arête sur chaque grain;

A. pilosa, *A. clauda*.

l Strigieuse, du latin *strigosus*, efflanqué, maigre.



Photos (IN)

Premier et second grain d'avoine strigieuse (*Avena strigosa*)

Premier et second grain de folle avoine (*Avena fatua*)

Premier et second grain d'avoine byzantine (*Avena byzantina*).

TABLEAU V-2. — *Classification des principales espèces hexaploïdes du genre Avena*

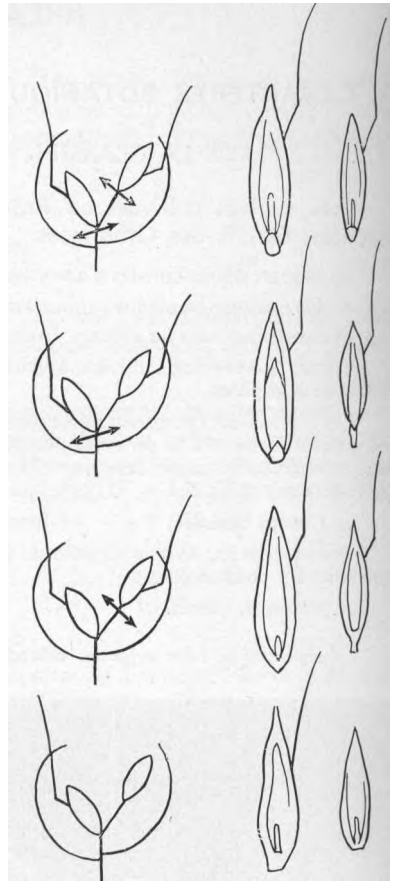
Avoines méditerranéennes à grains vêtus.
 Fleurs inférieures articulées.
 (se détachant à maturité)
 Fleurs supérieures articulées.
 (cicatrice en fer à cheval)
 Arête forte et coudée sur
 chaque fleur *A. fatua*
 (Folle avoine du Nord)

Fleurs supérieures non articulées.
 (l'épillet complet tombe à maturité)
 Arête forte sur chaque
 grain *A. sterilis*
 (Folle avoine du Midi)

Fleurs inférieures non articulées
 l'épillet ne se sépare de la panicule qu'au
 battage.
 Fleurs supérieures articulées.
 (les 2 grains se séparent par cassure de
 la baguette en son milieu)
 Une arête sur chaque
 grain *A. byzantina*
 (Avoine byzantine)

Fleurs supérieures non articulées.
 (les 2 grains ne se séparent qu'au bat-
 tage et la cassure de la baguette se fait
 à la base du 2e grain)
 Une arête seulement *A. sativa*
 (Avoine cultivée)

Avoines asiatiques à grains nus. 5 à 6 fleurs
 fertiles *A. nuda*
 (Avoine nue)



b) Groupe tétraploïde, $2n = 28$ (génomes A et C).

Avena barbata, Avoine barbue.

A. abyssinica, Avoine d'Abyssinie, glumelle inférieure terminée par quatre dents, épillets courts, — cultivée.

c) Groupe **hexaploïde**, $2n = 42$ (génomes A, C et **D**).

Ce groupe renferme la plupart des avoines actuellement cultivées. (*A. sativa*, *A. byzantina*) et les *folles* avoines qu'on y rencontre (*A. sterilis*, *A. fatua*).

Leur classification est basée essentiellement sur l'articulation des premières et secondes fleurs, le caractère vêtu ou nu du grain, l'aire d'extension.

Le tableau V-2 présente les éléments essentiels de cette classification.

2° ORIGINE GÉOGRAPHIQUE ET GÉNÉTIQUE DES DIFFÉRENTES ESPÈCES.

Selon MALZEW (1930) les avoines annuelles auraient une origine diphylétique :

— les espèces di et tétraploïdes (phylum des *Aristulatae*) auraient eu leur centre d'origine dans la région méditerranéenne occidentale;

— les espèces hexaploïdes (phylum des *Denticulatae*) auraient eu leur centre d'origine en Asie Centrale (Mongolie) les avoines cultivées ayant pu être introduites en Europe comme mauvaise herbe dans l'amidonnier. Aucune certitude n'existe cependant quant à la filiation exacte des trois groupes chromosomiques et des espèces qui les composent.

Selon TRABUT et MALZEW on aurait la filiation :

A. fatua → *A. sativa* → *A. nuda*.

A. sterilis → *A. byzantine*.

Selon COFFMAN (1946), par contre, l'on aurait la filiation :

A. sterilis → *A. byzantins* → *A. sativa* → *A. fatua*.

Quoiqu'il en soit, les avoines cultivées en France, appartiennent en quasi-totalité à l'espèce *Avena sativa*.

Quelques rares populations d'*Avena byzantina* sont cultivées en zone méditerranéenne. Par ailleurs, une variété appartenant à l'espèce *Avena nuda* est entrée en culture en 1966.

Les Avoines sauvages ou « Folles avoines » rencontrées en France, sont :

— dans la moitié nord de la France. *A. fatua*, principalement

— dans la moitié sud, *A. sterilis* (sous-espèces *ludoviciana*, *macrocarpa*, etc.).



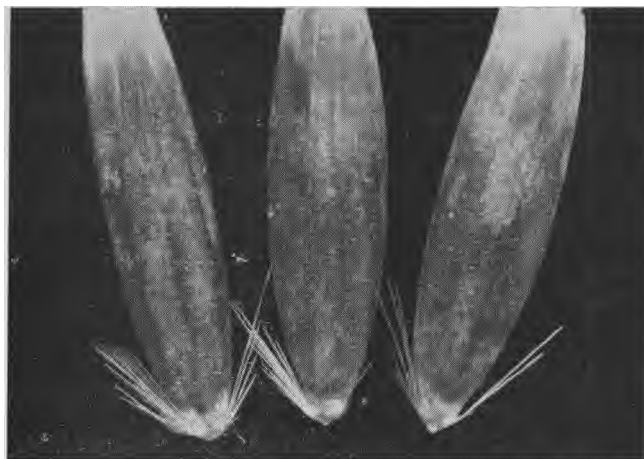
Photo INRA

Deux épillets d'avoine nue (*Avena nuda*).



Photo INRA

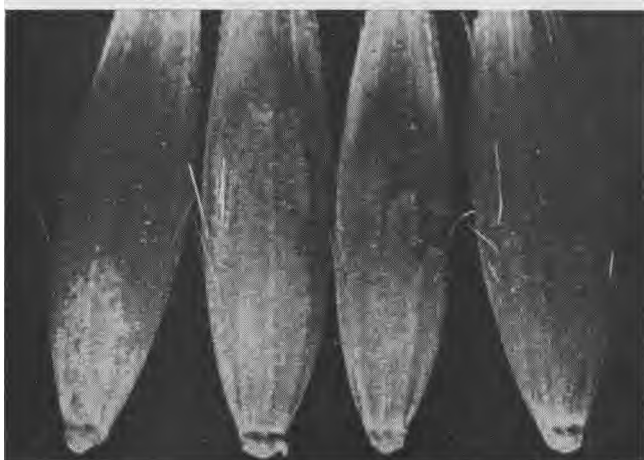
Un lot de grains d'avoine nue (*Avena nuda*).



Pilosité du grain : soies longues.



Pilosité du grain : soies courtes.



Pilosité du dos de la glumelle.

Photos INRA

3^o CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE LA PLANTE.

a) Appareil végétatif.

Au stade herbacé, l'avoine cultivée se distingue des autres céréales par :

- un feuillage d'un vert bleuté assez foncé, très différent du vert clair de l'orge;
- la présence, à la base des limbes, d'une ligule *sans oreillette*;
- un tallage plus faible que celui de l'orge (à type et stade de développement équivalent);
- un système racinaire pseudofasciculé, plus profond que celui de l'orge et du blé.

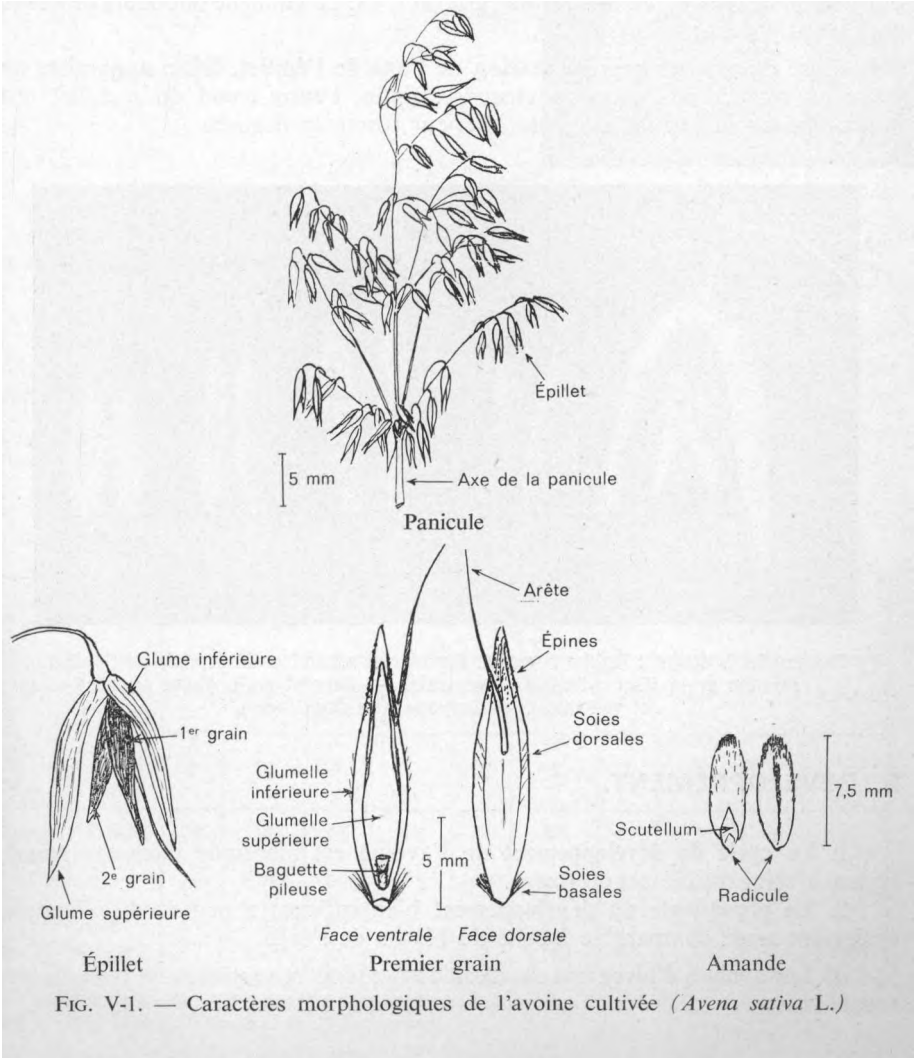


FIG. V-1. — Caractères morphologiques de l'avoine cultivée (*Avena sativa* L.)

b) Inflorescence (fig. V. 1).

L'inflorescence est une *panicule*, c'est-à-dire une grappe d'épillets portés par de longs pédoncules ou racèmes disposés en demi-verticilles.

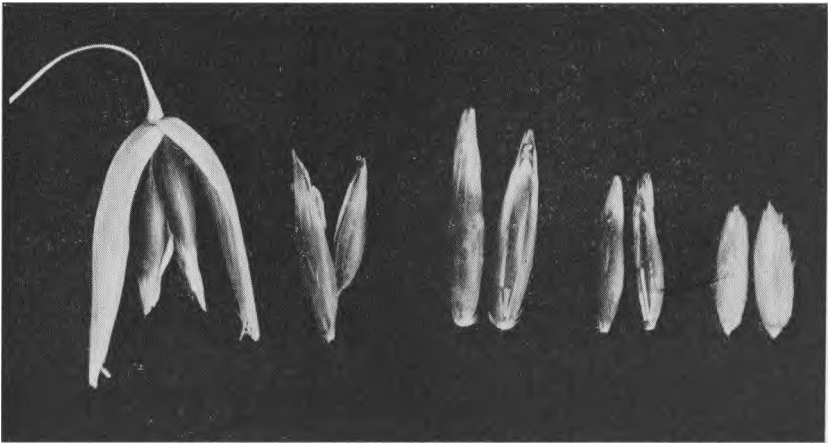
Chaque épillet est composé, suivant la structure propre aux graminées, de deux glumes multinervées (glume inférieure et glume supérieure), d'un axe ou *rachillet* porteur de deux à trois fleurs entourées de leurs glumelles.

Ces fleurs donnent par *autofécondation* quasi absolue deux à trois grains.

c) Grain.

Il est formé d'un caryopse velu ou *amande* et des deux glumelles *non adhérentes* de la fleur qui lui a donné naissance. A maturité, ces glumelles sont soit blanches, soit colorées en noir, jaune, gris ou roux. La glumelle inférieure de chaque grain peut porter une *arête*

La base du grain, après séparation de l'axe de l'épillet, laisse apparaître une plage plus ou moins large ou *cicatrice*. Enfin, l'*entre-nœud* du rachillet resté attaché au grain qui lui est juste inférieur forme la *baguette*.



De gauche à droite : Épillet complet. Premier et second grain séparés de l'épillet. Premier grain (faces dorsale et ventrale). — Second grain (faces dorsale et ventrales). — Caryopse (les deux faces).

B. DÉVELOPPEMENT.

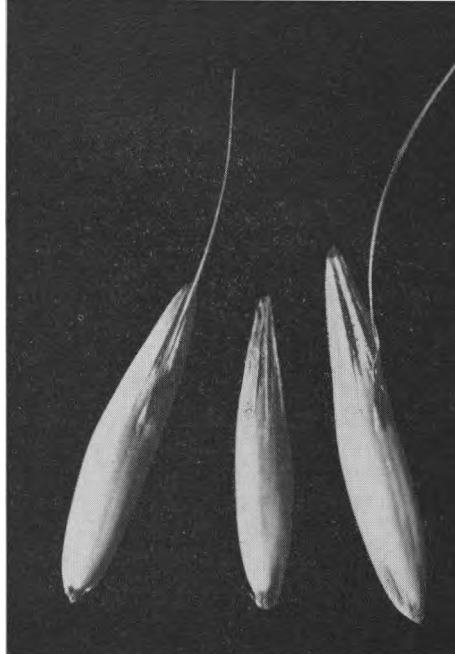
1. Le cycle de développement de l'avoine est identique dans ses grandes lignes, à celui du blé ou de l'orge.

2. La physiologie du développement bien qu'encore peu étudiée, apparaît également assez comparable à celle du blé ou de l'orge.

a) **Les avoines d'hiver** ont des besoins modérés et variétaux en températures vernalisantes.

Aristation. Un grain non aristé entre deux grains aristés.

Photo INRA



En semis de printemps (16 avril) une avoine d'hiver ('Grise d'hiver') non vernalisée, peut épier le 3 juillet alors que vernalisée préalablement au semis à 2 pendant 30 jours, elle épiera le 25 juin; une autre variété ('Rouge d'Algérie') épiera, dans les mêmes conditions, respectivement les (3 juillet et 14 juin).

Ces besoins modérés en vernalisation sont corrélatifs d'une aptitude assez médiocre à l'endurcissement et, par voie de conséquence, d'une résistance au froid plus faible que chez le blé ou l'orge.

b) **Les avoines de printemps** n'ont de leur côté, aucun besoin de vernalisation pour monter.

TABLEAU V-3. — Variation de la durée « levée-épiaison » avec la date du semis à Rennes (1965)

VARIÉTÉS	DATES DE SEMIS									
	11 mars		25 mars		16 avril		10 mai		21 juin	
	J	T	J	T	J	T	J	T	J	T
Rouge d'Algérie	78	900	75	908	64	885	92	1 393	00	∞
Grise d'hiver (Desprez)	86	1 042	81	995	63	885	85	1 289	∞	∞
Av. d'hiver du Prieuré	87	1 064	77	951	58	818	73	1 079	C	C
N. Moyencourt	77	891	71	837	51	700	45	625	45	09

J : nombre de jours. — T : somme des températures — ∞ : apex à l'état végétatif le 25 septembre. — C : apex au stade C le 25 septembre.

c) **L'avoine** est, d'autre part, une espèce de **jour long** : la durée de la phase levée-épiaison décroît constamment avec *l'allongement du jour* jusqu'à un minimum caractéristique de la variété, d'autant plus faible et plus tardif que la variété est moins « hiver ». (Tableau V-3.)

Au-delà d'une certaine date de semis, correspondant à un développement en *jour décroissant*, les variétés les plus « hiver » restent à l'état *végétatif*.

C. ÉCOLOGIE DE LA CROISSANCE.

1° TEMPÉRATURE.

Le zéro de germination de l'avoine est très voisin de 0 °C. La durée semis-levée est cependant généralement plus grande que celle du blé ou de l'orge, en raison de la présence des glumelles et de leur plus grande épaisseur.

Le seuil thermique des dégâts foliaires après gel hivernal est comme chez le blé et l'orge, voisin de — 8 °C. Le seuil thermique de mortalité est de l'ordre de — 10 °C sans durcissement pour les variétés de printemps et — 14 °C pour les variétés les plus résistantes au froid (grises ou noires d'hiver).

2° EAU.

a) Les besoins en eau des avoines cultivées de type *Avena sativa* sont très élevés, supérieurs à ceux du blé ou de l'orge (1,5 fois ceux du blé environ) : ce sont par excellence les avoines des régions à *climat tempéré humide*, donc nordique et maritime.

Corrélativement l'avoine cultivée exige une maturité sans chaleurs excessives : il y a *échaudage physiologique* dès que la température dépasse un certain seuil voisin de 28 °C (seuil plus faible que chez le blé).

b) A l'opposé les variétés d'*Avena byzantina* sont beaucoup mieux adaptées aux climats secs et chauds (Afrique du Nord, Moyen-Orient, sud des USA etc.), leurs besoins en eau sont beaucoup plus faibles.

3° NATURE DU SOL.

Traditionnellement, l'avoine est considérée comme la céréale la moins exigeante, quant au sol (nature physique, acidité, fertilité).

Sans doute peut elle mieux tolérer que le blé ou l'orge des terres « soulevées ».

Cependant, les conditions optimales de germination, puis de croissance de l'avoine *sont les mêmes que celles de l'orge ou du blé* : c'est en sols de limons, profonds, bien alimentés en eau, légèrement acides que l'avoine donne, comme le blé, ses meilleurs rendements. Il ne faut donc pas *abuser de la rusticité* de cette céréale et préparer d'autant mieux le sol que, soit par sa faible profondeur ou sa texture ou en raison des conditions de l'année, ses *réserves en eau* seront limitées.

4⁰ ÉLÉMENTS FERTILISANTS.

L'avoine doit sa réputation de céréale « peu exigeante en engrais » à son système racinaire plus profond et plus développé que celui du blé ou de l'orge, ce qui lui permet de mieux utiliser les reliquats de fumure.

En réalité ses besoins en éléments fertilisants ne sont pas très inférieurs à ceux du blé, seuls limités, du point de vue azote, par le niveau de résistance à la verse de la variété.

Pratiquement : 70-80 kg de P₂O₅ et K₂O, 35 à 70 kg d'azote à l'hectare (suivant la variété et le précédent) constitueront des apports normaux.

D. ACCIDENTS ET PARASITES.1⁰ LE GEL HIVERNAL.

Les destructions sont toujours très graves sur avoine d'hiver, lorsque la chute de température est brusque (pas d'endurcissement) ou précoce (décembre). C'est ce risque qui limite pratiquement l'aire de culture de l'avoine d'hiver à l'ouest et au sud de la France, et est aussi la cause de sa régression.

2⁰ LA VERSE.3⁰ L'ÉCHAUDAGE PHYSIOLOGIQUE.

Il est très fréquent sur avoine de printemps, en raison de ses *besoins en eau*, et de l'existence d'une phase de sensibilité aux « coups de chaleurs » particulièrement longue (elle déborde largement le « palier » de poids d'eau).

4⁰ LES PARASITES.**a) La rouille couronnée, *Puccinia coronata avenae* (Pers.).**

Elle apparaît généralement à l'épiaison (début juin) sous la forme de petites pustules (sores) de couleur orangé-rouge, de forme ovale, sur les limbes des feuilles de base; puis pratiquement toutes les feuilles peuvent se trouver parasitées.

C'est une rouille hétéroïque (hôtes secondaires : *Rhamnus frangula* et *Rh. cathartica*).

Une forte attaque de rouille couronnée (1960) peut provoquer un échaudage pathologique très grave (chute des rendements de 30 à 40 %). Cette rouille, fréquente dans l'Ouest (Finistère) est beaucoup plus rare ailleurs.

Le seul moyen de lutte actuel demeure la *résistance variétale*, en dépit des très nombreuses races physiologiques de ce parasite.

b) Le charbon nu, *Ustilago avenae* (Pers.) Rostr.

Des deux charbons qui parasitent l'avoine (*U. avenae* et *U. levis* = charbon couvert), **le charbon nu est le plus commun en France.**

Comme la carie du blé, c'est un charbon à *infection germinative* : ayant pénétré dans la plantule, à sa germination, il ne se manifeste qu'à l'épiaison : les panicules des plantes infectées portent à la place des épillets des masses noirâtres formées de chlamydospores.

En attaque très grave, on peut dénombrer jusqu'à 10 % de panicules charbonnées. Les moyens de lutte sont :

- chimiques : produits organomercuriques;
- génétiques : résistance variétale.

c) L'oïdium, *Erysiphe graminis* DC.

Il est fréquent et grave dans l'Ouest.

d) La rouille noire, *Puccinia graminis avenae* Ericks. et Henn. ne sévit que très rarement dans l'Ouest; peu souvent et toujours tardivement dans le Bassin parisien. Par contre, elle est assez fréquente dans l'est et le centre de la France.

e) La septoriose, *Leptosphaeria avenaria* ou *Septoria avenae* (Frank).

D'abord caractérisée par le développement de taches brunâtres, ovales, sur les limbes foliaires, cette maladie atteint à maturité les **entre-nœuds**. Ceux-ci présentent alors une zone noirâtre de quelques centimètres au-dessus du **nœud** inférieur. La déliquescence des tissus entraîne alors à surmaturité une *verse* par *cassure*.

f) L'Oscinie, *Oscinella frit* L. est un petit diptère qui cause des dégâts souvent graves sur l'avoine de printemps dans l'est et le sud de la France. Dans le Bassin parisien et l'Ouest, en semis de précocité normale, son action est négligeable.

Il y a au moins trois générations par an; la première, ou génération « de tallage » est la plus dangereuse sur avoine.

Les symptômes de l'attaque sont très caractéristiques : la plus jeune feuille, la troisième ou la quatrième en attaque précoce, jaunit et se dessèche, les autres restant vertes; les larves de première génération ont détruit le point végétatif de la plante. Celle-ci tend alors à taller surabondamment et ne montera que très partiellement. Les meilleurs moyens de lutte demeurent d'ordre cultural : semis précoces, déchaumage faisant disparaître les lieux de ponte des adultes d'été.

g) Les Nématodes.

— **L'anguille des tiges (*Ditylenchus dipsaci*)** détermine ce qu'on appelle la maladie de « l'avoine poireauté » : les tiges s'épaississent à la base en forme de poireau, puis pourrissent.

Le seul moyen de lutte actuel est d'éviter de faire revenir de l'avoine sur la même parcelle.

— **L'anguille des racines (*Pratylenchus pratensis, Heterodera avenae*)** : envahies par les larves, les jeunes racines ne tardent pas à cesser toute activité d'absorption et à se décomposer.

h) Les maladies de carence.

— *En manganèse* (maladie des taches grises) : Elle est fréquente en Bretagne sur des sols acides dont le pH a été relevé trop rapidement (carence conditionnée). La plante est d'abord chlorotique puis des taches grises apparaissent sur la feuille qui se casse à mi-longueur. La pulvérisation de 25-30 kg/ha d'une solution à 0,5 % de sulfate de manganèse peut constituer, si elle est précoce, un bon moyen de lutte.

— *En cuivre* (maladie du défrichement) : Elle se reconnaît à une chlorose et un aspect flétri des feuilles dont les extrémités se dessèchent ensuite.

La pulvérisation sur les jeunes semis d'une solution de sulfate de cuivre à 0,5 p. 1000 constitue un bon moyen de lutte.

III. LES VARIÉTÉS CULTIVÉES.

A. LES VARIÉTÉS D'AVOINE DE PRINTEMPS.

1° HISTORIQUE.

a) Avant 1900, les variétés cultivées en France étaient exclusivement des *populations* de pays ou des lignées issues par sélection de ces populations.

Ex. : `Noire de Brie', `Grise de Houdan', `Joanette'.

Il s'agit d'avoines à *grain coloré* (noir ou gris) à grande *inessse* d'enveloppes, mais très *sensibles à la verse* (paille haute et *fine*).

b) De 1900 à 1920, à l'étranger, en Suède notamment (**SVALOF**) une sélection généalogique est entreprise dans certaines populations (**MILTON**), aboutissant à des lignées pures de bonne *résistance à la verse* : `Victoire', `Pluie d'or', `Couronne'.

Puis des hybridations sont effectuées entre ces variétés conduisant à de nouvelles lignées, encore cultivées aujourd'hui :

`Étoile' (Victoire X Couronne) `Pluie d'or II' (Victoire X Pluie d'or).

À la différence des variétés françaises, ces variétés étaient toutes à grain *blanc* ou *jaune*, assez à très *grossier*, mais de bonne *résistance à la verse*.

c) De 1920 à **nos jours**, des hybridations sont entreprises en France entre les deux groupes d'avoines :

— issues de populations françaises x issues de populations nordiques, soit le croisement de variétés à grain noir et fin (sensibles à la verse) avec des variétés à grain blanc et grossier (peu sensibles à la verse).

L'un de ces croisements `Ligowo' x `Noire de Brie' réalisée par le professeur **SCHRIBAUX** (1920) fut particulièrement fructueux, plusieurs lignées pures associant les caractéristiques recherchées.

Ces lignées `Ligowo' X `Brie' ont été reprises comme géniteurs dans de multiples croisements avec des lignées pures françaises ou étrangères (**M. Binder**', `Carsten's') et sont à l'origine, directement ou indirectement, d'un certain nombre de variétés françaises. Ex. :

(`Ligowo' x `Brie') 176 X `Grise de Houdan, — s `Avoine de Versailles'.



Photo INRA

Quatre types de port de la panicule.

2° CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES.

Les principaux caractères servant à l'identification des variétés actuelles intéressent :

- *le grain*, couleur, forme, pilosité du dos, de la baguette, aristation, etc.;
- *la plante en végétation*, pilosité de la gaine de première feuille, du bord du limbe;
- *la panicule*, port, glaucescence, etc.

3° CARACTÈRES CULTURAUX : CRITÈRES DE CHOIX DES VARIÉTÉS.

a) Couleur de grain.

Traditionnellement la couleur du grain demeure l'élément premier sur lequel trop d'agriculteurs choisissent leur variété d'avoine : une majorité d'entre eux donnent en France la préférence à un grain noir, ce qui explique que la variété française la plus cultivée est 'Noire de Moyencourt'.

La raison en est que pour ces agriculteurs : grain noir = grain fin et grain blanc = grain grossier.

Ceci était juste autrefois. En raison même de leur mode d'obtention (hybridation), des variétés fines ou grossières existent aujourd'hui dans les différents groupes de coloration : la coloration du grain *ne devrait donc pas être prise aujourd'hui* en considération dans le choix de la variété.

b) Productivité.

Celle-ci constitue un élément certainement plus sérieux de choix. Mais étant donné la grande fluctuation des rendements, cette caractéristique est difficile à juger. D'autre part, l'avoine étant le plus souvent auto-consommée, et moins souvent vendue, l'agriculteur n'attache pas toujours l'importance souhaitable à ce caractère.

Pourtant les variétés actuellement (1970) les plus productives ('Astor', 'Borrrus', 'Condor', 'Phoenix') représentent par rapport aux vieilles variétés ('Pluie d'or II', 'Soleil II') un gain de plus de 15 %.

c) Résistance à la verse.

D'une manière générale les variétés les plus productives sont aussi les plus résistantes à la verse ('Astor', 'Condor', 'Phœnix', 'Borrrus'), ce qui leur permet de tolérer de plus fortes fumures azotées.

Cet accroissement de résistance a été obtenu par une réduction de la taille de la plante (90-100 cm) et une augmentation du diamètre du chaume.

d) Précocité.

Entre variétés, une amplitude de variation de 18 jours à plus de trois semaines (selon l'année) existe à l'épiaison; les plus précoces épient dans les premiers jours de juin.

Les variétés précoces sont surtout à rechercher là où les réserves en eau sont limitées (sol peu profond, ou semis tardif) et l'échaudage est à craindre. Citons comme variétés précoces à demi-précoces : 'Caravelle', 'Nuprime', 'Pendek'.

e) Résistance aux parasites.

Rouille couronnée. A l'exception de deux variétés (Starblonde' et 'Caravelle'), toutes les variétés cultivées en France, sont sensibles à cette rouille.

Cependant des gènes de résistance existent chez *A. sativa*, *A. byzantin* et *A. strigosa* qui ont été largement utilisés aux USA, au Canada et en Argentine et ont donné naissance à de nombreuses variétés résistantes à diverses races ('Bond', 'Victoria', 'Landhafer').

Une avoine versée.

Photo INRA



Charbon nu. Les variétés les plus cultivées (telle 'Noire de Moyencourt') y sont très sensibles.

Cependant diverses variétés françaises sont peu sensibles à résistantes à ce parasite ('Arabelle', 'Gelinotte', 'Starblonde').

La possibilité de lutte chimique diminue évidemment l'intérêt de cette résistance génétique.



Photo INRA

Charbon nu de l'avoine (*Ustilago avenae*).

Oïdium. Des résistances existent également encore mal exploitées par les variétés actuelles : à l'exception de 'Caravelle' toutes les variétés sont sensibles.

f) **Qualité du grain.**

Différents critères qualitatifs (éclat de la coloration, forme du grain) peuvent témoigner de sa *finesse*.

L'élément fondamental est cependant le *pourcentage d'amande*. Celui-ci varie de moins de 70 % pour les variétés grossières ('Noire de Moyencourt') à plus de 75 % pour les variétés à grain très fin ('Véga').

De ce point de vue, les variétés à grain nu ('Nuprime', seule variété actuelle), représentent une solution idéale : la valeur énergétique du grain passe alors de 0,80 UF/kg à 1,15 UF, équivalente à celle du maïs; et la teneur en protéines passe de 10-11 % à 14-16 %.

4° PROBLÈMES ACTUELS D'AMÉLIORATION.

Ce sont principalement :

- l'obtention de variétés à grain nu, à haute valeur énergétique et protéique;
- l'accroissement de la résistance à la verse par une réduction plus importante de la taille
- l'augmentation de la productivité;
- l'amélioration de la résistance aux parasites, principalement septoriose, oïdium et rouille.

B. LES VARIÉTÉS D'AVOINE D'HIVER.

1° HISTORIQUE.

De même que pour l'orge, l'amélioration de l'avoine d'hiver a été plus tardive que celle de l'avoine de printemps.

Jusqu'en 1938, seules des *populations* étaient cultivées en France, et des lignées tirées directement de ces dernières (*Grises d'hiver, Noires d'hiver*).

Leurs caractéristiques principales étaient :

- un grain coloré (gris ou noir), très fin (76-78 % d'amande);
- une certaine résistance au froid;
- une paille fine et haute, d'où une grande *sensibilité à la verse*.

Le principe général des travaux poursuivis en France a été d'associer les qualités des lignées de Grise ou de Noire d'hiver (finesse, résistance au froid) à celles des avoines de printemps les plus améliorées (résistance à la verse notamment).

Ainsi ont été obtenues successivement :

- en 1938, 'Avoine d'hiver du Prieuré' ('Grise d'hiver' X 'Grignonnaise');
- en 1959 ('Blancheneige') ('Avoine du Prieuré' X 'Richland').

2° CARACTÈRES CULTURAUX : CRITÈRES DE CHOIX DES VARIÉTÉS.

a) Résistance au froid.

Les lignées de 'Grise d'hiver' et 'Noire d'hiver' sont encore actuellement les plus résistantes au froid de nos avoines d'hiver. C'est ce qui explique leur maintien dans certaines régions. 'Blancheneige', assez sensible ne peut être cultivée que dans le sud de la France; 'Avoine du Prieuré' est de résistance intermédiaire.

b) Résistance à la verse.

'Avoine du Prieuré', et 'Blancheneige' sont de loin, en raison de leur paille moyenne à courte, plus résistantes que les 'Grise d'hiver' ou 'Noire d'hiver'.

c) Précocité.

'Blancheneige' est très précoce, qualité intéressante en région méditerranéenne.

d) Résistance aux parasites.

Toutes les avoines d'hiver sont sensibles à très sensibles à la rouille; 'Blanche-neige' est peu sensible au charbon nu. 'Peniarth' est peu sensible à l'oïdium.

e) Productivité.

'Peniarth' et 'Pendrum' sont les plus productives.

3° OBJECTIFS D'AMÉLIORATION.

L'association d'une plus grande résistance au froid, à la verse et aux parasites, à une plus grande productivité demeure l'objectif principal. Le problème de l'obtention de variétés à grain nu se trouve également posé.

IV. CULTURE.

A. CULTURE DE L'AVOINE DE PRINTEMPS.

a) Place dans la rotation.

En raison de son aptitude à exploiter les reliquats de fumure, la place normale et traditionnelle de l'avoine de printemps, est derrière un blé.

Cependant une variété très productive, résistante à la verse ('Condor') peut venir directement derrière *un fourrage*, voire *une plante sarclée*, ou en tête d'assolement, sur retournement de prairie par exemple.

b) Préparation du sol.

Déchaumage, labour d'automne, façons superficielles de printemps, doivent être les mêmes et être réalisées de façon aussi soignée que pour l'orge de printemps.

c) Fumure.

La fumure de fond sera de 70 à 80 unités de P_2O_5 et autant de K_2O apportées dans les mêmes conditions et sous les mêmes formes que pour l'orge.

L'azote doit être apporté juste *avant le semis*, au moment des façons superficielles; 35 à 70 kg d'azote à l'ha selon le précédent et la résistance à la verse de la variété constituent des apports normaux. La forme ammoniacotrique, la moins onéreuse, convient parfaitement.

Selon les résultats du SPIEA, en 1967, l'optimum économique des avoines de printemps correspondait à une fumure azotée de 73 kg/ha. La productivité était de 12,7 kg de grain par unité d'azote.

d) Semis.

Comme pour l'orge, les semis les plus précoces sont toujours les meilleurs (« avoine de février emplit le grenier »). Donc semer dès que l'on peut entrer

dans les terres et préparer le sol, c'est-à-dire dès la fin février et *au plus tard fin mars*.

Selon le SPIEA, en 1967, l'optimum des avoines semées avant le 1^{er} avril (30 essais) s'est situé à 78 kg/ha d'azote, contre seulement 55 kg après cette date (8 essais).

350 plantes au mètre carré soit 120-130 kg/ha constitue une densité *maximale*, à ne pas dépasser (en semis précoce, 300 plantes au mètre carré constitue un optimum).

Les semences seront traitées contre le charbon (organomercuriques).

e) Soins d'entretien.

Ils se limitent au désherbage chimique.

Certaines avoines sont sensibles aux phytohormones de synthèse ('Blanche de Wattines', 'Véga', 'Noire de Moyencourt').

Dans l'ignorance de la résistance d'une variété, ne pas traiter à plus de 0,5 - 0,7 kg/ha de matière active de MCPA et utiliser de préférence les sels d'amine ou de soude et une quantité d'eau assez élevée.

Ou bien traiter au stade « trois feuilles » aux colorants nitrés.

f) Récolte.

Une bonne récolte peut atteindre et dépasser 50/qha.

Le pourcentage de déchets (grains cassés, échaudés, coloration du grain), le *poids spécifique* (50-60 kg) permettent d'en apprécier la qualité.



Photo INRA

Une avoine au stade « épiaison ».

B. CULTURE DE L'AVOINE D'HIVER.

a) Place dans la rotation.

L'avoine d'hiver occupe généralement dans la rotation la même place que l'avoine de printemps, c'est-à-dire en deuxième paille, derrière un blé, ou après un fourrage ou un retournement de prairie.

b) Préparation du sol.

Elle est très semblable à celle réalisée pour un blé ou un escourgeon. Elle doit être cependant réalisée de bonne heure, l'avoine d'hiver devant se semer avant le blé et même l'escourgeon.

c) Fumure.

Pour une variété résistante à la verse et productive, telle que 'Avoine du Prieur' ou 'Blancheneige', la fumure de fond et azotée doivent être identiques à celle de l'avoine de printemps.

En ce qui concerne la fumure azotée celle-ci sera apportée non pas au semis mais comme pour l'escourgeon, *en fin d'hiver* (15 février), sous forme **ammonitrique**.

d) Semis.

Les meilleures dates de semis sont très voisines de celles de l'escourgeon. Cependant en raison de la plus grande sensibilité au froid des variétés, de leur développement végétatif plus lent, les semis d'avoine d'hiver doivent s'effectuer un peu avant ceux de l'escourgeon : de fin septembre au 15 octobre (Ouest) en moyenne.

La densité optimale se situe à 250 plantes au mètre carré, soit 100 kg/ha maximum.

La semence sera traitée contre le charbon (organomercuriques).

e) Soins d'entretien.

Le désherbage sera effectué suivant les mêmes principes que pour l'avoine de printemps.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE V

- COIC (Y.), COPPENET *et al.* 1952. — Différences de sensibilité à la carence en manganèse des variétés d'avoine. *C. R. Acad. Agric.*, 209-212.
- DEGRAS (L.). 1966. — La résistance à l'oidium (*Erysiphe graminis avenae March*) et la sélection de l'avoine. *Ann. Amél. Plantes*, 16, 4, p. 385-409, 1966.
- LAVAYSSIÈRE (M^r F.). 1948. — Aperçu sur quelques utilisations de l'avoine. *Journées scientifiques « Le Pain », avr. 1948*, 27-29, p. 293-300.
- MOULE (C.). 1955. — La résistance des variétés d'avoine à la rouille couronnée. *Ann. Amél. Plantes*, 4, 639-658.
- 1957. — La résistance au charbon nu chez l'avoine cultivée. *Ann. Amél. Plantes*, 2, 159-198.
- 1960. — Maturation de l'amande et échaudage chez l'avoine cultivée. *Ann. Amél. Plantes*, 1, 5-51.
- 1961. — La culture de l'avoine en France. *Bull. C. E. T. A.*, janv. 1961.
- 1964. — *Les variétés d'avoine cultivées en France*. Détermination et caractéristiques culturales. In-8°, 403, Paris.
- 1966. — Une variété d'avoine de printemps à grain nu. *Bull. Techn. Inf.*, 212, 591-597.

CHAPITRE VI

SEIGLE

Secale cereale L. (2 n = 14).

I. ÉCONOMIE DE LA PRODUCTION.

A. LE SEIGLE DANS LE MONDE.

Comme l'avoine, le seigle est une céréale en *pleine régression* : de 1948 à 1968 les surfaces cultivées dans le monde sont passées de 37 millions d'hectares à 22 millions et la production est tombée de 450 millions de quintaux à 330 millions (rendement mondial 15 q/ha).

Actuellement (1970) les principaux pays producteurs sont :

l'Europe (Pologne et Allemagne surtout) avec 8 000 000 ha et 170 000 000 q;

l'URSS avec 122 000 000 q;

l'Amérique du Nord et Centrale, 685 000 ha et 9 000 000 q.

Cette régression est liée à deux groupes de facteurs :

a) Le pain de seigle constituait jadis la base de l'alimentation de populations importantes, en zone montagneuse particulièrement. Le dépeuplement des régions montagneuses, la disparition de la panification familiale et la préférence des classes sociales aisées pour le pain de froment, ont été des éléments premiers de régression.

b) Le seigle est par excellence, et faute d'un niveau suffisant d'amélioration génétique, la céréale des sols acides et pauvres : l'amélioration de la fertilité des sols a fait régresser progressivement les « terres à seigle ».

c) L'avènement du liage à la ficelle et l'adoption de matériaux durs pour les toitures ont enlevé à la paille de seigle une partie de ses débouchés.

B. LE SEIGLE EN FRANCE.

a) Évolution de la culture.

En 1815 les superficies consacrées au seigle dépassaient 2 500 000 ha avec un rendement inférieur à 6 q/ha. Aujourd'hui (1970) les superficies sont tombées à 140 000 ha et la production est de 3 000 000 q.

Cette évolution régressive se présente ainsi :

1815	2 600 000 ha	15 000 000 q	rendement moyen 5,8 q/ha	
1930	747 000 ha	7 212 000 q	—	— 9,6 q/ha
1950	503 000 ha	6 062 000 q	—	— 12,0 q/ha
1960	299 000 ha	4 174 000 q	—	— 14,0 q/ha
1965	220 000 ha	3 850 000 q	—	— 17,5 q/ha
1970	142 000 ha	3 015 000 q	—	— 21,2 q/ha

La production se cantonne aujourd'hui presque exclusivement dans les terres acides et légères du Massif central, du Limousin.

b) Production française et marché.

20 % de la production française sont commercialisés (800 000 q en 1969-70) et entrent en panification. Les 80% restants entrent principalement dans l'alimentation du bétail préparée à la ferme. Les exportations sont quasi inexistantes.

Le 6e Plan céréalier prévoit d'ici 1975, une réduction des surfaces en seigle à 100 000 ha et la récolte à 2 500 000 q, les rendements passant de 21 à 25 q/ha.

C. UTILISATION.

a) Grain.

La composition du grain est voisine de celle du blé :

Protéines	9-11 %	Lipides	1,7-2
Glucides.	67-69 %	Cellulose	2 -3

La coloration verdâtre de l'abumen confère une certaine teinte à la farine. Celle-ci peut servir :

— *en panification*. On obtient un pain bis, qui rassit moins vite que le pain de blé;

— *en alimentaion du bétail sous* forme de farine ou de grain cuit.

b) Paille.

Celle-ci est très appréciée, en raison de sa finesse, de sa longueur et de son calibre régulier, pour la confection des toitures (chaumes) paillassons (châssis, liens, etc.

c) Fourrage vert.

En culture pure ou en association avec une légumineuse (vesce) le seigle peut être cultivé comme fourrage d'automne à ensiler au printemps.

H. LA PLANTE.

A. CARACTÈRES BOTANIQUES.

a) Place dans la classification botanique.

Le seigle cultivé appartient à la tribu des *Hordées*, au genre *Secale*, espèce *cereale* ($2n = 14$).

Classé dans le groupe *Cerealialia* Schiem, le seigle présente de nombreuses **affinités** avec certaines espèces sauvages ou subspontanées à 14 chromosomes également, classées dans le groupe *Agrestes* Schiem :

Secale montanum : espèce vivace rencontrée en Anatolie et au Turkestan.

Secale fragile : espèce annuelle dont l'épi se désarticule à maturité comme l'*Ægilops*, rencontrée en Asie centrale.

Secale africanum : espèce annuelle trouvée en Afrique du Sud.

Le génôme du seigle (E) est totalement différent des génômes **A**, **B** ou **D** des *Triticum* et *Ægilops* (aucune homologie).

b) Origine géographique et génétique.

Le seigle cultivé aurait comme ancêtre sauvage *S. montanum*. Son centre d'origine serait donc voisin sinon identique à celui du blé tendre.

A l'origine, le seigle aurait été une mauvaise herbe dans le blé et l'orge. Son extension vers le nord et l'ouest de l'Europe fut tardive, entre l'âge du bronze et l'âge du fer semble-t-il. Sa culture s'est d'abord fixée dans les zones **difficiles** : chaînes montagneuses de l'Europe méridionale, landes sablonneuses nordiques. Au Moyen Âge, on le rencontre en France dans les terres acides de Bresse, de Limagne, et du Rouergue; vers 1600, le seigle est la principale céréale en France après le blé.

c) Caractères généraux de la plante.

Le seigle est une plante à fort tallage et port très étalé, à gaines foliaires velues, limbes foliaires assez étroits, sans oreillettes, ligule courte.

Le chaume est très haut (1,50-2 m), creux, riche en cellulose.

L'inflorescence est un épi très aristé. Les épillets, à glumes étroites et courtes, n'ont pas de pédoncules et se recouvrent étroitement les uns les autres.

L'épillet porte trois fleurs dont la médiane est stérile : il n'y a donc que *deux grains par épillet* et parfois un seul (fig. VI.1).

La floraison est très précoce et la fécondation est *croisée* en raison d'une forte autostérilité (auto-incompatibilité). Par autofécondation forcée on peut obtenir cependant dans des limites variables, une descendance viable.

Le grain est nu (caryopse), son albumen est de coloration plus ou moins **verdâtre**.

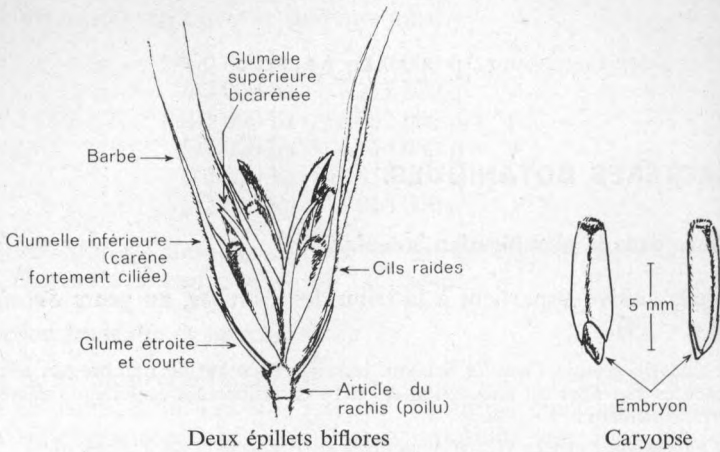


FIG. VI-1. — Épillets et caryopse du seigle.

B. DÉVELOPPEMENT ET CROISSANCE.

1. **Le cycle de développement** du seigle est comparable à celui du blé.

2. En raison d'exigences **thermiques plus faibles**, son cycle est plus court que celui du blé :

- sa germination est plus rapide;
- son épiaison est beaucoup plus précoce (fin avril-début mai);
- il peut fleurir à 12 °C (15 °C au moins pour le blé);
- il mûrit en même temps que les blés les plus précoces.

3. Comme le blé d'hiver, le seigle d'hiver traverse, au cours de son cycle, **une thermophase vernalisante** : 40 jours à + 6 °C pour le seigle 'Petkus'. Toutefois GREGORY et PURVIS ont montré que la *photopériode courte* peut remplacer l'effet **vernalisant** du froid (le seigle de printemps n'a par contre aucun besoin de vernalisation).

4. En jours longs, le seigle de printemps forme une ébauche d'épis au stade 7 feuilles; en jours courts, il lui faut attendre le stade 25 feuilles : le seigle est donc typiquement une **plante de jours longs**.

5. **La résistance au froid** du seigle d'hiver est élevée, supérieure à celle des blés les plus cultivés, ce qui lui permet de très bien supporter les hivers rudes des régions montagneuses ou continentales, pourvu qu'il soit bien implanté et ait tallé avant les froids.

Par contre, sa très grande précocité d'épiaison et de floraison l'expose aux gelées printanières.

6. Le seigle craint l'humidité stagnante et demande un sol qui draine bien.

Une culture de seigle à maturité.



7. La tolérance du seigle à l'égard de **l'acidité des sols** est bien connue (pH optimum voisin de 5,5). Par contre, ses *exigences en éléments fertilisants* sont moins bien définies.

Selon **GAROLA**, 25 q de seigle exporterait environ :

	Grain	Paille	Total
Azote.	53 kg	45 kg	98 kg
Phosphore	16	21	37
Potasse	15	111	126
Chaux	11	39	50

Les exportations de potasse (paille) et d'azote (4 kg/q) seraient donc les plus importantes.

En outre, les besoins en azote seraient élevés entre le tallage et la floraison ce qui donnerait à l'apport au tallage une importance particulière.

Le seigle est enfin la moins sensible des céréales à la carence en *cuivre*.

C. ACCIDENTS ET PARASITES.

a) Accidents.

Ce sont principalement le **gel hivernal**, la **verse**, assez rare, la **coulure**, plus fréquente et consécutive aux gelées de printemps.

b) Parasites.

Le **fusariose**, *Fusarium nivale*, peut se développer à la suite d'une couverture trop prolongée de la culture par la neige.

Les **septorioses**, *Septoria tritici* et *S. nodorum* peuvent s'attaquer au seigle comme au blé.

L'Oïdium, *Erysiphe graminis* peut s'observer occasionnellement.

Les rouilles. La rouille noire (*P. graminis secalis*), la rouille jaune (*P. glumarum*) et surtout la rouille brune (*P. dispersa*) peuvent s'attaquer au seigle.

Le **marssonnia**, *Rhynchosporium secalis* peut, comme chez l'orge d'hiver, se développer au cours des printemps frais et humides.

L'**ergot**, *Claviceps purpurea* est fréquent certaines années : la consommation de farines ergotées peut être dangereuse en raison de l'action vaso-constrictrice de l'ergotine. Tri des semences et enfouissement des sclérotés sont les meilleurs moyens de lutte.

Le **Chlorops** peut faire quelques dégâts certaines années.

III. LES VARIÉTÉS.

A. ORIGINE ET MODES D'OBTENTION.

Jusqu'à maintenant les quelques variétés cultivées en France et en Europe sont des populations issues d'*hybridations* entre variétés « de pays » ayant des caractéristiques complémentaires et d'une *sélection massale* dans la descendance.

Ainsi a été obtenue, vers 1880, par Von Lochow (Allemagne) la variété 'Petkus', à partir de deux seigles de pays 'Pirnaer' et 'Probsteir'.

Cette méthode est cependant assez empirique; elle ne permet pas, en particulier, d'exploiter au maximum l'*effet d'hétérosis* très fort chez le seigle.

Aussi des études ont-elles été développées en France (Clermont-Ferrand) et à l'étranger (Weihestephan, Allemagne) pour créer d'autres types mieux définis de variétés.

— Variétés synthétiques issues du croisement d'un certain nombre de lignées pures, obtenues elles-mêmes par fécondation consanguine et sélectionnées pour leur bonne aptitude à la combinaison.

— Variétés synthétiques tétraploïdes issues du doublement chromosomique artificiel (colchicine) de lignées obtenues et combinées suivant le schéma précédent.

B. CARACTÈRES CULTURAUX DES VARIÉTÉS ACTUELLES.

L'assortiment des variétés cultivées en France est très restreint.

À côté de quelques variétés « de pays » mal définies, sont inscrites au catalogue (1970) :

1° SEIGLE **D'HIVER.**

a) **Variétés diploïdes.**

'Dominant' (Cebeco, Pays-Bas), très productif;

'Petkus normal' (Allemagne) convenant aux terres très légères;

'Petkus à paille courte', préférable en terres riches;

'Zelder' (CIV, Pays-Bas), également très productif.

b) Variétés tétraploïdes.

'Everest' (Lepeuple), tardif à paille courte;

'Tetraseigle-Petkus' (Von Lochow), tardif à paille haute.

2° SEIGLE DE PRINTEMPS.

a) Variété diploïde.

'Petkus de printemps', à rythme de développement comparable à celui d'une orge de printemps.

b) Variété tétraploïde.

'Pipo' (Lafite).

IV. CULTURE.

1° PLACE DANS LA ROTATION.

En terre pauvre, le seigle peut prendre la place d'un blé d'hiver et venir directement derrière une pomme de terre ou un fourrage.

Il est également fréquent de le rencontrer en montagne (Massif Central), en deuxième paille derrière une orge ou une avoine. En Allemagne dans les terrains sablonneux, le seigle vient souvent après un engrais vert (lupin).

2° PRÉPARATION DU SOL ET FUMURE.

La préparation du sol doit être semblable à celle d'une autre céréale : labour moyen, croskillage et hersage répétés.

La fumure de fond recommandée, mais trop rarement appliquée est de 60 à 70 kg/ha de P_2O_5 et 70 à 80 kg de K_2O incorporés au labour.

La fumure azotée, selon les essais réalisés à Weihenstephan (Allemagne), devrait être apportée dans cette région, pour deux tiers fin février et un tiers à la fin du tallage.

Il est probable que ces résultats seraient transposables à nos régions, rejoignant en cela la technique déjà recommandée pour le blé d'hiver.

Les doses d'azote seront essentiellement fonction du précédent : elles pourront varier de 20 kg/ha après fourrage à 40-60 kg/ha derrière céréale secondaire et en terres pauvres.

3° SEMIS.

Il faut semer *le plus tôt possible*, en montagne comme en plaine, tout particulièrement en sols légers, là où les effets de gelées peuvent être les plus sensibles.

Pratiquement en montagne, on sème de *début septembre à fin octobre*, suivant l'altitude et la latitude; en plaine, de fin septembre à début novembre selon la rigueur des hivers.

Il faut semer en lignes écartées de 18-20 cm, à une densité voisine de celle d'un blé d'hiver (100-120 kg/ha).

Les semences seront traitées, notamment, aux organo-mercuriques ou au manèbe (*Fusarium nivale*).

4° SOINS D'ENTRETIEN.

Après un hiver rigoureux, ayant soulevé la terre et déchaussé les seigles, un **croskillage** ou un roulage peuvent s'imposer.

Le désherbage doit s'effectuer dans les mêmes conditions qu'un blé.

5° RÉCOLTE.

Une bonne récolte peut atteindre et même dépasser 40 **q/ha**, le poids à l'hectolitre variant de 70 à 77 kg, le rendement en paille de 5 à 6 t.

Le potentiel de productivité du seigle *est plus élevé qu'on ne croit* généralement et des rendements de 50 et 60 **q/ha** ont pu être obtenus en très bonne culture.

V. LE MÉTEIL.

Dans certaines régions, on cultivait autrefois beaucoup le mélange blé plus seigle, ou *méteil*. Aujourd'hui on n'en cultive guère plus de 11 000 ha.

Cette pratique avait pour but essentiel d'obtenir à la récolte même, et sans opérations ultérieures à la ferme, un mélange mieux équilibré sur le plan nutritionnel.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE VI

- BERBIGIER (A.). 1960. — La dichogamie chez le seigle. *Ann. Amél. Plantes*, 10, 3, 333-337, 1960.
— 1962. — Les possibilités méconnues du seigle. *Le Producteur Agricole Français*, 14 déc. 1962.
- SCHAD (G.). 1948. — L'Amélioration du seigle. *Les Journées Scientifiques « Le Pain »*, avr. 1948, 87-103.

CHAPITRE VII

SARRASIN

Fagopyrum esculentum Moench (2 n = 16).

I. ÉCONOMIE DE LA PRODUCTION.

a) Le sarrasin dans le monde.

Culture en constante régression, 3 400 000 ha en 1950, 2 000 000 ha en 1965, 1 850 000 ha en 1968, le sarrasin n'est plus guère cultivé aujourd'hui qu'en URSS (1 700 000 ha en 1968), en Pologne, au Canada et aux USA.

b) Le sarrasin en France.

Introduit en France probablement au **xv^e** siècle, la culture du sarrasin, encore appelé « blé noir », a atteint son apogée au **xix^e** siècle vers 1860 avec 740 000 ha et 7 500 000 q.

Depuis lors, elle n'a cessé de régresser :

1913 : 451 000 ha - 4 600 000 q	1963 : 44 300 ha - 443 000 q
1938 : 261 000 ha - 2 400 000 q	1970 : 15 800 ha - 185 000 q

Les causes de cette régression sont :

- l'amélioration des sols : le sarrasin, comme le seigle, est une plante de terres acides et pauvres;
- ses rendements sont très fluctuants d'une année à l'autre;
- la valeur nutritive de son grain est inférieure à celle des autres céréales (12 % de cellulose), celle de sa farine également (6 % de protéines).

Actuellement, les principales régions de culture sont le Massif central, le Limousin et la Bretagne.

c) Utilisations.

Le sarrasin trouve ses débouchés dans l'alimentation humaine (galettes, crêpes, bouillies), secondairement dans l'élevage des porcs, volailles, faisans (lots défectueux en complément du maïs). Il est utilisable ainsi comme fourrage vert : en culture dérobée d'été, en raison de sa grande rapidité de croissance.

II. LA PLANTE.

1^o ÉTUDE BOTANIQUE.

Le sarrasin appartient à la famille des Polygonacées et au genre *Fagopyrum* (2 $n=16$).

Ce genre comprend plusieurs espèces.

1^o *Fagopyrum esculentum* (*Polygonum Fagopyrum*) est le Sarrasin ordinaire, c'est le plus cultivé.

C'est une plante *annuelle* à tiges ramifiées, rougeâtres, à feuilles cordiformes pointues, à inflorescence en grappe de cymes.

Les fleurs sont très nombreuses (plusieurs centaines par plante), blanc rosé, à floraison et *maturation très échelonnées*. Elles sont hermaphrodites, mais hétérostyles. Il en résulte que la *fécondation croisée est de règle*, bien que l'autofécondation soit possible.

Le fruit est un *akène* farineux, trigone gris ou noirâtre.

2^o *Fagopyrum tataricum* (Sarrasin de **Tartarie**), très précoce, encore cultivé localement est une impureté fréquente dans le sarrasin ordinaire. Sa tige est plus verte, ses feuilles plus larges que longues, *ses fleurs verdâtres*.

Son grain est de mauvaise qualité (consommation animale exclusive).

3^o *Fagopyrum stenocarpa* (Sarrasin seigle), *F. emarginatum* (Sarrasin cilié).

Le sarrasin croît spontanément en Mandchourie, près du lac Baïkal, en Chine et dans le Népal. Il a *été* introduit en Europe orientale vers 1400.

2^o ÉTUDE ÉCOLOGIQUE.

a) Exigences climatiques.

L'**aire** de culture du sarrasin s'étend jusqu'au 70^o latitude nord et en altitude jusqu'à 800 m.

Sa germination est rapide : 8 jours à 4,3 °C, 4 jours à 10,2 °C.

La somme des températures de son cycle végétatif varie de 1 000 à 1 500 °C, selon la variété; sous nos climats, il réalise donc son cycle en trois mois.

Il est surtout *sensible au froid* : les gelées de printemps et d'automne sont les facteurs limitants de sa culture dans nos régions.

Il est par ailleurs *très exigeant en eau* jusqu'à floraison (période de grande croissance). Ensuite, un temps sec et chaud est nécessaire pour une bonne fécondation : pluies et vents sont causes de coulure.

b) Exigences agrologiques.

Le sarrasin supporte des sols *pauvres et acides* : il vient bien sur défrichements de landes, sur vieilles prairies naturelles.

Une culture de sarrasin en pleine floraison.

Photo INRA



Le sarrasin n'est pas, pour autant, une plante peu exigeante.

Selon **BOISCHOT** et **HURLEZ**, pour former un quintal de grain, il demande :
N 3,3 kg; P₂O₅ = 3,2 kg; K₂O = 4,0 kg; CaO = 3,9 kg.

Le sarrasin est par ailleurs, très sensible à l'ion Cl : le chlorure de potassium doit donc être apporté longtemps à l'avance.

H. LES VARIÉTÉS.

Les variétés cultivées en France sont toutes des populations issues de sélection massale. Citons :

— '**Sarrasin argenté**', variété la plus productive, introduite en France vers 1877 par **VILMORIN ANDRIEUX** et propagée dans l'Ouest par **RIEFFEL**.

Une sélection '**La Harpe**' (**INRA**) en a été tirée : elle est plus homogène et à plus gros grains que la population de départ.

— '**Sarrasin noir**' (ou ordinaire) cultivé autrefois.

— '**Petit Prussien**' ou '**Petit Breton**', à petit grain, cultivé en Bretagne.

Les objectifs principaux d'amélioration de ces variétés intéressent :

— *la productivité* : celle-ci pourrait être accrue par la création de variétés synthétiques à partir de lignées **autofécondées** (utilisation de la vigueur hybride);

— *la régularité des rendements* : plus grande homogénéité de floraison;

— *la qualité du grain*.

IV. CULTURE.

a) Place dans la rotation.

Le sarrasin est souvent cultivé en tête d'assolement, sur défriches ou à la place d'une jachère; on le rencontre aussi souvent à la place d'une deuxième céréale, avoine ou seigle.

En culture dérobée, il vient après un fourrage annuel de printemps (Vesce, seigle, par exemple).

b) Préparation du sol et fumure.

On effectue un labour moyen à léger, assurant un sol bien ameubli en surface.

La fumure de fond devrait être :

— *en culture principale* : de 400-500 kg de scories et 150-200 kg de chlorure de potassium;

— *en culture dérobée* : 250 kg de superphosphate au semis; 100 kg de chlorure, au labour.

Une fumure azotée de l'ordre de 40 à 60 kg/ha sous forme d'ammonitrate (150-200 kg) serait justifiée.

Malheureusement, trop fréquemment, le sarrasin ne reçoit aucune fumure.

c) Semis.

En culture principale, le sarrasin se sème de fin avril à fin juin dans nos régions.

En culture dérobée, on le sème de fin juin à fin juillet.

Les doses optimales se situent aux environs de 40 à 60 kg/ha en lignes espacées de 10-15 cm.

d) Récolte.

Elle se fait dans la seconde quinzaine de septembre. Elle est délicate car la maturité est échelonnée.

Les gerbes sont généralement mises en moyettes, dressées, serrées au sommet, lâches à la base.

Le grain, après battage, doit être étalé et remué pour assurer une complète dessiccation.

Les rendements de 20 q/ha sont possibles, mais trop fréquemment ils atteignent à peine 10 q/ha (moyenne française : 12 q/ha).

CHAPITRE VIII

MAÏS

Zea mays L. ($2n = 20$).

I. HISTORIQUE DE LA CULTURE.

Le maïs serait originaire d'Amérique du Sud ou d'Amérique Centrale.

Lorsque les Européens sont arrivés au Nouveau Monde vers 1492, le maïs était une des bases de l'agriculture indigène de la latitude de La Plata à celle des États-Unis actuels, alors qu'il était totalement inconnu en Europe et en Asie.

Connu des peuples les plus anciennement civilisés de l'Amérique (Aztèques, Mayas, Incas...) le maïs est probablement la plus ancienne culture sur ce continent : des épis ou grains de maïs ont été retrouvés dans les tombeaux des Incas au Pérou (3 000 ans av. J.-C.).

Le maïs semble avoir été introduit en Espagne vers 1519 par Fernand CORTEZ. Sa culture est déjà signalée en Béarn à la fin du XVI^e siècle. Elle y prospère au dépens du millet, d'où les dénominations locales de mil ou millette.

Le maïs a ensuite gagné le Languedoc, la vallée du Rhône, l'Isère, la Bresse, l'Alsace, le pays de Bade; dans ces différentes régions, la rotation jachère-blé a alors souvent fait place à celle de maïs-blé.

II. ÉCONOMIE DE LA PRODUCTION.

A. LE MAÏS DANS LE MONDE.

a) Superficies.

En 1968, les superficies cultivées en maïs dans le monde étaient de l'ordre de 106 millions d'hectares, plaçant le maïs au troisième rang des céréales, après le blé et le riz. Superficies par ailleurs en augmentation assez sensible depuis 30 ans : 89 millions d'hectares en 1934-1938, 100 millions en 1955, 106 en 1960.

b) Production.

La récolte mondiale de maïs était, en 1968 (selon la FAO), de 2 250 000 000 q. Elle plaçait le maïs au 3^e rang des céréales, après le blé (3 300 000 000 q) et le riz (2 840 000 000 q).

Cette production se répartissait géographiquement comme suit :

Amérique du Nord et Centrale	1 251 000 000 q
dont États-Unis	1 116 000 000 q
Europe	327 000 000 q
dont Roumanie	71 000 000 q
Yougoslavie	68 000 000 q
France	54 000 000 q
Italie.	40 000 000 q
Amérique du Sud	226 000 000 q
dont Brésil.	128 000 000 q
Argentine.	66 000 000 q
Afrique.	183 000 000 q
dont Afrique du Sud	53 000 000 q
Asie	173 000 000 q
dont Inde.	57 000 000 q
URSS	88 000 000 q

L'Amérique du Nord, (États-Unis), se place donc nettement en tête des régions productrices avec 52 % du tonnage mondial. En Europe, les pays d'Europe Centrale (Roumanie, Yougoslavie), et dans la CEE la France et l'Italie sont les principaux pays producteurs.

Fait remarquable, la production mondiale de maïs a plus que doublé en 30 ans (tableau VIII-1).

TABLEAU VIII-1. — *Évolution de la culture du maïs-grain dans le monde depuis trente ans*

PÉRIODES	SUPERFICIES (millions d'hectares)	PRODUCTIONS (millions de quintaux)	RENDEMENTS (q/ha)
1934-38	85	112	12,9
1948-52	88	140	15,9
1952-56	91	155	17,0
1958-62	101	208	20,5
1964-68	103	232	23,2

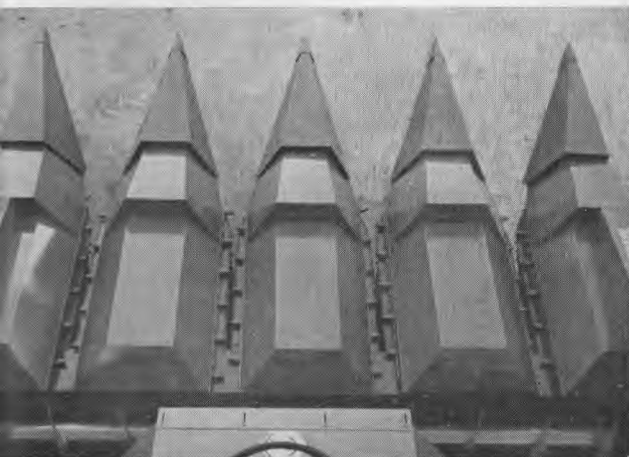
Cet accroissement résulte essentiellement d'une amélioration considérable des rendements : ceux-ci ont doublé.

L'entrée en culture aux États-Unis d'abord, puis en Europe, des *variétés hybrides* en est la cause principale.

B. LE MAÏS EN FRANCE.

1° Avant 1948, le maïs était en France, une culture très localisée (Pays Basque, Béarn, Gers, Landes, Bresse, Alsace) et, sur le plan économique, très secondaire.

Après s'être maintenues aux environs de 600 000 ha jusqu'à la fin du **XIX^e** siècle.



Cueilleurs de moissonneuse à quatre rangs.



Corn sheller automoteur.

Photos RIVIERRE-CASA

On peut également conserver les épis sur *plate formes ventilées* analogues à celles utilisées pour le séchage des fourrages.

II. RÉCOLTE EN GRAINS.

Deux types de machines sont utilisés.

Le « *corn sheller* » machine qui cueille et égrène directement le maïs, même humide. Il y a des machines à 2 et même 3 rangs, tractées ou autotractées.

La *moissonneuse-batteuse* peut également battre le maïs à condition de remplacer la barre de coupe classique par des becs cueilleurs et de procéder aux modifications nécessaires tant au batteur qu'au contre-batteur.

La récolte en grains permet de faire un travail acceptable jusqu'à un taux d'humidité de 35 %.

Sitôt la récolte, *il faut sécher à l'air chaud* (à moins que l'on ensile le grain humide).

Les séchoirs sont de deux types : *statiques et continus*. L'un et l'autre sont coûteux.

— Pour amortir un *séchoir statique* il faut sécher au moins 2 500 q par an (40 ha).

— Pour un *séchoir continu*, il faut sécher au moins 5 000 q (80 ha).

Pratiquement les deux chaînes de récolte en épis et en grains ne s'excluant pas,



s S.P.I.E.A.

Un crib à maïs. Remarquer la simplicité de la construction (bois, grillage, amiante-ciment ondulé).

Chargement des épis de maïs dans un crib.

le développement raisonné de la culture du maïs-grain dans une exploitation suppose des moyens de conservation et de séchage :

- au niveau de *l'exploitation*, crib;
- au niveau de la *région*, séchoir et silo coopératif, par exemple.

B. LE MAIS - FOURRAGE.

Se reporter au tome I "Fourrages", p. 134.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE VIII

- ANGLADE (P.) et RAUTOU (S.). 1970. — Programme et premiers résultats de l'amélioration du maïs pour la résistance à la pyrale. *C. R. Acad. Agric.*, 389-396.
- A.G.P.M. — I.T.C.F. 1966. — *Parasites et carences du maïs*. Doc. A.G.P.M. 33 p.
- 1966. — La récolte et le séchage du maïs. *C. R. Journées Intern. Récolte et Séchage maïs*, 12-13 oct. 1966.
- 1964. — *Désherbage du maïs*. Doc. A.G.P.M., 23 p.
- 1964. — *Le maïs en culture irriguée*. Journées d'Études Agen-Chartres, 15 p.
- 1970. — Le maïs, plante fourragère. *Journées d'information*, 27-28 janv. 1970, 271 p.
- BARLOY (J.J.). 1970. — Les cahiers du maïs. *Engrais de France*.
- BOUCHET (F.). 1966. — *Influence de la nature du sol sur l'action herbicide de la simazine*, 90 p., I.T.C.F.
- CAUDERON (A.). 1958. — Le maïs-hybride en France. Étude de la précocité. *Ann. Amél. Plantes*, 3, 273-289.
- CHESNEAU (J. C.). 1959. — Mise au point sur le désherbage chimique du maïs. *Bull. C.E.T.A.*, 57, mars 1959.
- COLEOU (I.). 1962. — Le maïs fourrage dans l'alimentation des animaux domestiques. *Agriculture*, 249, 295-277.
- Corn (A.). 1961. — La place du maïs dans les assolements. *Le Producteur Agric. Français*, 44, 15 mars 1961.
- FAIVRE-DUPAIGRE (R.). 1959. — Le désherbage du maïs. *Agriculture*, 211, 107-112.
- JUSSIAUX (Ph.). 1963. — *Maïs hybride*, 128 p., 3^e édition, Paris.
- LASCOLS (X.). 1960. — Densité de peuplement dans les cultures de maïs-grain. *Bull. C.E.T.A.*, no 67, mars 1960.
- 1962. — Sélection du maïs hybride et nouvelles variétés. *Bull. C.E.T.A.*, 87.
- MESSIAEN (C. M.). 1963. — Physiologie du développement chez *Zea mays*. *Ann. Epiphyties*, 14, 11, 90 p. 1963.
- SPRAGUE (F.). 1955. — *Corn and corn Improvement*, 700 p. New York.

CHAPITRE IX

SORGHO-GRAIN

Sorghum durra Stapf, *S. subglabrescens*, *S. caffrorum* Beauv. (2 n = 20).

I. CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES SORGHOS.

A. CLASSIFICATION BOTANIQUE.

Les sorghos cultivés appartiennent au genre *Sorghum* L., de la tribu des *Andropogonées*.

Celle-ci est caractérisée par des épillets caducs à maturité, disposés ordinairement par paires, dont l'un est sessile, fertile et souvent aristé, l'autre pédicellé, stérile.

Le genre *Sorghum* comprend des espèces vivaces et d'autres annuelles, à panicules de taille très variable, compactes à plus ou moins lâches chez les espèces cultivées, surtout celles destinées à la production du grain.

La systématique des sorghos n'est pas encore définitivement établie.

SNOWELEN (1961) a proposé la classification suivante pour ces diverses espèces :

SOUS-SECTION HALEPENSIA.

— *S. halepense* (L.) Pers. 2 n = 40, Sorgho d'Alep, type herbacé, sauvage, pluriannuel, domestique dans certaines régions (Midi méditerranéen, mauvaise herbe fréquente).

— *S. alnum* Parodi 2 n = 40 = Type herbacé, pluriannuel sauvage, également domestique (fourrage).

SOUS-SECTION ARUNDINACEA.

Sorghos généralement annuels à 2 n = 20.

Série *spontanea*.

Graminées sauvages à inflorescence fragile.

Série *Sativa*.

— *Sorghum sativum* ou *S. vulgare* Pers., espèce à inflorescence relativement compacte, ne se brisant pas à maturité; les épillets sessiles demeurent sur la panicule, avec ou sans épillets pédicellés, permettant ainsi la récolte des panicules entières portant les grains mûrs.

— *S. vulgare* var. *sudanense* Piper (Hitsch).

L'espèce *S. vulgare* comprend un certain nombre de sous-séries et variétés botaniques.
Exemple :

— *S. durra*, *S. subglabrescens* (sous-série Durra).

— *S. bicolor*, *S. dochna* (sous-série Bicolor).

B. CLASSIFICATION AGRONOMIQUE.

Par ordre d'importance économique décroissante, on peut (selon P. HUGUES) répartir les sorghos cultivés en cinq catégories.

1° Les sorghos grains (*S. durra*, *S. subglabrescens*, *S. callrorum*)

Ce sont les variétés et hybrides cultivés pour la production du grain.

2° Les sorghos fourragers (*S. bicolor*).

Il s'agit de variétés et d'hybrides de grande taille à tige juteuse plus ou moins sucrée, ou sèche, ainsi que des hybrides obtenus depuis peu, à taille moins élevée et à deux fins : fourrage et (ou grain).

3° Les sorghos à sirop et sorghos à sucre (*S. dochna* var. *saccharatum*).

Généralement ce sont des sorghos de taille très élevée, à grosses tiges renfermant une moelle juteuse, à forte teneur en sucres.

4° Les sorghos à balais (*S. dochna* var. *technicum*).

Ces sorghos sont cultivés pour l'utilisation de leurs panicules allongées à l'extrémité de nombreux et longs pédicelles, par l'industrie des balais et balayettes.

5° Les sorghos herbacés (*S. vulgare* var. *sudanense*).

Ce groupe est de constitution relativement récente, par suite de l'introduction (déjà ancienne) en culture de *l'herbe du Soudan* ou *Sudan-Grass* et de ses hybrides avec les sorghos (d'obtention récente).

A ce groupe on peut adjoindre le *Sorgho d'Alep* (Johnson grass) et *Sorghum alnum* (Perennial. Sour grass).

Jusqu'à la floraison, tous ces sorghos renferment un glucoside générateur d'acide cyanhydrique, la *durrhine*, capable de provoquer chez le bétail des accidents mortels. Après floraison, par contre, le glucoside se trouve en quantité beaucoup plus faible, inférieure au seuil de toxicité.

C. RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES SORGHOS CULTIVÉS DANS LE MONDE.

1° LES SORGHOS HORS D'EUROPE.

A partir des régions chaudes de l'ancien continent, les sorghos se sont répandus, sous l'influence des migrations et relations humaines, dans toute la zone intertropicale, et jusque dans les zones tempérées des deux hémisphères; d'une façon très générale entre les 40 ° parallèles Nord et Sud.

Actuellement, on constate qu'une poussée de la culture tend à s'effectuer vers le nord, d'une façon analogue, bien que beaucoup plus réduite, à celle du maïs.

Outre son intérêt pour l'alimentation du bétail, le grain constitue, pour l'alimentation humaine, sous forme de farine, de boissons, etc. l'aliment végétal le plus important des pays secs et chauds de l'Afrique et d'une grande partie de l'Inde (il y est l'homologue du riz des pays tropicaux à forte pluviosité).

Très cultivés en Afrique et en Asie, les sorghos le sont de moins en moins en Océanie, dans les îles de la Sonde et d'une façon générale, à mesure que l'on s'éloigne de l'Inde en allant vers l'est.

Dans le Nouveau Continent, les sorghos ont été introduits à la suite des esclaves d'Afrique, d'abord aux Antilles, puis aux USA et en Amérique du Sud. Les premières cultures réalisées aux USA datent de 1853.

2° LES SORGHOS EN EUROPE.

L'époque de l'introduction des sorghos en Europe est incertaine. PLINE (70 ans ap. J.-C.) signale une plante introduite des Indes et qu'il désigne par « surgo ».

Au Moyen Age, la culture des sorghos à balais importée d'Anatolie était très florissante.

3° LES SORGHOS EN FRANCE.

Diverses introductions de semences de sorghos furent réalisées à partir de 1850 en provenance de Chine, 1851 du Natal, 1854 des Indes, d'Afrique.

Plus tard, parvinrent en France et donnèrent lieu à des cultures peu importantes des semences de sorghos fourragers améliorés aux USA ('Amber', 'Honey', etc.).

II. ÉTUDE ÉCONOMIQUE.

A. LE SORGHO-GRAIN DANS LE MONDE.

Cette culture est en *nette extension* dans un certain nombre de pays (USA, Australie) ou en net accroissement de consommation chez ceux qui ne peuvent le produire.

Aux USA : de 1955 à 1960, les superficies ont doublé, les rendements ont augmenté de 30 %, la production a presque triplé (52 à 143 millions de quintaux).

En Europe, pour 3 pays du Marché commun et le Danemark, la consommation est passée de 1954 à 1960 de 4 à 14 millions de quintaux.

	<i>Hollande</i>	<i>Belgique</i>	<i>Danemark</i>	<i>France</i>	<i>Total</i>
1954.....	2 200 000	1 500 000	200 000	150 000	4 050 000 q
1960.....	2 700 000	6 600 000	4 600 000	300 000	14 200 000 q

Les principales raisons du développement de cette production sont les suivantes :

a) Les débouchés de plus en plus larges sur le *marché mondial des aliments du bétail*. Cette industrie tend à faire appel aux *céréales les moins chères*, or le sorgho demeure moins cher, sur le marché mondial, que le maïs et même que l'orge;

Le grain de sorgho a une composition voisine de celle de l'orge pour sa teneur en matières protéiques (10,5 %) et du maïs pour sa faible teneur en cellulose (1,6-1,8 %).

b) La productivité des variétés s'est très notablement accrue depuis l'entrée en culture des *premières variétés hybrides américaines*.

B. LE SORGHO-GRAIN EN FRANCE.

Cette culture est également en très nette extension en France. Les superficies sont passées de 3 000 ha en 1965 à 51 500 ha en 1970 (1 660 000 q, rendement 37,0 q/ha).

Les raisons de l'intérêt récemment suscité en France par cette culture sont :

- *d'ordre économique* : l'importance des débouchés intérieurs comme extérieurs dans l'alimentation du bétail (notamment dans les pays du « Marché commun » ne pouvant en cultiver);

- *d'ordre technique* : dans toutes les zones *non irrigables*, le sorgho-grain nettement plus résistant à la sécheresse que le maïs, peut l'y remplacer;

- *les variétés hybrides F₁* actuelles atteignent des niveaux de rendements très élevés, du même ordre que ceux du maïs (70-80 q/ha).

Néanmoins, en raison des exigences thermiques de l'espèce et des variétés jusqu'ici sélectionnées, il semble bien que l'aire de culture du sorgho-grain doive se limiter en France, au Sud-Ouest et Sud-Est et plus particulièrement aux *zones sèches de ces régions*, là où le maïs n'apparaît pas rentable.

III. LA PLANTE.

A. CARACTÈRES BOTANIQUES.

Le sorgho-grain est une espèce annuelle à $2n = 20$, comme le maïs.

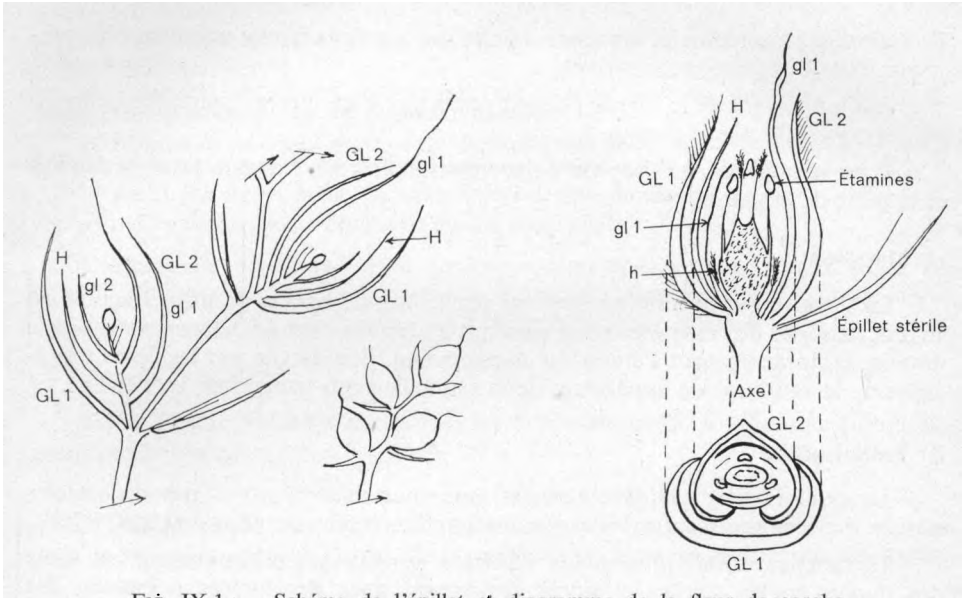
La plante est relativement petite (1,10 à 1,20 m), à feuilles longues, rappelant celles du maïs, mais moins *larges et glabres*. Comme chez les sorghos fourragers, ses feuilles et tiges sont toxiques (durrhine) jusqu'à floraison.

L'inflorescence est une panicule plus ou moins compacte portant des *épillettes biflores* groupés par deux ou par trois aux extrémités des ramifications; dans chaque groupe, l'épillet de la base est fertile et sessile, les latéraux sont stériles (fleurs mâles) et pédicellés (fig. IX-1).

Chaque épillet fertile ne comporte *qu'une seule fleur fertile*, à trois étamines et deux styles à stigmates plumeux.

La semence est d'un brun clair à rougeâtre, assez petite (25-35 g les 1 000 grains). Elle est constituée par un fragment d'inflorescence puisqu'elle comprend l'épillet fertile et un ou deux pédicelles inégaux des épillets stériles.

L'amande est un caryopse d'environ 4 mm de long, en partie visible entre ses enveloppes; chez les sorghos-grains cultivés aux USA et en France, la semence est le caryopse.



Faï. 11-1. - Schéma de l'épillet et diagramme de la fleur de sorgho.

(D'après PIÉDALLU, 1923.)

GL 1 : 1^{re} glume carénée
GL 2 : 2^e glume

gl 1 : 1^{re} glumelle membraneuse
gl 2 : 2^e glumelle, hyaline

H : membrane hyaline
h : glumelle

B. CROISSANCE ET DÉVELOPPEMENT.

1° CYCLE DE DÉVELOPPEMENT.

a) Développement du système racinaire.

Pendant les premières phases relativement lentes de la croissance des parties aériennes de la plante, le sorgho développe un système racinaire profond à racines adventives fibreuses et ramifiées; à superficies foliaires identiques, le volume des racines est le *double de celui d'une plante de maïs*.

C'est une des raisons pour lesquelles le sorgho *résiste mieux à la sécheresse* que le maïs.

b) Développement du système aérien.

Au début, la croissance en hauteur du sorgho est très lente, bien que le nombre de feuilles émises s'accroisse rapidement.

Selon A. COTTE, 12 jours après la levée, les plantes peuvent avoir déjà 5 feuilles.

C'est au stade de 4-6 feuilles que *le tallage* débute généralement : des ramifications prennent naissance à l'aisselle de ces premières feuilles, avec une orientation plus ou moins oblique par rapport à l'axe principal.

Ensuite, lorsque la plante a atteint 10 à 12 feuilles, la croissance s'accélère,

la tige monte rapidement, les **entre-nœuds** du bas de la plante atteignant les premiers leurs dimensions définitives.

L'allongement de la tige se ralentit peu à peu à mesure qu'approche la floraison et cesse à la pleine floraison.

Il ne semble pas qu'il existe de corrélation entre le nombre total de feuilles et la taille de la plante.

c) Floraison.

La floraison se produit en majeure partie la nuit ou aux premières heures du matin; la sortie des étamines cesse pendant les heures chaudes. Pour une panicule entière, la floraison peut s'étaler sur une semaine. Elle débute par les fleurs terminales de la ramification supérieure de la panicule pour progresser vers le bas.

d) Pollinisation.

La pollinisation est généralement *autogame mais* il n'y a pas d'obstacles sérieux à la fécondation croisée qui peut atteindre chez les sorghos-grains 60 à 70%.

L'existence d'individus mâles stériles a permis aux sélectionneurs de créer des lignées mâles stériles et après croisement avec des lignées normales, des variétés hybrides F₁.

2° PHYSIOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT.

Le sorgho est une plante de *jour court* : plus les jours sont courts, plus la floraison se trouve accélérée.

Toutefois certains auteurs ont montré que la plante ne réagit à la photopériode que lorsque certaines exigences thermiques ont été satisfaites (influence de la thermopériode).

3° ÉCOLOGIE DE LA CROISSANCE.

a) Température.

Plante d'origine tropicale, le sorgho a des exigences thermiques élevées, *supérieures à celles du maïs*.

Le zéro de germination du sorgho se situe aux environs de 10 °C. et pratiquement au-dessous de 15 °C, la croissance de la plantule est très faible.

L'optimum de croissance se situerait vers 30 °C.

Date de semis *plus tardive* et aire de culture plus méridionale résultent directement de ces exigences.

b) Eau.

Les besoins en eau du sorgho sont notablement *plus faibles que ceux du maïs* : le **coefficient** d'évaporation du sorgho serait de l'ordre des trois-quarts de celui du maïs (274 contre 361 selon SCHANTZ et PIEMEISEL).

Cette moindre exigence en eau résulterait d'un certain nombre de caractéristiques morphologiques et physiologiques :

- revêtement des limbes foliaires par une *cuticule cutinisée*, elle-même recouverte d'une quantité importante de *cire* de couleur blanche;
- *stomates de taille plus petite*, mais plus nombreux de 50 % que chez le maïs, d'où un contrôle des échanges gazeux plus **efficace** et plus avantageux pour la plante;
- *surface foliaire totale* fonctionnelle moitié de celle du maïs;
- *système racinaire* extrêmement ramifié et profond.

Les besoins en eau du sorgho varient comme chez le maïs, avec le stade de développement : ils sont plus importants du stade « *gonflement* » à la fin du stade « *laiteux* » du grain (maximum à « fin gonflement-début épiaison »).

c) **Éléments fertilisants.**

Selon **DULAC** (Montpellier, 1964) les exportations du sorgho, par quintal de grain produit seraient pour la variété 'N K 120' :

Azote : 2,63 kg P₂O₅ : 1,31 kg K₂O : 3,13 kg.

L'enfouissement des tiges et feuilles après la récolte restituant au sol les trois-quarts de la potasse, l'exportation réelle en cet élément serait donc de l'ordre 0,8 à 1 kg.

De ces données, on peut déduire qu'une *fumure analogue à celle* du maïs est susceptible de satisfaire les besoins du sorgho en éléments fertilisants.

C. ACCIDENTS ET PARASITES.

1. La fonte des semis due au *Fusarium sp.*, *Colletotrichum graminicola*, etc.

Moyens de lutte : traitement des semences au TMTD, organo-mercuriques, captane.

2. Verse due à *Gibberella Fujikuroi*.

3. Pourriture des tiges due à *Macrophoma phaseoli*, *Fusarium moniliforme*, *Colletotrichum graminicola*, etc.

4. Charbons à *Sphacelotheca sorghi*, *Sp. cruenta*, etc. Lutte par traitement des semences au captane, TMTD, organo-mercuriques.

5. Maladies bactériennes.

6. Parasites animaux. Taupins, vers blancs, pyrales et sésamies.

Les oiseaux (moineaux et autres passereaux) sont les ennemis les plus redoutables du sorgho-grain, à partir du stade laiteux.

IV. LES VARIÉTÉS.

10 ORIGINE.

Les quelques variétés (S 40, Early Hegari) très localement cultivées en France à partir de 1950 ont aujourd'hui disparu.

Ne sont plus actuellement cultivées que des *variétés hybrides* F₁, d'origine américaine pour la très grande majorité (une variété INRA).

Ces F₁ résultent nécessairement du croisement d'une *lignée mâle stérile* par une *lignée mâle fertile* : la castration manuelle est, en effet, irréalisable industriellement (fleur hermaphrodite).

Compte tenu de cette nature génétique, il est nécessaire, comme pour le maïs, de *renouveler les semences* chaque année (chute de rendement en F₂).

C'est la Fédération Nationale de la Production de Maïs et de Sorgho qui se charge de la production des semences de sorgho-grain. Celle-ci est contrôlée et certifiée par le Service officiel de contrôle du GNIS. Cette production porte annuellement sur une cinquantaine d'hectares.

2° CARACTÉRISTIQUES CULTURALES : ÉLÉMENTS DU CHOIX DES VARIÉTÉS.

La *précocité*, comme chez le maïs, constitue *l'élément fondamental* du choix variétal : une variété trop tardive ne pourra venir à maturité, voire même, présentera une coulure importante des fleurs (températures trop basses pendant la floraison).

Les autres éléments de choix seront *la productivité, la résistance à la verse, l'attraction pour les oiseaux, l'aptitude à la récolte mécanique*.

D'après leur date d'épiaison, les sorghos ont été classés aux USA selon une échelle de précocité qui *s'étale de 400 à 800*. Pour l'Europe et pour la France, cette échelle n'a aucune correspondance avec l'échelle indiciaire utilisée chez le maïs.

Le tableau ci-dessous résume le classement par groupe de précocité de quelques hybrides de sorgho grain et leur zone de culture (d'après A. CÔTTE et S. RAUTOU).

TABLEAU IX-1. — Variétés de sorghos hybrides, précocité et régions de culture.

Le nombre entre parenthèses, après le nom de la variété, est celui de l'indice de précocité.

Groupe précoce (indices 400 à 500). Bassin de la Garonne et vallée moyenne du Rhône.

N.K. 110 A (440)	N.K. 123 (440)	INRA 450 (450)
N.K. 120 (440)	S.D. 441 (440)	N.R. 125 (470)

Groupe tardif (indices 500 à 700). Région méditerranéenne.

A.K.S. 614 (600)	N.K. 222 (610)	Hazera 726 700)
Dekalb •D50 (600)	R.S. 610 (610)	

Légende. N.K. : Northrup King.
S.D. : South Dakota

A.K.S. : A.E.S. Arkansas.
R.S. : Regional Sorghum.

Il ressort que *l'indice 500 correspond à la limite* de tardivité des hybrides pouvant être cultivées dans le sud-ouest de la France.

Or, les hybrides d'indice inférieur à 500 sont peu nombreux.

Le plus connu est 'Northrup' King 120 ('NK 120'). 'INRA 450' première variété française de sorgho hybride (Montpellier) s'est révélée aussi productive.

Les hybrides plus tardifs très nombreux (500 à 700) ne sont cultivables qu'en région méditerranéenne ou dans des conditions de sol et d'alimentation en eau particulières.



Un champ de production de semences de sorgho-grain hybride (2 lignes du parent mâle, 4 lignes du parent femelle).

V. CULTURE.

A. PLACE DANS LA ROTATION.

Le sorgho grain peut occuper dans la rotation la même place que le maïs. C'est donc une « tête d'assolement » suivie généralement d'une céréale d'hiver.

Les précédents culturaux qui lui sont les plus favorables sont ceux qui enrichissent le sol en humus : légumineuses fourragères-prairies.

Lorsque le sorgho est suivi d'une céréale d'automne, un apport d'azote (30 kg/ha) au semis de cette dernière est utile pour favoriser la décomposition des résidus de chaumes et de racines.

B. PRÉPARATION DU SOL.

Bien que le sorgho soit plus résistant à la sécheresse que le maïs, la productivité est, de la même façon, conditionnée par les *disponibilités en eau* du sol.

Pour emmagasiner le maximum d'eau dans le sol, on effectuera *un labour profond d'automne*, ou *d'hiver*, voire d'été en conditions sèches.

Au printemps, la préparation superficielle devra être encore *plus soignée que pour le maïs*, en raison de la *faible taille des grains* et leur énergie germinative moindre. Au cours de ces travaux, on traitera contre les taupins, vers blancs, etc.

C. FUMURE.

Elle sera très voisine de celle conseillée pour le maïs.

1. Fumure de fond. 80 kg-120 kg de P_2O_5 et K20 enfouis au labour avec éventuellement une fumure organique de 20 à 30 t/ha de fumier.

2. Fumure azotée. En région sèche on a des chances de valoriser 60-80 kg/ha. En irrigation, 100 à 150 kg/ha peuvent être très rentables.

D. SEMIS.

1° DATE.

En règle générale, en un lieu donné, compte tenu du zéro de germination du sorgho plus élevé, ce dernier devra être semé *15 à 20 jours après le maïs*, c'est-à-dire *courant mai*.

En région méditerranéenne et en conditions irriguées, les semis peuvent être poursuivis *jusqu'à fin juin avec les hybrides les plus précoces*.

2° DÉSINFECTION DES SEMENCES.

Celles-ci seront traitées au **TMTD**, organo-mercuriques, ou captane contre les parasites de fonte.

3° PEUPELEMENT.

La densité de peuplement, compte tenu du tallage, n'a pas la même importance chez le sorgho que chez le maïs.

En culture sèche, une densité de l'ordre de 20 à 25 plantes au mètre carré (200 000 à 250 000 plantes/ha) paraît très satisfaisante; en culture irriguée elle peut être sensiblement augmentée. Si la culture est désherbée chimiquement, on peut semer à *20-40 cm* d'écartement; si la culture est binée, 50 à 70 cm d'écartement sont nécessaires.

Pratiquement avec un poids de 1 000 grains de 25-30 g, *10 à 15 kg/ha* de semences constituent une dose normale.

E. SOINS D'ENTRETIEN.

En raison de son premier développement très lent, le sorgho est, dès la levée, menacé par les adventices. Par contre, par la suite, sa croissance rapide lui permet de les concurrencer victorieusement.

Lorsque l'écartement entre lignes est suffisant on peut biner.

De plus en plus on préconise le traitement au *stade* 4-5 feuilles :

— soit à l'atrazine à 1-1,5 kg/ha de MA;

— soit au mélange d'atrazine (0,6-0,8 kg/ha) — sel d'amine du 2,4-D (0,5-0,8 kg/ha de MA).

F. IRRIGATION.

Celle-ci devra viser essentiellement à satisfaire les besoins de *la période critique* : *gonflement* — *fin du stade laiteux*. Selon A. COTTE, la valorisation du mètre cube d'eau serait, dans ces conditions, de l'ordre de 1,5-1,6 kg de grain commercial.

G. RÉCOLTE ET SÉCHAGE.

La récolte ne peut s'effectuer qu'à la *moissonneuse-batteuse*.

D'autre part, le grain doit être stocké à *moins de 13 % d'humidité*. Or, comme le maïs, il dose à la récolte 25-35 %, d'autant plus que celle-ci doit être précoce (limitation de la verse, moisissures du grain, nécessités de l'assolement, reprise d'humidité du grain).

Une liaison étroite entre le producteur et l'organisme stockeur est donc indispensable au moment de la récolte pour que *le séchage débute dans un délai minimum*.

Les rendements de *70 q/ha et plus* constituent un objectif qu'il est possible d'atteindre dans les conditions françaises en culture irriguée.

H. SORGHO FOURRAGER.

Se reporter au tome I "Fourrages", p. 137.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE IX

A. COTTE. 1966. — Culture du sorho-grain. *Bull. Tech. Inf.*, 215, déc. 1966.

COTTE (A.) et RAUTOU (S.). 1962. — Le sorgho-grain hybride. *Bull. Techn. Inf.* 172.

C.N.E.E.M.A. 1965. — *Expérimentation sur la récolte du sorgho à la moissonneuse-batteuse*. Doc. C.N.E.E.M.A., sept.-oct. 1965.

I.T.C.F. 1966.— *Conseils pratiques pour la culture du sorgho-grain*, Doc. ITCF, 16 p.

X... 1969. — Culture et variétés de sorgho-grain. *Cultivar*. 9, 10-12.

CHAPITRE X

MILLET

Panicum miliaceum L. et *Setaria italica* Beauv.

La culture du millet est actuellement très peu importante en France : on n'en cultivait plus en 1970 que 900 hectares avec des rendements de 15 q/ha. Selon FAO on en cultivait cependant 34 millions d'hectares dans le monde, en 1968, avec un rendement de 4,8 q/ha.

Les millets cultivés appartiennent à la tribu des *Panicées* qui se différencie des *Andropogonées* par :

— une inflorescence formée d'épillets *pédicellés tous semblables*, à glumes membraneuses, *inégaies*, portant deux fleurs : l'une hermaphrodite, l'autre uniquement mâle, *réluite* à une ou deux glumelles membraneuses;

— une pilosité plus ou moins dure.

Deux espèces sont cultivées en France :

— *Panicum miliaceum*, millet à grappes ou millet commun;

— *Setaria italica*, qui comprend deux variétés : le Millet des oiseaux et le Moha.

Les deux genres et espèces diffèrent essentiellement par la forme de leur panicule très lâche chez *Panicum*, en forme d'épi chez *Setaria*.

L'inflorescence du Moha diffère de celle du Millet des oiseaux par un épi plus court, plus compact, dressé et à soies généralement longues.

1° MILLET A GRAPPES OU MILLET COMMUN.

Le millet à grappes est surtout cultivé en Allemagne et en Hongrie soit pour le grain, soit pour le fourrage (culture d'été).

C'est une plante à végétation très rapide (3 mois), préférant les sols légers; le millet supporte particulièrement bien la sécheresse.

Précédent culturel. Très exigeant à l'égard de la richesse du sol et de sa propreté, il est cultivé de préférence derrière vieille prairie ou légumineuse ou plante-racine ou tubercule.

Semis. Il se sème, à partir de début mai, au semoir, en lignes écartées de 35-50 cm.

Soins **d'entretien.** Binages répétés.

Récolte en grains. Délicate en raison des risques d'égrenage; traditionnellement manuelle.

2° MILLET DES OISEAUX.

C'est une espèce plus exigeante en chaleur et donc plus tardive que le millet à grappe (5 mois de végétation).

Ses conditions de culture sont voisines de celles du Millet commun.

3° MOHA.

C'est une plante à végétation rapide, résistante à la sécheresse, utilisée comme *fourrage d'été à consommer jeune* (durcit vite), en vert, fané ou ensilé (voir tome I "Fourrages" p. 141).

CHAPITRE XI

RIZ

Oryza sativa L. (2 n = 24).

I. ÉCONOMIE DE LA PRODUCTION.

A. LE RIZ DANS LE MONDE.

Le riz est avec le blé la céréale la plus importante à l'échelon mondial.

En 1968, selon FAO on en cultivait 132 millions d'hectares et la production s'établissait à environ 2 milliards 840 millions de quintaux soit un rendement mondial de l'ordre de 21,5 q/ha.

Cette culture est *en progression*. Pour la période 1948-52 la surface mondiale était de l'ordre de 100 millions d'hectares et la production de 1 milliard 660 millions de quintaux (16,6 q/ha); l'augmentation des rendements a été particulièrement sensible dans les pays de culture traditionnelle (Inde et Chine) grâce à l'amélioration des techniques culturales (engrais).

Les principaux pays producteurs sont les *pays asiatiques* dont le riz constitue la base de l'alimentation. Ainsi en 1968, ceux-ci produisaient 60 % de la production mondiale.

Inde.	37 000 000 ha	596 000 000 q
Indonésie	7 970 000 ha	152 000 000 q
Pakistan.....	11 300 000 ha	201 000 000 q
Japon	3 280 000 ha	188 000 000 q
Asie.	88 770 000 ha	1 682 000 000 q

Les autres pays producteurs sont l'Amérique du Sud (Brésil), les États-Unis et Amérique Centrale (Mexique), l'Europe (15 millions de quintaux).

En Europe, parmi les pays du Marché commun-, l'Italie (6 000 000 q) et la France (950 000 q) sont les seuls pays producteurs. Cependant, l'Espagne, le Portugal et la Grèce sont, en dehors de la CEE d'importants producteurs de riz.

B. LE RIZ EN FRANCE.

C'est vers 1845 que la culture du riz fut introduite en France. Toutefois ce n'est qu'un siècle plus tard, à partir de 1942, que la culture a pris un développement spectaculaire dans les départements des Bouches-du-Rhône (Camargue), dans le Gard, l'Hérault, l'Aude et le Vaucluse où elle a permis la mise en valeur de terrains salés, autrefois incultes.

En 1970, on cultivait 22 000 ha; la production s'élevait à 1 million de quintaux, soit un rendement moyen de 42 q/ha.

Cette production couvre actuellement nos besoins.

Son extension rapide a été favorisée par les prix rémunérateurs consentis à partir de 1946 aux producteurs (3 fois 1/2 le prix du blé d'alors). Aujourd'hui (1970), les prix à la production ayant très notablement baissé, les superficies semblent annoncer une légère régression.

C. UTILISATION DU RIZ.

1° L'alimentation humaine est le principal débouché de la production de riz, tout particulièrement en Asie.

On appelle :

- *riz paddy*, le grain vêtu venant du battage;
- *riz cargo*, le grain débarrassé des glumes et glumelles (amande = 79-80 %);
- *riz blanchi*, le grain débarrassé du germe et de la plus grande partie des téguments (couche à aleurone comprise d'où risque d'avitaminose B). Il est livré soit glacé avec glucose et talc, soit non glacé (*riz fleuri*).

Le grain de riz est très digestible. Il contient, décortiqué :

Matière grasse.	0,8 %	Cellulose	0,5
Extractif non azoté	78,4 %	Cendres	0,8
Protéines	7		

Il peut servir à la fabrication de boissons fermentées, tel le saké ou saki (Japon).

2° L'alimentation animale constitue un débouché pour les sous-produits de la décortication (sons, brisures).

La paille peut servir de litière et à la fabrication du fumier artificiel. Elle est généralement hachée et laissée sur le terrain à la récolte.

3° L'industrie enfin, offre un certain débouché : amidonnerie, brasserie, poudrerie, brosses et balais, etc.

II. LA PLANTE.

A. CARACTÈRES BOTANIQUES.

1° PLACE DANS LA CLASSIFICATION BOTANIQUE.

Les riz cultivés appartiennent à la tribu des *Oryzées* et au genre *Oryza*, caractérisé par des épillets *uniflores*, *aplatés latéralement* et réunis en panicule.

Ce genre comprend diverses espèces.

I. DEUX ESPÈCES CULTIVÉES.

Oryza sativa L., l'espèce la plus connue et la plus répandue, comprenant les variétés originaires d'Asie.

O. glaberrima Stend. comprenant les variétés cultivées dans l'Ouest africain.

II. DIVERSES ESPÈCES SAUVAGES.

Oryza fatua, espèce spontanée dans l'Inde, la Malaisie, l'Indochine, Java, de laquelle se rapprochent beaucoup de variétés d'*O. sativa*.

Oryza minuta, sous-espèce *O. punctata* : très répandue en Asie tropicale, Java, Madagascar.

Oryza latifolia, *O. breviligulata*, etc.

2° ORIGINE GÉNÉTIQUE.

Selon PORTÈRES, toutes les variétés d'*Oryza sativa* dérivent d'*O. fatua*. Mais selon d'autres auteurs, *O. minuta* et *O. punctata* auraient aussi contribué à la formation de certaines variétés d'*O. sativa*.

Quant à *Oryza glaberrima*, il dérive probablement d'*O. breviligulata*.

3° CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE LA PLANTE.

Le riz est une graminée *annuelle*, à tallage *très abondant*, à limbes foliaires rudes et étroits, à ligule membraneuse lacérée, à oreillettes plus ou moins velues. La panicule, rameuse, porte des épillets pédiculés et articulés sur leurs pédicules, disposés en grappes lâches sur chaque rameau.

Chaque épillet *uniflore*, comporte deux glumes très petites et membraneuses et deux glumelles beaucoup plus développées, s'articulant sur leurs bords pour envelopper complètement le fruit ou caryopse.

Chaque fleur, hermaphrodite, contient *6 étamines*. La fécondation est *auto-game*.

B. PHYSIOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT.

Le cycle de développement du riz est celui d'une graminée annuelle. Il s'effectue en 50 à 300 jours selon les variétés.

C'est, comme le maïs, une plante de *jours courts* : les variétés bien adaptées aux régions tempérées accélèrent considérablement leur développement quand elles sont introduites en région tropicale et rendent peu. Les riz tropicaux et équatoriaux tallent beaucoup en France et n'arrivent pas toujours à atteindre la floraison ou à mûrir.

Il existe des variétés cependant peu sensibles au changement de photopériode, qui peuvent être cultivées avec succès en pays de latitudes différentes.

C. ÉCOLOGIE DE LA CROISSANCE.

1° TEMPÉRATURE DE L'AIR.

Selon les variétés, le zéro de germination se situe entre 10 et 13 °C, la température optimale étant voisine de 30-35 OC.

La température minimale requise pour l'épiaison serait de 22 OC, l'optimum se situant à 30-32 °C.

La maturation peut s'effectuer à 19 OC mais l'optimum se situe à 30-32 OC.

La somme des températures requise de la germination à la récolte varie de 2 100 OC pour les variétés extrêmement précoces à 4 500 OC pour les tardives.

2° TEMPÉRATURE DE L'EAU.

D'après VAN HAMME, l'optimum de température de l'eau — puisque en culture aquatique, c'est dans un sol gorgé de ce liquide que les racines vont se développer et les talles prendre naissance — serait de 30 à 34 OC et le maximum de 40 OC, sensiblement les mêmes que pour l'air.

Par sa grande capacité calorifique, l'eau diminue à la fois le réchauffement diurne et le refroidissement nocturne; elle protège ainsi le riz contre les gelées au printemps et les refroidissements nocturnes d'automne au moment des fécondations.

3° INTENSITÉ LUMINEUSE.

Selon TAKAHASHI les faibles intensités lumineuses retardent l'épiaison et la maturation des variétés précoces mais avancent légèrement la date de la maturation des variétés tardives.

La proportion d'épillets stériles se trouve parallèlement augmentée ainsi que la sensibilité aux maladies cryptogamiques.

Le riz doit donc être considéré comme *une plante de pleine lumière*.

4° EAU.

Le riz ne peut être considéré comme une plante aquatique exclusive :

- beaucoup de variétés peuvent se cultiver dans un sol non saturé d'eau;
- les variétés adaptées à la culture aquatique *n'exigent pas, pour leur germination, plus d'eau que les autres céréales;*
- ces mêmes variétés achèvent beaucoup mieux leur maturation lorsque le sol a été préalablement asséché.

Le **coefficient** de transpiration du riz serait d'après SHANTZ et PIEMEISEL de l'ordre de 680 (contre 350 pour le maïs, 635 pour le seigle, 845 pour la luzerne) : le riz transpire, donc, comparativement moins d'eau que certaines espèces qui ne sont pourtant pas cultivées sur sols immergés.

Toutefois, ces besoins en eau varient avec le stade de développement; ils augmentent de la germination à l'épiaison puis diminuent ensuite.

Pratiquement, pour un quintal de grain, la plante a produit 2,2 q de matière sèche, donc évaporé $220 \times 680 = 150\ 000 \text{ kg} = 150 \text{ m}^3$.

Cette eau sera apportée en culture aquatique, à la fois par irrigation artificielle et par la pluie.

Alors que la culture aquatique sera possible partout où la température est suffisante, la culture « sèche » du riz ne sera donc possible qu'en région très pluvieuse (zone intertropicale) assurant *1 500 mm pendant la période active de la végétation.*

L'excès de pluviosité s'accompagnant toujours d'un ciel couvert donc d'une faible luminosité entraîne de faibles rendements.

5° EXIGENCES AGROLOGIQUES.

En culture « sèche » le riz n'a pas d'exigences particulières.

En culture aquatique le riz est également considéré comme très accommodant sur les qualités physiques du sol.

C'est pourtant sur les sols légers, perméables, qu'il produit les grains de la meilleure qualité. Mais de tels sols exigent pour leur submersion de très grandes quantités d'eau (jusqu'à 50-60 l/s/ha alors que les sols compacts n'en exigent que 1 ou 2). Pour cette raison les sols sablonneux sont à écarter.

Les sols trop argileux ne conviennent pas davantage : ils sont difficiles à travailler avant d'être saturés d'eau, empêchent donc les labours précoces, et s'assèchent trop lentement à l'approche de la maturité.

En définitive, il faut des sols argilo limoneux, renfermant une proportion **suffisante** d'humus.

Le pH optimum pour le riz se situe entre 5,5 et 6,5.

6° ÉLÉMENTS FERTILISANTS.

Des rendements de 80 q/ha sont parfois obtenus en Camargue, en Italie, en Espagne. Dans de tels cas, on peut supposer que les exportations en éléments

fertilisants soient au moins égales à celles d'un bon blé. D'autre part il ne faut pas compter sur l'apport de matière organique pour couvrir les besoins, car l'évolution de cette dernière est très lente. Or, ces exportations se situeraient pour 1 q de grain à environ :

2 kg d'azote, 1 kg d'acide phosphorique, 1,25 kg de potasse, 0,83 kg de chaux lorsque la paille est elle-même récoltée.

L'acide phosphorique favorise l'enracinement et le tallage, avance l'épiaison et agit en définitive positivement sur la productivité.

La potasse régularise la fécondation et surtout favorise la migration des réserves vers le grain (plus grande précocité de maturité).

Potasse, chaux et magnésie se trouvent en général en quantités suffisantes pour assurer les meilleurs rendements, surtout en culture aquatique.

Pratiquement on admet que la productivité du kilogramme d'azote serait de 20 à 25 kg de paddy.

A. ACCIDENTS ET PARASITES.

1^o LE FROID.

Compte tenu de ses exigences thermiques :

des températures basses à *la germination* entraîneront une levée défectueuse; à *la floraison*, il y aura coulure.

2^o LA VERSE.

Une culture versée sera plus **difficile** à récolter, il y aura parfois des grains germés sur pied, ou trop humides (grains « jaunes »).

Le meilleur moyen de lutte est l'emploi de variétés résistantes.

3^o L'ÉGRENAGE.

Le vent peut provoquer l'égrenage. Il faut compartimenter la rizière, planter des abris, utiliser des variétés résistantes.

4^o LE SEL.

Les remontées d'eau salée sont fréquentes en Camargue. Assurer un débit suffisant d'eau douce est le seul moyen de lutte.

5^o LES MALADIES.

Aucune n'est très grave dans le climat camarguais. Signalons toutefois :

— *la piriculariose* (*Piricularia oryzae* Car.), maladie la plus répandue qui peut parfois être la cause de grands dommages. Elle se manifeste par des taches

grises entourées d'une zone brune souvent localisée à la jonction du limbe et de la gaine. Par la suite la tige et la panicule prennent elles-mêmes *une teinte brun foncé*; lorsque les **nœuds** sont attaqués ils deviennent moins résistants et entraînent la cassure de la tige et la stérilité de la panicule.

Il faut, pour lutter contre la maladie éviter de trop fortes fumures azotées et cultiver des variétés résistantes.

6° LES PARASITES ANIMAUX.

Nématodes (*Ditylenchus*) et divers insectes.

HI. LES VARIÉTÉS CULTIVÉES.

A. ORIGINE DES VARIÉTÉS ACTUELLES.

Plus de 2 000 variétés sont cultivées dans le monde.

Les variétés cultivées en France ont une double origine.

— *Origine étrangère* (surtout italienne) : 'Balilla', 'Rinaldo-Bersani' (ou 'R.B.?), 'Euribe?.

— *Origine française*. Depuis 1960 cinq variétés pures ont été obtenues dont les caractéristiques correspondent au milieu cultural camarguais : quatre par l'INRA, 'Arlésienne', 'Césariot', 'Cigalon' et 'Fanny'; une privée 'Carola'.



Une lignée de riz en sélection.

Photo INRA

B. ÉLÉMENTS DU CHOIX DES VARIÉTÉS.

1° CARACTÉRISTIQUES CULTURALES.

Précocité, résistance à la verse et productivité sont sur le plan cultural des éléments déterminants du choix variétal.

Alors que 'Balilla' et 'R.B.' sont relativement tardives, les obtentions françaises telles que 'Césariot', 'Cigalon' sont précoces; elles ont par ailleurs une bonne résistance à la verse alors que 'R.B.' y est assez sensible.

2° QUALITÉ DU PRODUIT.

De ce point de vue, on distingue actuellement deux grandes catégories de riz :

— à grains ronds ou ordinaires ('Balilla', 'Cigalon');

— à grains longs ou « variétés fines » ('R.B.', 'Euribe', 'Césariot', 'Arlésienne'). C'est ce groupe de variétés qui est le plus recherché dans le commerce. Un prix plus élevé compense un moindre rendement cultural.

IV. CULTURE (en France).

A. PLACE DANS LA ROTATION.

Très fréquemment le riz *se succède à lui-même* car il constitue la seule culture rentable dans des sols devant recevoir les quantités importantes d'eau nécessaires à entraîner le sel en profondeur.

Cependant, là où le sel est moins à craindre, l'assolement suivant serait à préconiser

1^{re} année : riz semé.

2^e année : riz repiqué.

3^e année : blé d'automne (1/2 blé dur, 1/2 Florence-Aurore).

4^e année : culture de printemps (1/2 en blé dur, 1/2 plantes sarclées).

B. PRÉPARATION DU SOL.

La création de la rizière nécessite de gros travaux de terrassement pour obtenir des superficies aussi planes que possible, les canaux d'amenée et d'évacuation de l'eau. Nous n'insisterons pas à leur sujet.

Après un labour à 25 cm, on pratique des passages répétés de cover-crop ou de canadien.



Préparation du sol avec une décapeuse (scraper) et une niveleuse (terracer).



Photos Synd. Rizic. de Fra

Préparation du sol avec les roues-cages avant repiquage.

Dans le cas de la culture *en repiquage*, les dernières façons superficielles sont réalisées *dans l'eau*. Lorsqu'on envisage *un semis en place* il faut obtenir une surface aussi plane que possible; pour cela l'on passe sur le sol des planches niveleuses.

C. FUMURE.

1° FUMURE DE FOND.

L'**acide phosphorique** sera apporté, compte tenu de l'alcalinité des terres, sous forme de superphosphate ou de phosphate d'ammoniaque, à raison de 80 à 150 unités/ha suivant la richesse du milieu.

En potasse, les quantités à apporter sont de l'ordre de **60 à 100 kg/ha** sous forme de chlorure ou de sulfate en sols normalement pourvus (120 à **140 en** sols pauvres).

Si les pailles sont restituées (cas général, faute de fumier rare dans cette région) ces quantités sont à réduire notablement.

2° FUMURE AZOTÉE.

L'azote doit être apporté sous forme de sulfate d'ammoniaque ou d'urée, formes retenues par le complexe absorbant et donc moins lessivées que les formes nitriques ou ammoniaco-nitrique.

Il sera apporté 8 à 10 jours avant la mise en eau, et mélangé au sol par les façons superficielles.

La fumure apportée se situe à 80 à 100 kg/ha en sols argileux, 100 à 130 kg en sols de limons, 120 à 150 kg en sols sableux.

Un apport complémentaire de 30 à 60 kg/ha peut être effectué (si le printemps est très chaud) 3 semaines environ après le repiquage.

Les apports tardifs augmentent, comme chez les autres céréales, la teneur des grains en protéines.



Photo Synd. Rizic. de France

Repiquage du riz.

D. SEMIS.

Pour la mise en place de la culture, deux techniques différentes sont utilisées :

- **semis en pépinière**, puis repiquage des plantes; technique onéreuse en **main-d'œuvre** mais donnant des rendements élevés (mécanisation très difficile);
- **semis direct** avec désherbage chimique pouvant donner jusqu'à 20 % de rendement en moins que le repiquage, mais parfois presque aussi productif.

1^o CULTURE REPIQUÉE.

Les semis en pépinière sont effectués dans la première quinzaine d'avril en densité forte (1 000 kg/ha) à raison de 10-12 ares pour 1 hectare de rizière. L'arrachage a lieu 45 à 50 jours plus tard.

Le repiquage s'effectue de fin mai à la mi juin à raison de 15 poquets de quelques plants par mètre carré.

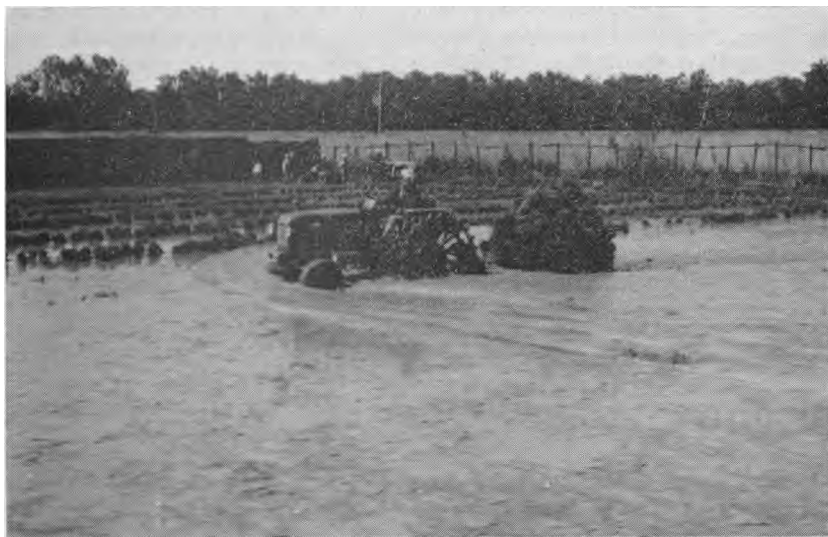


Photo Synd. Rizic. de France

Arrachage et transport des plants de riz.

2^o SEMIS DIRECT.

Le semis a lieu de la dernière semaine d'avril à début mai.

On utilise couramment 150 à 200 kg/ha de semences, quantité très élevée car 50 à 70 kg/ha pourraient suffire théoriquement pour obtenir 120 à 150 plants au mètre carré. Mais un déchet important est souvent enregistré à la levée (eau trop froide, semence à énergie germinative trop faible, larves aquatiques, etc.).

On sème le plus souvent à *la volée*, sous 10 à 20 cm d'eau, le grain étant préalablement alourdi par trempage pendant 24 heures et ressuyé.

Plus rarement, le semis a lieu *en lignes*, sur sol sec.

E. SOINS D'ENTRETIEN.

1^o SUBMERSION.

La hauteur d'eau doit s'élever avec la croissance du riz. Toutefois on assèche parfois après la levée pour fortifier la plante et lutter contre les parasites (traitement possible contre les algues et characées par le sulfate de cuivre).

2° DÉSHÉRBAGE.

En culture repiquée l'entretien de la culture sera assurée par *sarclages manuels*.

En semis direct, on ne peut que désherber chimiquement et encore assez imparfaitement ou, si le semis est effectué en lignes, biner entre les lignes.

Parmi les désherbants chimiques, le MCPA est plus couramment utilisé dans la lutte contre les dicotylédones.

Contre les monocotylédones (Panics), le DCPA se montre efficace. Il faut traiter lorsque les Panics ont une à trois feuilles, à raison de 4-5 kg/ha de matière active dans 80 à 100 l d'eau. Le riz, quel que soit son développement, résiste très bien, même à des doses nettement plus élevées. Il faut assécher la rizière 24 à 48 heures avant de traiter.

Malheureusement, ce produit est cher. Il est difficile de l'appliquer sur de grandes surfaces, en raison de l'impossibilité à procéder dans une courte période au vidage et à la remise en eau de la rizière.

Un autre produit l'*hexaméthylène-imine-carbothiolate* d'éthyle (ordram) est très actif contre les Panics et s'emploie à sec, avec recouvrement léger aux disques, une semaine avant la mise en eau, à raison de 6 kg/ha de liquide à 12 de MA.

F. RÉCOLTE.

Celle-ci a lieu généralement de *fin septembre à la mi-novembre*, par moissonnage-battage. La récolte en vrac, plus économique et plus rapide, est prépondérante.

Le grain est livré immédiatement à l'organisme stockeur outillé pour le séchage : l'humidité du grain est généralement assez élevée : 16 à 26 %.

Les rendements normaux se situent entre 35 et 40 q/ha de «paddy» (à 14,5 d'eau).

Le poids de l'hectolitre se situe entre 64 et 68 kg.

Les rendements à l'usinage sont de l'ordre de :

- riz cargo : 74-76 % de paddy propre;
- riz blanchi : 55-65 %;
- balles : 20 %.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE XI

- HUGUET (M.). 1965. — Physiologie et technologie du riz en relation avec la nutrition azotée. *Bull. Engrais*, 425, 243-247.
- MARIE (R.). 1964. — Quelques aspects de la riziculture métropolitaine actuelle. *Potasse*, 318, 177-182.
- 1969. — Le développement actuel de la riziculture en France. *Bull. Inform. Rizic. Fr.*, 124, 10-14.

INDEX DES SUJETS

Les chiffres en caractère gras indiquent les pages où le sujet est principalement développé et correspond à un titre de paragraphe ou d'alinéa.

A

A (Stade), 15, 21, 47, 98.
Aegilops, 46, 72, 155.
Ager (var.), 124 et suiv.
Albumen, 1, 11, 155, 173, 174.
Aleurone, 10, 11, 12.
Alternativité, 23 et suiv., 30, 49, 74, 125.
Alvéographe, 82, 83.
Amidon, 194.
Amylopectine, 194.
Amylose, 194.
Androstériorité, 23, 193, 198, 214.
Anjou 210 (var.), 191.
Antigraminées, 36, 93, 203.
Apex, 17, 18, 21, 24.
Arès (var.), 124.
Ariel (var.), 119, 123.
Aristation, 141.
Arlésienne (var.), 227, 228.
Aronde (var.), 75 et suiv.
Artois (var.), 74, 77, 79, 93.
Astrix (var.), 124 et suiv.
Atlas (var.), 124 et suiv.
Atrazine, 35, 37, **204**.
Atys (var.), 75, 76, 81.
Aurore (var.), 119, 122.
Autogamie, 23.
Avena byzantin, 135, 136, 142.
— *fatua*, 136, 137.
— *sativa*, 136, 137.
— *sterilis*, 136, 137.
— *strigosa*, 135, 136.
Avoine, 1, 3, 5, 7, **132** et suiv.
Azote, 27, 28, 54, 90, 99, 105, 115, 127, 129, 150, 159, 182, 201, 229.

B

B (Stade), 21, 22.
Backcross, 71.
Baguette, 10, 141, 146.
Balilla (var.), 227, 228.
Barbane, 35 et suiv., 122, 128, 129.
Base (Semences de), **87**, 199.
Beka (var.), 122, 123, 127, 128.
Bidi 17 (var.), 102, 103.
Blanchenège (var.), 149, 152.

Blé des Dômes (var.), 83.
— dur, 7, 8, **95**.
— hybride, 68.
— tendre, 1, 2, 5 et suiv., **41**.
Blés d'Aquitaine, 67.
Bordia (var.), 124.
Borrus (var.), 147.

C

Capitole (var.), 74 et suiv.
Cappelle (var.), 44, 48, 57, 68, 74 et suiv.
Caravelle (var.), 147.
Carboxine, 63, 92, 128.
Carence (Maladies de), 145, 157, 182.
Cargo (riz), 222.
Carie, **63**, 80.
Caryopse, 45, 113, 156, 174, 212.
C.C.C., **61**, 106.
Cécidomyie, 33, 66.
Cercospora sp., **33**, 63.
Cérés (var.), 119, 122, 127.
Champlein (var.), 44, 68, 74 et suiv., 93.
Charbon nu, 62, 80, 116, 143, 148.
Chaume, 12, 13.
Chlorops, 158.
Chopin (Alvéographe), 82.
Cigalon (var.), 227, 228.
Cladosporium sp., 101.
Claviceps purpurea, 66, 158.
C.O.C., 88, 199.
Coléoptile, 10, **16**, 18, 56, 175.
Coléorhize, 10, **16**.
Condor (var.), 147, 150.
Conservatrice (Sélection), **86**, 87.
Corbeau, 33, 186.
Corn-picker, 206.
Corn-sheller, 207.
Coulure, 61.
Crib, 37, **206**, 208.
C.T.P.S., 86, 88.

D

Demi-nanisme, 76, 124.
Désherbage, 35, 93, 128, 130, 151, 232.

Dévernalisation, 24.
Diallate, 35, 128, 130.
Diallèle (test), 195.
Dichlobényl, 35.
Digitaire, 205.
Dinosèbe, 35, 106.
Ditylenchus sp., 33, 117, 144, 227.
D.N.O.C., 35, 36, 106.
Docteur Mazet (var.); 78, 79.
Dormance, 118, 124.
Double ride (Stade), 21, 22.
Durrhine, 210, 212.

E

Échaudage, 26, 32, 52, **61**, 78, 142.
Égrenage, 106.
Élite (var.), 75 et suiv., 83.
Endocarpe, 12.
Endurcissement, 31, 32, **57**, 113.
Épeautre, 45.
Épiblaste, 10, 12, 14, **16**, 46.
Épicarpe, 12.
Épicotyle, 18, 46.
Épillet, 14, 139, 172.
Ergot, 66, 158.
Erysiphe, 33, **63**.
Escourgeon, 112, 126, 129.
Étoile de Choisy (var.), 44, 48, 50, 68, 72, 74 et suiv.
Extrait (Teneur en), 119, 123, 126.

F

Fagopyrum sp., **162**.
Faim (d'azote), 54.
Florence-Aurore (var.), 80, 83.
Floress (var.), 75 et suiv.
Force (Boulangère), **82**.
Fusariose, 27, **33**, **65**, 157, 215.
Fusarium nivale, 35, **65**, 92, 100, 160.
— *roseum*, 33, **65**, 100, 185.
Fylgia (var.), 48.

G

Gaine foliaire, 13.
Gel hivernal, 31, **56**, 101, 116, 125, 143.

Généalogique (Sélection), **69**,
72.
Gibberella zeae, 33, 185.
Glume, glumelle, 15, 213.
Gluten, 12.
Goldendrop (var.), 74.
Gonflement (Stade), 23.
Grand Roux Basque (var.), 29,
188.
Grise de Houdan (var.), 145.
— d'hiver (var.), 141, 149.

H

Hagberg (Temps de chute de),
85.
Hâtif de Grignon (var.), 114,
124 et suiv.
Helminthosporiose, 117, 186.
Hétérosis, 29, 189, 193 et suiv.
Heurtebise (var.), 75 et suiv.,
93.
Hordeum agriocrithon, 111.
— *bulbosum*, 111.
— *maritimum*, 111.
— *secalinum*, 111.
— *spontaneum*, 111, 119.
— *vulgare*, 108.
— — ssp. *distichum*, 112.
— — ssp. *hexastichum*, 112.
Horizon (var.), 75, 76, 79.
Hybride de Bersée (vat.), 80, 83.
— double, 188, 195 et suiv.
— F₁, 28, **29**, 188, 215.
— simple, **188**, 189, 196.

I

Inflorescence, **14**, 140, 212.
Initiation (florale), 21.
I.N.R.A. 200 (var.), 190 et suiv.
— 258 (var.), 191, 192, 205.
— 260 (var.), 191, 192.
— 300 (var.), 191.
— 321 (var.), 185.
— 400 (var.), 191.
— 450 (var.), 216.
Iowa 4417 (var.), 191, 205.
Ioxynil, 35.
Irrigation, 203, 219, 225.
Isaria (var.), 119.

J-K

Japhet (var.), 69.
Joanette (var.), 145.
Joss (var.), 75 et suiv.
Kénia (var.), 119, 123.

L

Laiteux (Stade), 25.
Lakota (var.), 102, 103.
Languedoc (var.), 74 et suiv.
Lénacile, 36, 94.
Lez (var.), 102, 103.
L.G. 11 (var.), 191, 192.
Lignée pure, 28, **29**, 68, 69.
Ligule, 13, 14.
Linuron, 205.
Lodicule, 15.
Lysine, 9, 170.

M

Magali (var.), 75 et suiv.
Magdalena (var.), 78, 83, 93.
Maguelone (var.), 124, 129.
Maïs, 1, 2, 5 et suiv., **165**.
Maître-brin, 18.
Maître Pierre (var.), 77 et suiv.
Mancozèbe, 105.
Mandon (var.), 102, 103.
Manèbe, 105.
Marne (var.), 75 et suiv., 93.
Marssonina, **117**, 126, 158.
Maturation, 15, 98.
M.C.P.A., 35, 36, 93, 128, 232.
M.C.P.B., 35, 93.
M.C.P.P., 35, 36, 93.
Méiose, 23.
Mésocarpe, 12.
Mésocotyle, **18**, 175.
Méthionine, 9.
Millet, 1, 5, **220**.
Millette du Lauragais (var.),
29, 188.
Minhardi (var.), 45, 57, 59.
Mitadinage, 100, 101 et suiv.,
107.

N

Moha, **220**.
Moisson (var.), 74 et suiv.
Monlon (var.), 121 et suiv.
Monocécie, 15, 176, 177.
Montferrier (var.), 102, 103.
Moucheture, 101.
Mutation, 72.
Néburon, 35, 36, 93, 130.
Neergaard (Caractères de), 122.
Nématode, 33, 117, 144.
Nitrofène, 93.
N.K. 120 (var.), 216.
Noé (Blé de) (var.), 67.

Noire de Moyencourt (var.),
141, 148, 151.
Nucelle, 11.
Nuprime (var.), 147.

O

Oïdium, 33, 63, 80, 116, 1
148, 157.
O.N.I.C., 44.
Opaque 2 (mutant), 194.
Ophiobolus, 33, **64**.
Oreillette, 14, 139.
Orge, 1, 3, 5 et suiv., **108**.
— d'hiver, 110, 124, 129.
— de printemps, 110, 119.
Oryza sp., 223.
Oscinie, 66, 144, **187**.
Oued zenati (var.), 103.

P

Paddy (riz), 222, 232.
Palier (Phase du), 25 et **suiv.**,
32, 49, 52, 61.
Panic, 205, 232.
Panicule, 14, 15, **139**, 140, **175**
Panicum sp., 220.
Pararquat, 205.
Pâteux (Stade), **26**.
Pendrum (var.), 150.
Peniarth (var.), 150.
Péricarpe, 10 et suiv.
Petkus (var.), 158.
Phoenix (var.), 147.
Phosphore, 22, 99, 115, 182,
229.
Photopériode, 23, 24, 48, 98.
114, 156, 214, 224.
Phytochrome, 24.
Piétin-échaudage, **64**, 80, 134,
— -verse, 27, 33, **63**, 80, 143.
Piriculariose, **226**.
Pirouline (var.), 119, 122, 128.
Plan céréalière, 7.
— Monnet, 44.
Pluie d'or (var.), 145.
Poacées, 1.
Polygonacée, 1, 162.
Poncheau (var.), 74, 80, 83, 93.
Pop corn, 137.
Potasse, 28, 99, 115, 182, 229.
Précocité, 30, 49, 74, 124, 126,
147, 190.
Préfeuille, 18, 19.
Prestige (var.), 74 et suiv.
Prieur (var.), 76 et suiv.
Primaires (Racines), 18.

- Primépi (var.), 74 et suiv.
Primordia, 21, 22.
 Probstdorf (var.), 124, 125.
 Productivité, 34, 81, 147.
 Progress (var.), 49, 79, 80, 83.
 Protéines (Teneur en), 118, 123, 126, 230.
Puccinia coronata, 33, 143.
 — *glumarum*, 33.
 graminis, 33.
 — *trititica*, 33.
 Pyrale, **187**, 215.
- Q
- Qualité (des récoltes), 34.
 Qualité technologique, **82**, 193, 228.
- R
- Racèmes**, 140.
 Rachillet, 14.
 Rachis, 15, 172.
 Racines corales, 14, 20.
 — primaires, 14.
 Rallye (var.), 75 et suiv.
 Rémois (var.), 76 et suiv.
 Rex (var.), 75 et suiv.
 Rhizome, 17, 18, 56, 57.
 Rhynchosporiose, 117.
 Rika (var.), 119, 122, 125, 127.
 Riz, 1, 2, 5, 8, **221**.
 Rouge d'Algérie (var.), 141.
 — de Bordeaux (var.), 67.
 Rouille brune, 62.
 — couronnée, 143, 147.
 — jaune, 62, 79, **101**, 156, 158.
 — naine, 116, 126.
 — noire, 62, 79, 101, 144, 158.
- S
- Saissette** (var.), 29.
 Sarrasin, 1, **161**.
 Scutellum, **10**, 12, 139, 173.
Secale sp., 153, **155**.
- Séchoir, 207.
 Seigle, 1, 3, 5 et suiv., **153**.
 Sélection généalogique, **69**, 86, 194.
 Sémiales (Racines), 10, 18, 20.
Septoria sp., 65, 144.
 Septoriose, **65**, 144, 157.
 Setaire, 205.
Setaria sp., 220.
 Simazine, 204.
 S.O.C., **88**, 199.
 Somme (var.), 74, 76, 79.
 Sorgho, 1, 5, 8, 9, **209**.
Sorghum sp., **209**.
 Spathe, 173.
 Splendeur (var.), 76, 77, 80.
 Squarehead (var.), 67.
 Starblonde (var.), 147, 148.
 Stérilité mâle, 23, 193, **198**, 214, 216.
 Stipule, 13.
 Surmaturité, 26.
- T
- Tallage-épi**, 22, 81.
 — herbacé, 21, 22.
 — (Plateau de), 12, **17**, 21, 57.
 Talle, 12, 18, 19.
 Taupin, 33, 186, **201**, 215, 217.
 Téosinte, 171, 172.
 Terbutryne, 93.
Testa, 10.
 Thatcher (var.), 79.
 Thermophase, 24.
 Thréonine, 9.
 Thrips, 101.
Tilletia sp., 33, **63**.
 Topeross, 195.
 Touzelle (var.), 29.
Triallate, 35, 128, 130.
 Triazine, 36, 93, 203.
Triticum aegilopoides, 45, 46.
 — *aestivum*, 41, 45.
 — *dicoccoides*, 45, 46, 98.
 — *durum*, 45, 95, 96.
 — *monococcum*, 41, 45, 98.
 — *persicum*, 45.
 — *thimophevi*, 45.
- *turgidum*, 45.
 — *vulgare*, 41, 45.
 Trois voies (Hybrides), **189**, 195, 196.
 Tryptophane, 170.
- U
- Urédinales, 33.
 Ustilaginales, 33.
Ustilago sp., 33, 185.
- V
- Valeur boulangère, **82**.
 — hybride, 195.
 — meunière, 82.
 Ventilation, 39.
 Ver blanc, 33, 216.
 Vernalisation, 23, **24**, 47, 57, 75.
 Verse caulinaire, 59.
 — nodale, 59.
 — physiologique, 32, **59**, 122.
 — radriculaire, 59, 184.
 Vilmorin 23 (var.), 74, 78, 83.
 — 27 (var.), 74, 76 et suiv.
 — 53 (var.), 76, 77.
 Vulpin, 93, 104.
- W
- W (Force boulangère), **83**.
 Waxy, 194.
 Wells (var.), 102, 103.
 Wisá (var.), **119**, 123.
- X à Z
- Xénie, 174.
 Yga (var.), 80.
Zea mays, 165, **171**, 174.
Zéine, 170.
 Zelder (var.), 158.
 Zélény (Test), **84**.
 Zéro (de germination), 17, 114, 142, 177, 224.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES CÉRÉALES	1
Importance économique des céréales	2
Morphologie des céréales	11
Biologie des céréales	15
Caractères variétaux	28
Désherbage des céréales	35
Stockage et conservation des céréales à la ferme	37
CHAPITRE II. — BLÉ TENDRE	41
Étude économique	41
La plante	45
Les variétés cultivées	67
Culture	89
CHAPITRE M. — BLÉ DUR	95
CHAPITRE IV. — ORGE	108
Économie de la production	108
La plante	111
Les variétés cultivées	119
Culture	126
CHAPITRE V. — AVOINE	132
Économie de la production	132
La plante	135
Les variétés cultivées	145
Culture	150
CHAPITRE VI. — SEIGLE	153
Économie de la production	153
La plante	155
Les variétés	158
Culture	159
Le méteil	160
CHAPITRE VII. — SARRASIN	161
CHAPITRE VIII. — MAIS	165
Historique de la culture — Économie de la production	165
La plante	171
Les variétés cultivées	187
Production des semences	196
Culture	199
CHAPITRE IX. — SORGHO-GRAIN	209
CHAPITRE X. — MILLET	220
CHAPITRE XI. — RIZ	221
Index alphabétique des sujets	233

QUELQUES OUVRAGES EXTRAITS DE NOTRE CATALOGUE

AGRICULTURE - ÉLEVAGE

- COURS D'AGRICULTURE MODERNE*, par H. et R. Gondé, G. Carré, Ph. Jussiaux.
ENGRAIS. Guide de la fertilisation, par A. Gros.
LA LUNE ET SES INFLUENCES, par G. de Chambertrand.
DYNAMIQUE DES HERBAGES, par A. Voisin.
TÉTANIE D'HERBE, par A. Voisin.
IRRIGATIONS de surface et par aspersion, par H. Rebour et M. Deloye.
RACES BOVINES FRANÇAISES, par E. Quittet.
TECHNIQUES LAITIÈRES, par R. Veisseyre.
BEURRERIE INDUSTRIELLE, par H. Pointurier et J. Adda.
LE BON MOUTONNIER, par E. Degois.
MOUTONS DE PLEIN AIR, par M. Chambry.
RACES OVINES FRANÇAISES par E. Quittet.
RACES PORCINES EN FRANCE, par E. Quittet et P. ZERT.
LE PORC. Porcherie, plein air, par M. Motte, P. Roux, J. Piel-Desruisseaux.
RACES CANINES EN FRANCE, par E. Quittet.
Tome 1. *Effectifs canins. Standards des chiens de chasse.*
Tome 2. *Standards des chiens d'utilité et de compagnie.*
LE CHINCHILLA. Guide pratique d'élevage, par J. Gautier.
190 OISEAUX EXOTIQUES EN COULEURS, par J. Martaut.

FORÊT - CHASSE - PÊCHE

- FLORE DES ARBRES, ARBUSTES ET ARBRISSEAUX*, par R. Rol.
Tome 1. *Plaines et collines.*
Tome 2. *Montagnes.*
Tome 3. *Région méditerranéenne.*
Tome 4. *Essences introduites.*
TECHNIQUE FORESTIÈRE, sous la direction de Ph. Guinier.
TARIF DE CUBAGE (bois en grume et équarris), par E. Normand.
LE FAISAN ET SON ÉLEVAGE, par R. Fol.
GIBIERS D'APPOINT : grives, merles, alouettes, ortolans, par J. Nard.
BRACONNAGE - CONTRE-BRACONNAGE, par A. Chaigneau.
CAPTURE ET DESTRUCTION DES TAUPES ET RONGEURS, par A. Chaigneau.
ANIMAUX DITS NUISIBLES A LA CHASSE, par A. Chaigneau.
LE GARDON, par E. Fauchet et Van Waesberge.
QUEL EST CE POISSON? par G. Prioux et M. Bourgeois.

HORTICULTURE

- LE BON JARDINIER. Encyclopédie horticole en deux volumes.*
LA PETITE SERRE DE L'AMATEUR, par Jardor.
CONIFÈRES DE NOS JARDINS, par Ch. Testu.
CULTURES SANS SOL, par F. Penningsfeld, traduction J. Hanras.
CACTÉES, par A. Bertrand.
LA PÉPINIÈRE, par G. Krüssmann, traduction F.N.P.H.P.
Tome 1. *La multiplication des arbres, arbustes et conifères.*
Tome 2. *Organisation des exploitations. Matériel. Techniques.*
L'EAU DANS LE JARDIN, par J. Simon.
FRUITS MÉDITERRANÉENS autres que les agrumes, par H. Rebour.
L'ART DE BOUTURER, par Van den Heede, revu par M. Lecourt.
LA TAILLE DES ARBRES FRUITIERS (poirier, pommier), par P. Grisvard.

Sur simple demande, envois gratuits et franco de notre Catalogue.