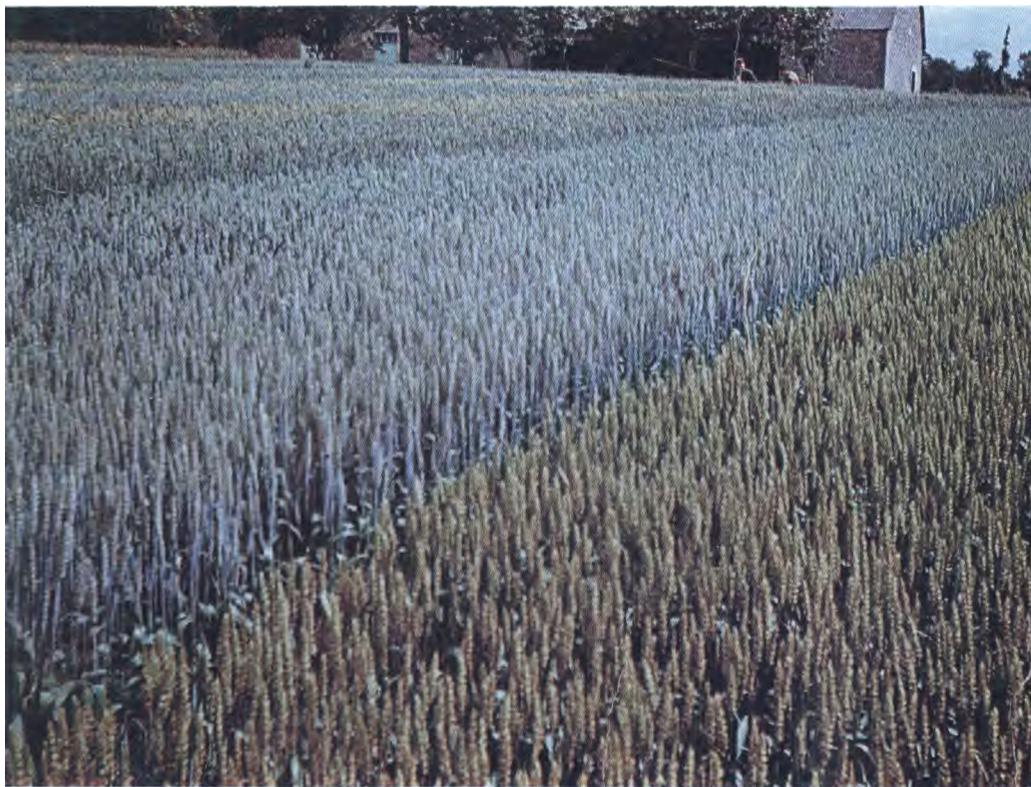


PHYTOTECHNIE SPÉCIALE

II  
**CÉRÉALES**

PAR

**C. MOULE**



**LA MAISON RUSTIQUE - PARIS**

PHYTOTECHNIE SPÉCIALE

Tome //

**CÉRÉALES**

*La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41 : d'une part, que les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective; d'autre part, que les analyses et courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants-droit ou ayants-cause, est illicite (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40).*

*Cette représentation ou reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.*

**Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés  
pour tous pays, y compris l'U.R.S.S.**

© LA MAISON RUSTIQUE. PARIS, 1971

## CHAPITRE I

# CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES CÉRÉALES

### I. GÉNÉRALITÉS.

#### A. DÉFINITION.

Les céréales sont des espèces généralement cultivées pour *leur grain*, dont l'albumen *amylacé*, réduit en farine, est consommable par l'homme ou par les animaux domestiques.

La plupart des céréales appartiennent à la famille des *Graminées (ou Poacées)*. Ce sont : le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le riz, le millet, le sorgho. Les unes appartiennent à la sous-famille des *Festucoïdées* : blé, orge, avoine, seigle; les autres à la sous-famille des *Panicoïdées* : maïs, riz, sorgho, millet.

Enfin, une céréale, le sarrasin appartient à une autre famille, celle des *Polygonacées*.

#### B. HISTORIQUE DE LA CULTURE.

La culture des céréales est très ancienne.

On trouve des traces de blé, de seigle, d'avoine, d'orge à 6 rangs dès le Néolithique. Le riz, le millet, le sorgho, le blé étaient cultivés 2 700 ans avant notre ère en Chine; les Égyptiens de l'ancienne Égypte connaissaient le blé et le sorgho.

Les céréales ont d'autre part joué un rôle capital dans le développement de l'humanité : la plupart des civilisations se sont développées autour d'une céréale :

- les civilisations asiatiques, autour de la culture du riz;
- les civilisations pré-colombiennes, autour du maïs;
- les civilisations babyloniennes et égyptiennes, autour du blé.

Pourquoi les céréales ont-elles revêtu et continuent-elles de revêtir une grande importance économique? Parce qu'elles apportent sous un petit volume, une matière première *très riche en calories, facilement transportable et conservable* : elles constituent un *aliment concentré*.

1. De Cérès, déesse des moissons.

## II. IMPORTANCE ÉCONOMIQUE DES CÉRÉALES.

### A. LES CÉRÉALES DANS LE MONDE.

#### 1<sup>o</sup> GÉNÉRALITÉS.

D'après la statistique mondiale (tableau I-1), les céréales étaient cultivées en 1968 sur *710 millions d'hectares* et la production avoisinait *12 milliards de quintaux* correspondant à un rendement moyen d'environ 16 q/ha.

Par rapport à 1934-1938, les superficies étaient en accroissement de *30* mais la production avait augmenté globalement de *86 %*, traduisant l'effort considérable développé par de nombreux pays pour *l'accroissement des rendements*.

Les principales régions productrices de céréales du globe, sont par ordre décroissant :

Asie, 2,6 milliards de quintaux (riz principalement);

Amérique du Nord et centrale, 2,5 milliards de quintaux (maïs et blé surtout);

Europe, 1,9 milliard de quintaux (blé, orge, maïs);

U.R.S.S., 1,6 milliard de quintaux (blé surtout).

#### 2<sup>o</sup> IMPORTANCE ET ÉVOLUTION COMPARÉES DES DIVERSES CÉRÉALES.

a) **Le blé** vient en tête avec 227 millions d'hectares et 3 300 millions de quintaux.

Les principaux producteurs sont :

— l'Europe avec 730 millions de quintaux (près du 1/4 de la production mondiale),

— l'U.R.S.S. avec plus de 930 millions de quintaux (1/4 de la production mondiale),

— les U.S.A. avec 430 millions de quintaux (1/7 de la production mondiale).

On notera que les six pays de la CEE totalisaient en 1968 323 millions de quintaux, les plaçant au troisième rang des producteurs mondiaux.

Par rapport à 1938, on note une augmentation de 25 % des surfaces et 84 de la production.

b) **Le riz** vient au second rang avec 130 millions d'hectares et 2 840 millions de quintaux.

Les surfaces et la production sont en très nette augmentation (53 et 87 respectivement).

c) **Le maïs**, avec 103 millions d'hectares et 2,5 milliards de quintaux, vient sensiblement au même rang que le riz mais accuse un taux d'accroissement de la production plus considérable encore. Pratiquement la production du maïs a plus que *doublé en 25 ans*.

Cet accroissement est lié principalement à l'apparition d'un type nouveau et beaucoup plus productif de variétés, les « maïs-hybrides ».

**d) L'orge.** Depuis 1964 la production mondiale d'orge a atteint le milliard de quintaux (avec l'URSS).

Comme pour le maïs, celle-ci a plus que doublé en 25 ans; l'accroissement des surfaces (+ 53 %) et celui des rendements (+ 43 %) y ont parallèlement contribué.

e) L'avoine. Au 6e rang des surfaces et de la production la culture de l'avoine est en nette régression dans la majorité des pays.

Il en est de même du **seigle** (7e rang).

**TABLEAU I-1. - Évolution des superficies et de la production céréalière mondiale (d'après F.A.O. 1969)**

A. - Superficies (en millions d'hectares)

	SUPERFICIES (MILLIONS D'HECTARES)					
	1934-38	1954	1961	1968		Variat. 1938
				sans URSS	avec URSS	
Blé .....	127,9	135,0	140,0	160,3	227,5	+ 25,5
Seigle .....	16,0	14,7	12,9	10,2	22,4	- 36,0
Orge .....	36,4	44,7	50,7	55,6	74,9	+ 53,0
Avoine .....	38,1	37,2	30,8	23,3	32,3	- 39,0
Maïs .....	84,9	86,9	97,7	102,7	106,0	+ 21,0
Millet-Sorgho .....	69,6	83,5	96,0	108,2	111,2	+ 55,0
Riz .....	85,8	97,4	119,4	131,8	132,1	+ 53,5
<b>TOTAUX</b>	<b>457,2</b>	<b>499,4</b>	<b>547,5</b>	<b>595,0</b>	<b>711,3</b>	<b>+ 30,0</b>

B. - Productions (en millions de quintaux)

	PRODUCTIONS (MILLIONS DE QUINTAUX)					
	1934-38	1954	1961	1968		Variat. 1938
				sans URSS	avec URSS	
Blé .....	1 294	1 515	1 798	2 391	3 325	+ 84,0
Seigle .....	210	203	209	193	335	- 8,0
Orge .....	418	558	770	1 018	1 307	+ 124,0
Avoine .....	451	494	484	426	542	- 5,5
Maïs .....	1 103	1 373	2 055	2 424	2 512	+ 120,0
Millet-Sorgho .....	495	592	684	823	851	+ 66,0
Riz .....	1 512	1 622	2 393	2 831	2 842	+ 87,5
<b>TOTAUX</b>	<b>5 477</b>	<b>6 357</b>	<b>8 393</b>	<b>10 174</b>	<b>11 795</b>	<b>+ 86,0</b>

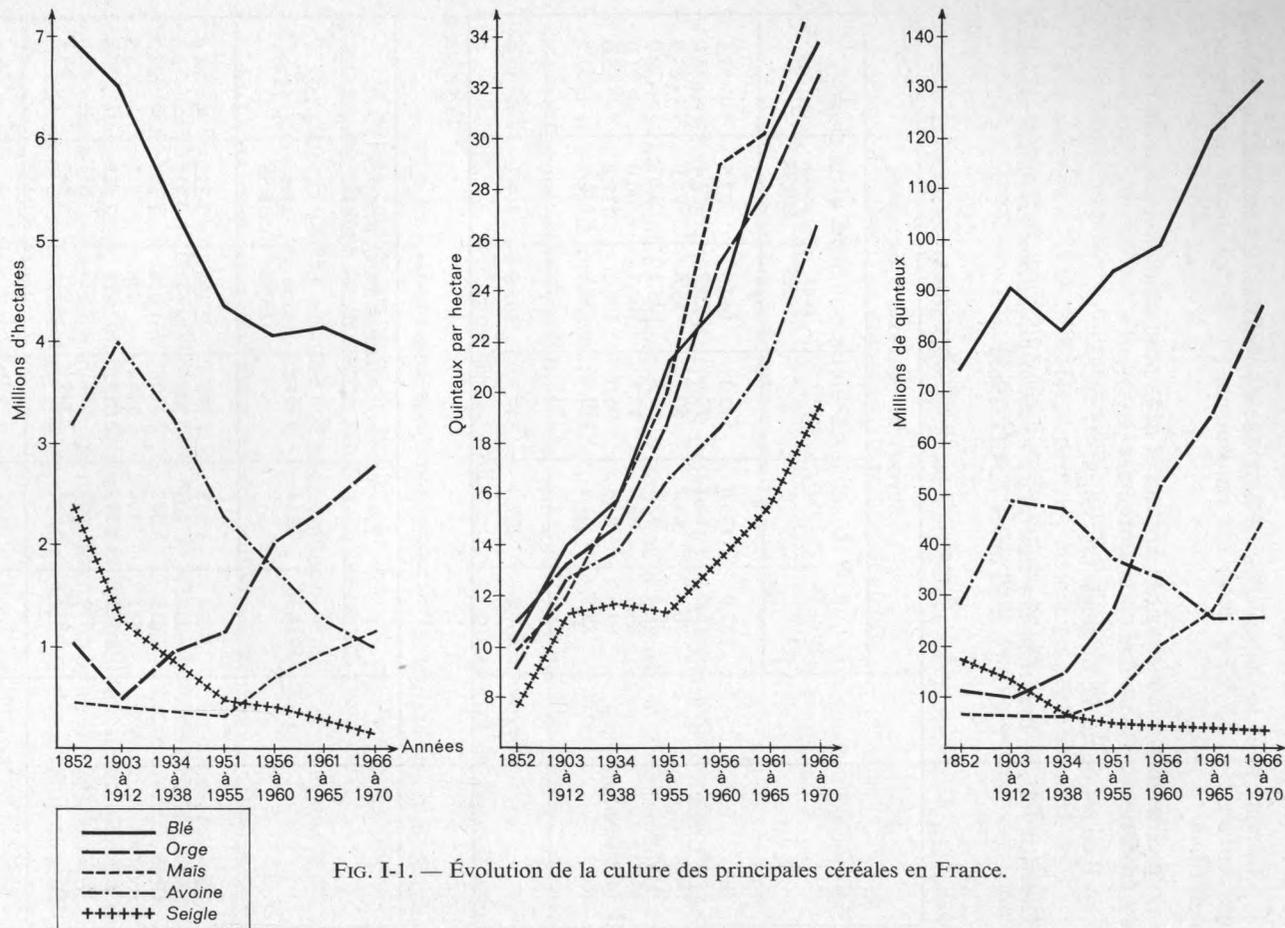


FIG. I-1. — Évolution de la culture des principales céréales en France.

Par contre, la culture du millet et du **sorgho** se développe de façon importante dans certaines régions du monde (Amérique du Nord, notamment).

En conclusion : *le blé, le riz et le maïs* deviennent les trois grandes céréales cultivées dans le monde. Mais on a assisté à un accroissement considérable de la culture de *l'orge*. La culture de *l'avoine* et celle du *seigle* sont au contraire en régression. Les facteurs de cette évolution sont de deux ordres principaux :

#### FACTEURS TECHNIQUES.

- *La mécanisation* a fait régresser le cheval grand consommateur d'avoine.
- *La fertilisation* a fait disparaître les sols acides et pauvres, seuls aptes à la culture du seigle, du sarrasin, ou de l'avoine.
- *L'amélioration génétique* a élevé très considérablement le niveau de productivité et accru l'aire de culture de certaines céréales, du maïs, du blé, de l'orge notamment.

#### FACTEURS ÉCONOMIQUES ET SOCIAUX.

L'élévation du niveau de vie a modifié la structure de consommation des différentes céréales dans de nombreux pays.

- *Dans les pays sous-développés* : consommation accrue de froment.
- *Dans les pays les plus développés* : diminution de la consommation de farine panifiable, mais net accroissement de la consommation de viande et de la part des céréales (fourragères et panifiables) dans la ration des animaux.

## B. LES CÉRÉALES EN FRANCE.

Plus qu'à une évolution, c'est à une véritable « révolution » céréalière que l'on a assisté ces 25 dernières années en France.

### 1° ÉVOLUTION COMPARÉE DES PRINCIPALES CÉRÉALES.

La figure I-1 en présente les éléments essentiels. Ils se résument ainsi :

#### a) Avant 1914.

Les céréales occupaient en France 13 millions d'hectares (55- % des terres labourables) correspondant à 150 millions de quintaux.

**Le blé** occupait 6 millions et demi d'hectares assurant une production de 85 millions de quintaux (13,5 q/ha) auxquels s'ajoutaient 4 à 5 millions de quintaux *importés*.

**L'avoine**, dont les superficies n'avaient cessé de s'accroître depuis 1850 occupait le second rang avec 4 millions d'hectares et 45 millions de quintaux (11 q/ha).

**L'orge, le seigle, le maïs** étaient cultivés sur moins de 800 000 ha en des régions assez localisées.

b) Entre les deux guerres.

Une régression générale des *surfaces* s'amorce en même temps qu'un accroissement des *rendements*, d'où une production relativement stable.

### c) Depuis 1945.

Il y a eu accélération de la régression des surfaces de certaines céréales (avoine, seigle, sarrasin) et, par contre, augmentation très importante de la production (donc des rendements), des autres céréales (blé, orge, maïs). En 1970 la surface en céréales était tombée à 9 000 000 ha, mais par contre, la production était passée à 310 000 000 q (34 q/ha).

**Le blé** était tombé à 4 000 000 ha, mais avec des rendements dépassant 35 q/ha certaines années.

Nos besoins intérieurs (humains et animaux) étant largement satisfaits, nous sommes devenus exportateurs de 15 à 20 millions de quintaux chaque année.

**L'orge** a multiplié ses surfaces par plus de 3 en 15 ans (2 900 000 ha en 1970) et ses rendements par plus de 2 (plus de 30 q/ha aujourd'hui).

La France est aujourd'hui au 4<sup>e</sup> rang des pays exportateurs d'orge.

**Le maïs**, de son côté est sorti très largement de son aire de culture traditionnelle, passant de 350 000 à plus de 1 million d'hectares, et la production de plus 6 à 75 millions de quintaux.

Il ressort de cette évolution que la France constitue aujourd'hui (1971) le *premier pays céréalier* de l'Europe des six.

## 2° FACTEURS DE CETTE ÉVOLUTION.

### a) Facteurs généraux.

Faute de main-d'oeuvre, et grâce aux progrès de la science agronomique, un choix plus rationnel des sols à mettre en labour a été peu à peu réalisé, laissant en herbe une fraction de plus en plus grande des terres jusque-là porteuses de blés médiocres, de seigle, de sarrasin ou d'avoine, réservant aux céréales les meilleurs sols et intensifiant leur culture.

D'autre part, le développement de certaines productions céréalières a été l'un des objectifs principaux des plans successifs de modernisation de notre agriculture, pour trois raisons majeures :

- libérer la France d'importations onéreuses;
- développer ses productions animales;
- organiser le Marché commun déficitaire en céréales dont la France apparaissait comme le principal fournisseur potentiel.

Les moyens mis en œuvre pour assurer ce développement ont alors été *d'ordre technique* (désherbage, fertilisation, mécanisation, création de variétés, organisation du stockage) et *économique* (politique de garantie des prix).

**b) Facteurs particuliers à chaque céréale.**

Le développement de *l'orge* est lié d'une part à sa facilité de culture, d'autre part à la productivité des variétés, et à la haute valeur énergétique (1 kg = 1 UF) de la récolte.

L'extension de la culture du *maïs-grain* a été possible dès lors que des variétés hybrides plus précoces, plus adaptées au climat du Nord de la France et beaucoup plus productives ont été disponibles, et aussi dès que la culture a pu être mécanisée et facilitée (désherbage chimique).

3° PERSPECTIVES D'AVENIR.

Les objectifs définis par le 6e Plan céréalier (tableau I-2) permettent de dégager les éléments principaux de l'évolution probable de nos productions céréalières d'ici 1975.

a) **La production totale de céréales** continuera d'augmenter et devrait atteindre 400 millions de quintaux en 1975, progressant ainsi de 70 millions en 5 ans, contre 50 durant le 5e Plan. Parallèlement :

— *la collecte* « toutes céréales » atteindra en 1975, 280 millions de quintaux, progressant de 60 à 70 millions de quintaux, donc autant que la production totale;

— *les exportations* atteindront 160 millions de quintaux dont 80 vers la CEE, soit un accroissement de 40 millions de quintaux (121 millions en 1969-70, dont 54 vers la CEE).

**b) Le maïs** va poursuivre son essor, tant en surfaces qu'en rendements : il atteindra en 1975, 1 800 000 ha, 56 q/ha, 100 millions de quintaux, production équivalente à celle de **l'orge**, qui progressera très peu. Au niveau de la collecte, le maïs dépassera largement l'orge (80 et 60 millions de quintaux respectivement).

c) La production de **blé tendre** atteindra 160 millions de quintaux, progressant de 20 millions de quintaux seulement; cet accroissement résultera uniquement d'une augmentation des rendements, les surfaces diminuant d'environ 100 000 ha.

d) La récolte de **blé dur** serait appelée à dépasser les seuls besoins français : 6 600 000 q en 1975 pour des besoins estimés à 6 400 000 q.

e) Enfin l'avoine et le seigle continueront de régresser tant en surface qu'en production, en dépit d'une amélioration sensible des rendements.

**C. UTILISATION DES CÉRÉALES.**

1. Cultivées principalement pour leur *grain*, les céréales le sont aussi pour leur *paille* (litière et fumier, alimentation); également elles sont fréquemment cultivées pour *récolte en vert* (en feuilles ou en épis), en culture pure ou en association avec une légumineuse (vesce-avoine, par exemple).

2. La composition de leur grain à l'état mûr est assez caractéristique :

Matière sèche .....	86-87 %	Glucides .....	60-85
Protéines .....	7-12 %	Matières minérales. . . .	0,8 à 3
Matières grasses. . . .	2-5 %	Vitamine <b>D</b> .....	absente

TABLEAU I-2. — *Bilan prévisionnel céréalier pour 1975*  
(Sixième Plan)

A. Rendements

	SUPERFICIES (milliers d'ha)	RENDEMENTS (q/ha)	RÉCOLTES (milliers d'ha)	COLLECTES (t)	AUTO- CONSUMMATIONS (milliers de q)
Blé tendre .....	3 800	42	160 000	125 000	35 000
Blé dur .....	200	33	6 600	6 400	200
Orge .....	2 700	37	100 000	60 000	40 000
Maïs .....	1 800	56	100 000	80 000	20 000
Avoine .....	700	32	22 400	5 000	17 400
Seigle .....	100	25	2 500	800	1 700
Sorgho .....	55	40	2 200	2 000	200
Riz (paddy) ...	20	42	840	840	—
TOTAUX	9 375	—	394 500	280 000	114 500

B. - Ressources et utilisations (en millions de quintaux)

	RESSOURCES		UTILISATIONS								TOTAUX DES UTILISATIONS
	Coll te	mpor ons	MARCHÉ INTÉRIEUR				EXPORTATIONS				
			Indus	Bétail	es	Totau dumar inter'	Grain C.E.E	Grains autres pays	Prod	Totau es export os	
Blé tendre .....	125	2	43	20	3	66	30	22	9	61	127
Blé dur .....	6,4	1,5	6	—	0,4	6,4	1,1	—	0,4	1,5	7,9
Orge .....	60	—	4	17,5	0,5	23	25	8	4	37	60
Maïs .....	80	4	5	20	0,5	25,5	25	30,5	3	58,5	84
Avoine .....	5	—	0,1	3,8	0,3	4,2	0,7	—	0,1	0,8	5
Seigle .....	0,8	—	0,3	0,2	—	0,5	0,3	—	—	0,3	0,8
Sorgho .....	2	—	—	1	—	1	0,5	0,5	—	1	2
Riz (usiné) ....	0,5	1	1,2	—	—	1,2	—	0,3	—	0,3	1,5
TOTAUX	297,7	8,5	59,6	62,5	5,7	127,8	82,6	61,3	16,5	160,4	288,2

3. Toutefois entre céréales, des différences spécifiques notables existent (tableau I-3) :

- faible teneur du maïs et du riz en matières azotées; grande richesse du maïs en matières grasses et en carotène;

- te  
cellulose.

grasses et aussi en

TABLEAU I-3. *moyenne du grain des différentes céréales*

ÉLÉMENTS PRINCIPAUX  
a matière sèche)

(d'après KELLNER et BECKER, 1966, et les tables du *National Research Council*, 1958)

	MATIÈRES AZOTÉES	MATIÈRES GRASSES	MATIÈRES MINÉRALES	EXTRACTIF NON AZOTÉ	CELLULOSE BRUTE	AMIDON	SUCR TOTAL	PE
<i>Maïs</i> .....	10,4	4,5	1	81,2	2,4	71,8		6,2
Blé .....	14,3	1,9	1	78,9	2,9	63,8	3,2	7,4
Orge .....	13,1	2,1	3	75,7	6,0	74,6	2,5	10,3
Seigle .....	13,4		2	80,1	2,6	63,8	4,5	10,6
Sorgho .....	12,5	3,4	2,2	79,2	2,7	70,2	1,4	2,5
Avoine .....	14,6	4,2	3,2	67,6	10,4	44,7	1,6	7,5

B. — TENEUR EN ACIDES AMINÉS  
(en grammes par 16 g d'azote) (PION et FAUCONNEAU 1969)

	MAIS	BLÉ	ORGE	AVOINE	SEIGLE	SORGHO
Acide aspartique .....	6,65	5,3	5,95	7,8	7,4	6,8
Thréonine .....	3,8	3,2	3,7	3,5	3,4	3,4
Sérine .....	5,0	4,7	3,85	4,8	4,5	4,65
Acide glutamique .....	18,55	26,4	22,25	19,8	21,7	20,9
Proline .....	8,85	1	10,2	5,3	8,65	8,5
Glycine .....	4,0	4,3	4,5	5,1	4,3	3,3
Alanine .....	7,7	0	4,4		4,4	9,6
Valine .....	5,4	5,1	5,0	5,8	5,15	5,65
Isoleucine .....	3,95	3,8	3,45	4,2	3,8	4,45
Leucine .....	12,3	6,9	7,0	7,35	6,3	13,4
Tyrosine .....	4,25	3,2	3,2	4,1	2,8	4,5
Phénylalanine .....	5,1	4,6	5,0	5,1	4,5	5,6
Méthionine .....	2,2	1,6	1,55	1,6	1,65	1,4
Cystine .....	2,5	2,6	2,5	3,5	2,5	1,8
Lysine .....	3,25	3,35	3,35	4,25	4,1	2,3
Histidine .....	2,85	2,5	2,05	2,2	2,25	2,3
Arginine .....	4,8	5,3	5,2	6,8	5,5	3,9

La structure anatomique du grain de blé, sans embryon, en allant de l'extérieur vers l'intérieur est la suivante :

a) Le péricarpe ou tégument du fruit est formé de trois assises de cellules :

— *l'épicarpe*, constitué de cellules protectrices de forme allongée, sensiblement rectangulaire;

— *le mésocarpe*, fait d'une ou de deux couches de cellules parenchymateuses à parois épaisses et d'une couche de grandes cellules allongées dites transversales, orientées perpendiculairement aux cellules de l'épicarpe;

— *l'endocarpe*, assise de cellules tubulaires, disposées dans le sens de la longueur du grain;

b) **Le tégument séminal**, vestige du tégument interne de l'ovule est représenté par une assise de deux couches de cellules aplaties; la couche interne est fortement pigmentée chez les grains roux foncé.

c) "**La bande hyaline**, d'aspect transparent est formée par les cellules de l'épiderme du nucelle et par les cellules membraneuses de l'assise protéique sous-jacente.

d) **La couche à aleurone** première assise constitutive de l'albumen, à grosses cellules protéiques de forme cubique, à angle arrondi.

e) **L'albumen farineux**, masse de cellules courtes, de largeur à peu près constante, contenant une grande quantité de grains d'amidon et de gluten. Lors d'un lavage à l'eau de cette masse amylacée, les grains d'amidon sont rapidement entraînés. Il ne reste que le gluten, substance de nature protéique, d'aspect gris-jaunâtre, de consistance molle et élastique, jouant un rôle important en panification.

**L'embryon** est lui-même constitué :

— d'une radicule, protégée par une sorte de capuchon, la coléorhize et comportant déjà, outre la racine principale, les ébauches de la première et deuxième paire de racines,

— d'une tigelle court-nouée,

— d'une gémme formée d'un *coléoptile*, préfeuille protectrice des premières feuilles déjà différenciées par le méristème apical de la plantule,

— d'un cotylédon, le *scutellum*. L'épiblaste serait l'homologue d'un second cotylédon avorté.

## B. APPAREIL VÉGÉTATIF.

### 1<sup>o</sup> SYSTÈME AÉRIEN.

Il est formé d'un certain nombre d'unités biologiques ou *talles* partant d'une zone située à la base de la plante : *le plateau de tallage*.

Chaque talle après complet développement de la plante est formée d'une tige feuillée ou *chaume* portant à son extrémité une inflorescence.

a) La tige est formée d'articles ou **entre-nœuds** séparés par des **nœuds**, zones méristématiques à partir desquelles s'allongent les **entre-nœuds** et se différencient les feuilles. Chaque nœud est donc le point d'attache d'une feuille (fig. I-3).

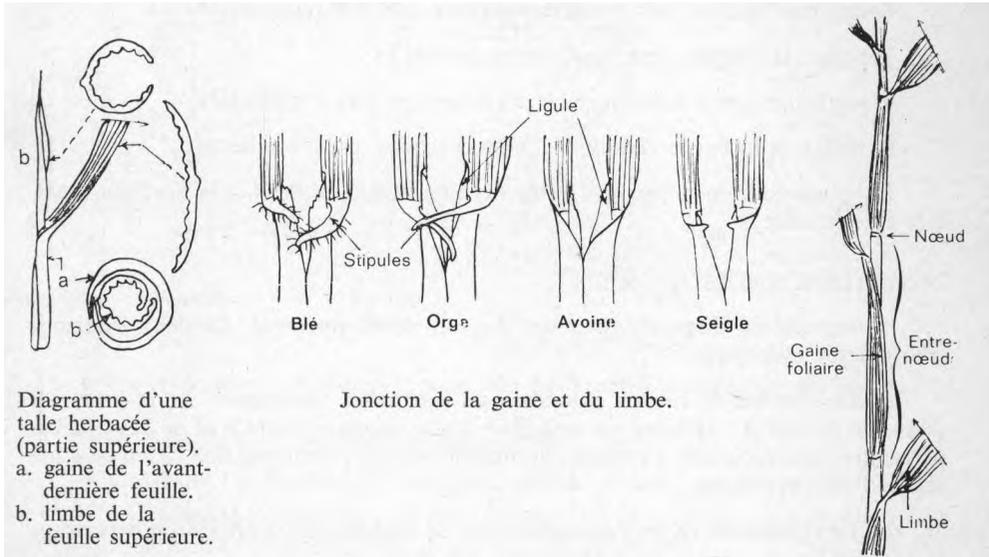


Diagramme d'un chaume.

FIG. I-3. — Morphologie et anatomie comparée de l'appareil végétatif des céréales.

Les **entre-nœuds** peuvent chez certaines espèces ou variétés résorber leur moelle à maturité. On a alors, selon le cas :

- des pailles creuses : orge, avoine;
- des pailles plus ou moins creuses : blé d'hiver (caractère variétal);
- des pailles pleines, lorsque la moelle est persistante : blé dur, maïs, sorgho.

b) **Les feuilles** sont alternes ou distiques (disposées sur deux rangs le long de la tige). Chaque feuille comprend deux parties :

- une portion inférieure enveloppant l'**entre-nœud** correspondant, la *gaine*;
- une portion supérieure, le *limbe*.

Les gaines attachées au niveau des **nœuds** sont emboîtées les unes dans les autres pendant leur jeunesse et forment un tube cylindrique entourant la tige qui se déboîte au fur et à mesure de la croissance des **entre-nœuds**.

Le limbe, à nervures parallèles est nettement plus long que large, ses dimensions variant notablement d'une espèce à l'autre (blé, 15-20 cm X 1,5-2 cm; maïs, 35-50 cm X 15-20 cm).

A la jonction du limbe et de la gaine, on peut trouver une petite membrane non vasculaire, plus ou moins longue et dentelée, la *ligule*, et de chaque côté

de celle-ci, à la base du limbe, deux stipules plus ou moins embrassantes glabres ou velues, *les oreillettes* ou *stipules* (fig. I-3). Ainsi :

**le blé** possède une ligule et des oreillettes velues;

**l'orge**, une ligule et des oreillettes glabres, très embrassantes;

**l'avoine, le sorgho**, une ligule sans oreillettes;

**le seigle** une ligule très courte et pratiquement pas d'oreillettes;

**le millet**, une ligule réduite à l'état d'écaille, sans oreillettes.

La gaine peut en outre, être velue (avoine, seigle, millet), et le bord du limbe être cilié (avoine).

## 2° SYSTÈME RADICULAIRE.

Toute céréale dispose, au cours de son développement, de deux systèmes radiculaires successifs.

**a) Le système de racines primaires ou séminales**, fonctionnel de la levée au début du tallage. Ce système est constitué d'une racine principale et de deux paires de racines latérales, soit 5 racines; éventuellement se développe une sixième racine à partir de l'épiblaste.

**b) Le système de racines secondaires ou de tallage (ou coronales)** apparaissant au moment où la plante émet ses talles (voir plus loin).

Ce système se substitue alors progressivement au précédent. Il est de type fasciculé, son importance et sa profondeur variant avec l'espèce :

— *chez l'orge* il est, relativement au blé, plus superficiel et moins important;

— *l'avoine* a, relativement au blé et à l'orge, un système racinaire plus puissant et plus profond.

## C. APPAREIL REPRODUCTEUR.

### 1° L'INFLORESCENCE.

Celle-ci est de deux types principaux :

— *un épi* : blé, orge, seigle;

— *une panicule* : avoine, riz, sorgho.

Dans les deux cas l'unité morphologique de base est *l'épillet* (fig. I-4).

### 2° L'ÉPILLET.

Celui-ci est une petite *grappe* de 1 à 5 fleurs enveloppées de leurs deux glumelles (inférieure et supérieure) et incluses dans deux bractées ou glumes (inférieure et supérieure).

Ces fleurs sont attachées sur le *rachillet*, rameau partant de l'axe principal (rachis) de l'inflorescence. Chacune comprend typiquement :

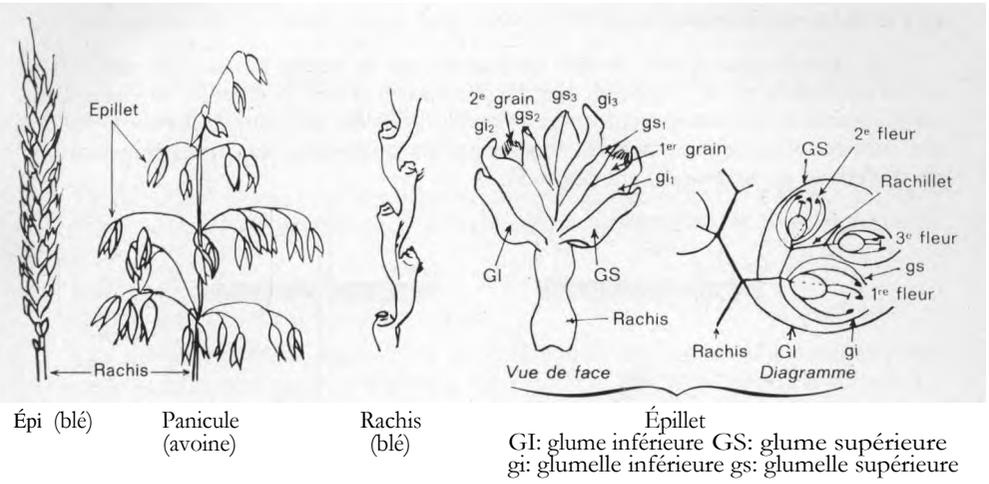


FIG. 1-4. — Morphologie et anatomie comparées de l'appareil reproducteur des céréales.

- trois étamines à anthères en forme d'X;
- un ovaire formé d'un seul carpelle, glabre ou velu, enfermant un ovule;
- à la base de l'ovaire deux petites écailles, les **glumellules** ou *lodicules* qui, en se gonflant, font entrouvrir les glumelles à la floraison.

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

Chez le maïs, les fleurs sont unisexuées : la plante est *monoïque*.

## IV. BIOLOGIE DES CÉRÉALES.

### A. PHASES DE DÉVELOPPEMENT.

- Le cycle de développement d'une céréale comprend trois grandes périodes :
- *la période végétative* qui va de la germination aux premières manifestations de l'allongement de la tige principale, c'est-à-dire au début de la montée;
  - *la période reproductrice* allant du début de la montée à la fécondation;
  - *la période de maturation* allant de la fécondation à la maturité complète du grain.

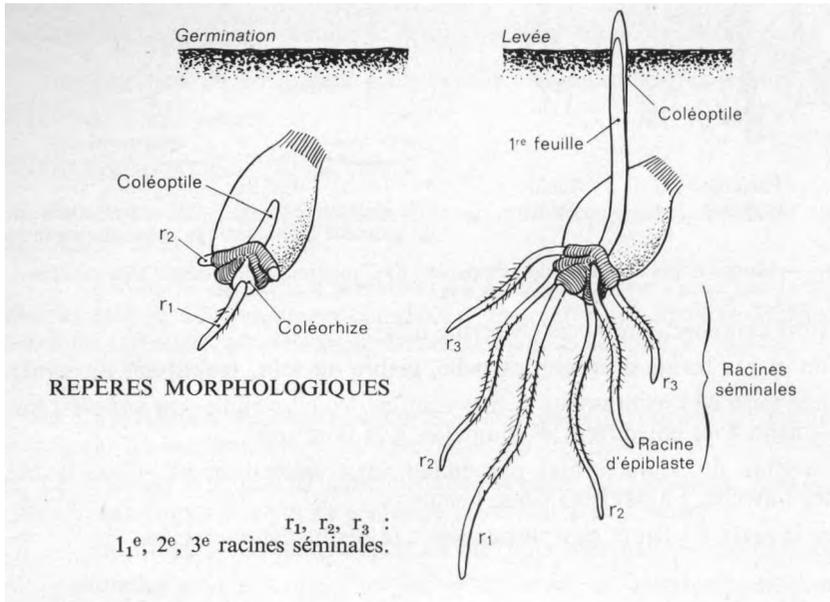
#### 1<sup>0</sup> PÉRIODE VÉGÉTATIVE.

Celle-ci comprend elle-même trois phases :

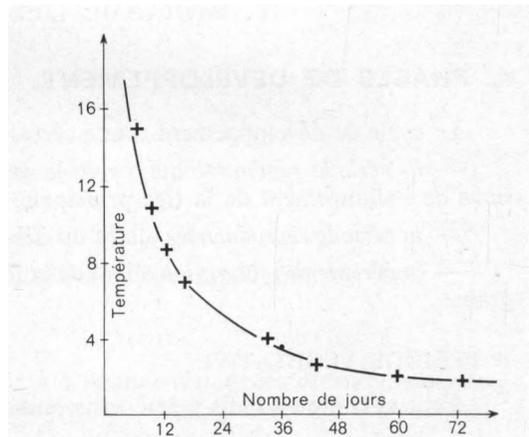
- la phase semis-levée;
- la phase levée-début tallage;
- la phase début tallage-début montée (stade A).

## a) La phase semis-levée.

La germination d'une céréale se traduit par la sortie des racines séminales de la *coléorhize* et, à l'opposé, par la croissance d'une préfeuille, le *coléoptile*. Celui-ci sert de manchon protecteur et perforateur du sol pour la *première feuille* qui sera fonctionnelle et percera le sommet du coléoptile peu après l'apparition de ce dernier au niveau du sol (fig. I-5).



Nombre de jours "semis-levée" x	Température moyenne Y (°C)	Somme des températures xy (°C)
72,9	1,7	125,9
60,1	1,95	117,2
43,0	2,7	116,1
35,0	3,4	119,0
33,0	4,0	132,8
17,0	7,05	119,9
13,0	9,0	117,0
10,5	11,2	117,6
7,5	14,8	111,0
moyenne xy = 121,6 °C ± 0,98		



ÉCOLOGIE : INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE (d'après Geslin).

FIG. I-5. — La phase semis-levée de la période végétative du blé.

La réalisation de cette phase est sous la dépendance de deux groupes de facteurs :

I. FACTEURS INTRINSÈQUES. La valeur biologique de la semence, caractérisée par sa faculté et son énergie germinative.

II. FACTEURS EXTRINSÈQUES, température et humidité du sol.

*Température.* D'une part la germination ne peut débuter qu'à partir d'un seuil thermique ou *zéro de germination*, variable selon la céréale. Ce seuil thermique est de :

- 0 OC pour le blé, l'avoine, l'orge;
- + 6 à + 8 OC pour le maïs, le sorgho.

D'autre part la phase semis-levée se réalise pour une *somme des températures*, constante et caractéristique de l'espèce. Ex. : pour le blé, 121-122 °C (voir fig. I-5).

*Humidité.* Pour chaque espèce existe un seuil critique d'humidité du sol au-dessous duquel la levée est mauvaise et tend à s'annuler. Ex. : pour le blé (caryopse nu) ce seuil est de 35 à 40 % de la capacité de rétention; pour l'avoine (caryopse vêtu) il est de 40 à 50 %.

**Sur le plan cultural**, le choix d'une bonne semence et de la date de semis, la réalisation avant et après semis de façons superficielles déterminées (croskillage et roulages de printemps par exemple) seront des facteurs importants de la réussite des semis de céréales.

**b) La phase levée-début tallage.**

Dès que la première feuille a percé l'extrémité du coléoptile, celui-ci s'arrête de croître et peu à peu se dessèche.

Cette première feuille fonctionnelle s'allonge, puis apparaît une deuxième, puis une troisième, puis une quatrième feuille (fig. I-6). Chacune d'elles est imbric-

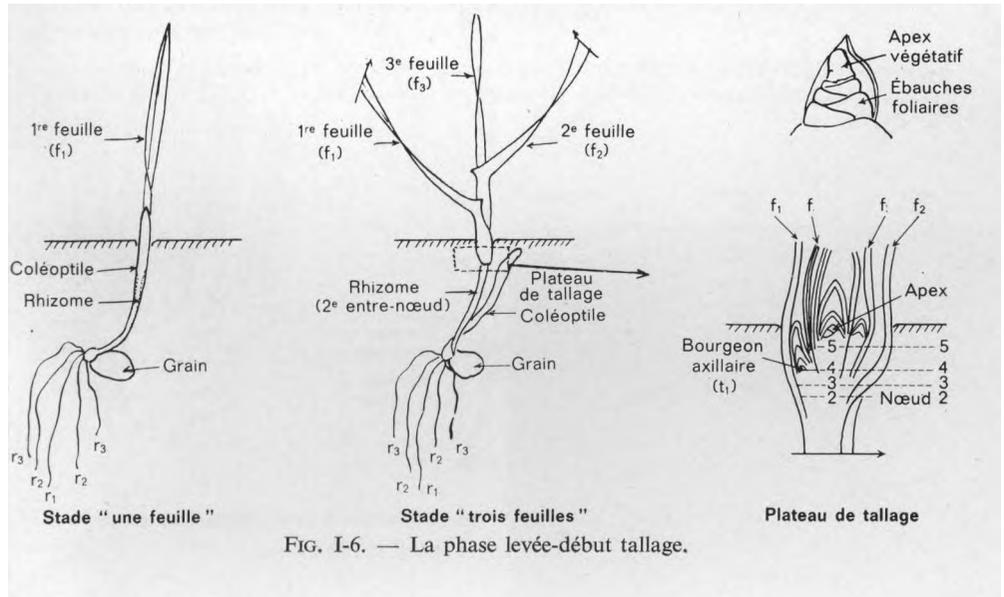


FIG. I-6. — La phase levée-début tallage.



Blé au stade « début-tallage » (talle de première feuille sortie).

Photo S.P.I.E.A.

quée dans la précédente, partant toutes d'une zone proche de la surface du sol et constituée de l'empilement d'un certain nombre d'entre-nœuds : *le plateau de tallage*. Celui-ci est formé de **4 à 5 nœuds**, sa hauteur ne dépassant pas **3 à 4 mm**. Il est relié au grain par une petite tige ou *rhizome* constitué de deux **entre-nœuds** :

— *le mésocotyle*, situé au-dessous du point d'attache du coléoptile et très court chez le *blé et l'orge*;

— *l'épicotyle*, situé au-dessus du point d'attache du coléoptile, développé chez *toutes les espèces*, mais plus ou moins long selon la profondeur du semis.

Pendant toute cette phase, la vitesse de croissance des feuilles dépend essentiellement de la *température*.

D'autre part, sur le plan nutritif, la plantule dépend uniquement de son système *primaire* de racines et de ses réserves.

### c) La phase début tallage-début montée.

Le tallage est caractérisé par l'entrée en croissance de *bourgeons* différenciés à l'aisselle de chacune des premières feuilles : il s'agit donc *d'un simple processus de ramification* (fig. I-7).

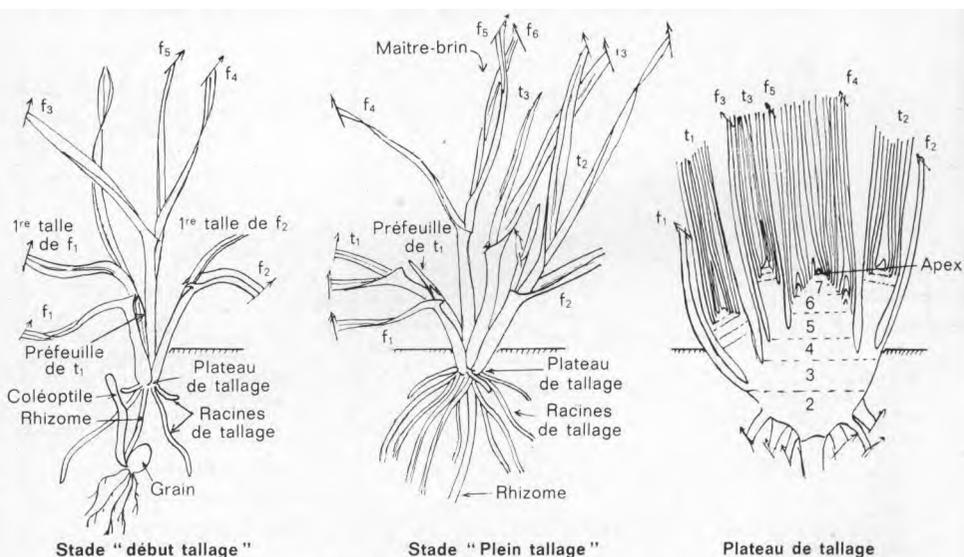


FIG. I-7. — La phase début tallage-début montée.

La première talle ( $t_1$ ) apparaît généralement à l'aisselle de la première feuille lorsque la plante est au stade « 4 feuilles ».

Cette talle est constituée d'une *préfeuille* entourant la *première feuille* fonctionnelle de la talle, qui elle-même encapuchonne les autres. Elle s'insère sur le *nœud* d'où part la première feuille.

Par la suite apparaissent les talles de 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> feuilles formées à partir des bourgeons ayant pris naissance à l'aisselle des feuilles correspondantes. Ces talles de 1<sup>re</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> feuilles sont dites *talles primaires* (fig. I-7).

Pour un semis d'automne, *chez le blé*, le nombre de talles ainsi formées est au maximum de 4, la 5<sup>e</sup> ne donne généralement qu'une ébauche n'évoluant pas. Cependant chaque talle primaire va émettre des *talles secondaires* susceptibles elles-mêmes d'émettre des *talles tertiaires* : l'aptitude à émettre en plus ou moins grand nombre des talles secondaires et tertiaires est une caractéristique *spécifique* et aussi *variétale*.

Notons que chez le blé et l'avoine, bien avant la talle de *première* feuille (3 à 4 semaines parfois) un bourgeon peut se différencier sur le rhizome à la base du coléoptile et donner naissance à une *talle de coléoptile*. Cette talle pourra elle-même donner des talles secondaires et tertiaires.

Finalement, le nombre de talles émises par plante caractérisera le *tallage herbacé*. Celui-ci sera principalement fonction :

— *de l'espèce*. Le riz talle beaucoup plus que l'orge, elle-même talle plus que le blé ou l'avoine qui tallent beaucoup plus que le maïs;

— *de la variété* utilisée;

— *du climat* (températures) de l'année ou de la région;

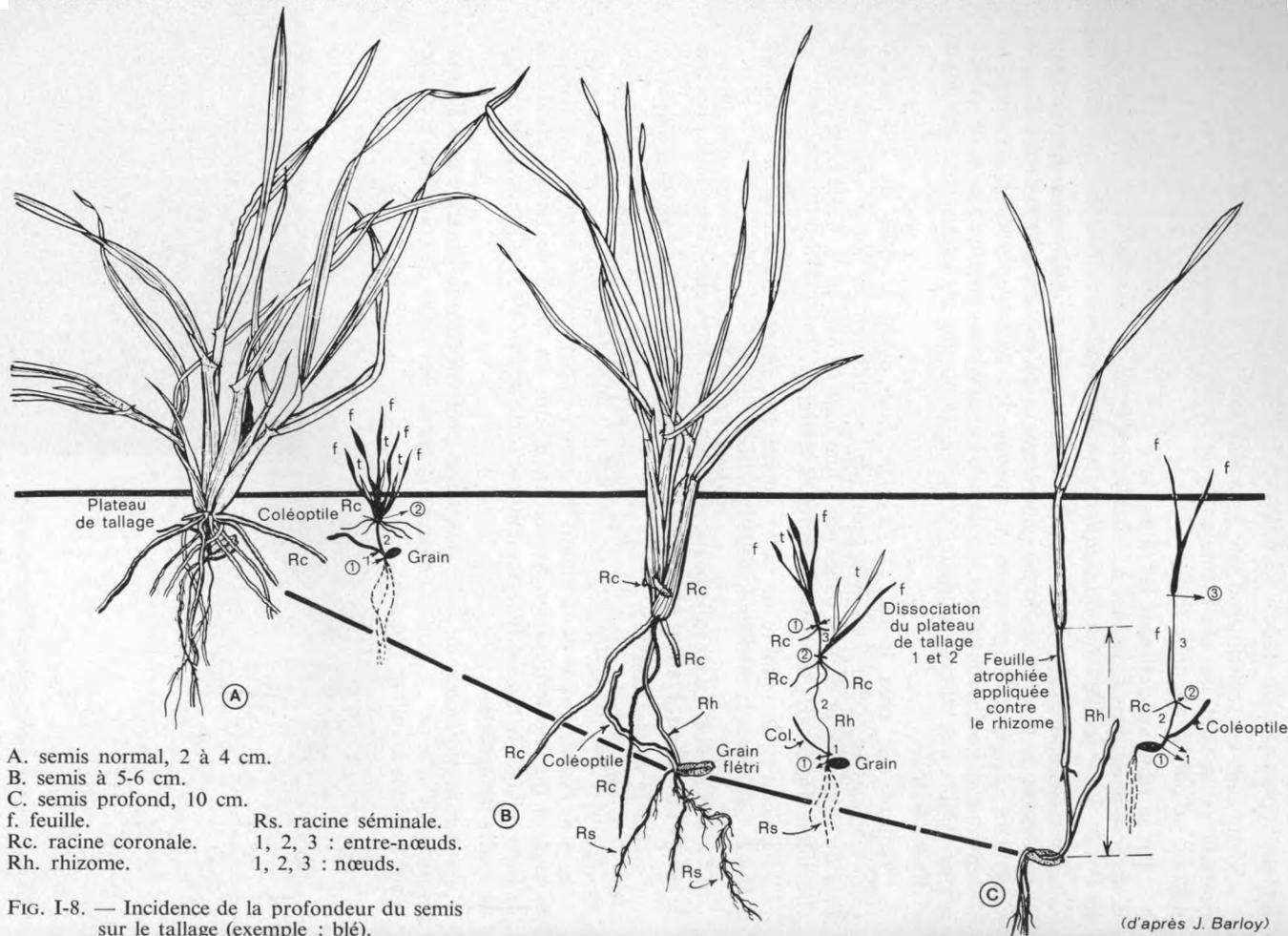
— *de l'alimentation* de la plante, *en azote*, en particulier; le précédent « légumineuse » ou une fertilisation azotée abondante en début de tallage conduit à de forts tallages herbacés. Inversement une forte *densité de semis* réduira le tallage de toutes les céréales;

— *de la profondeur du semis*. Un semis profond retarde généralement l'apparition de la talle de 1<sup>re</sup> feuille, empêche la sortie des talles de coléoptile et finalement diminue le tallage (fig. I-8).



Blé au tallage, après épandage d'engrais azoté.

Photo S.P.I.E.A.



L'agriculteur céréalier disposera donc de nombreux « outils » pour agir sur le tallage herbacé : précédent cultural, préparation du sol, profondeur du semis, date du semis, densité du semis, variété, azote.

Un tallage herbacé très élevé ne sera pas nécessairement l'objectif à atteindre, un pourcentage élevé de talles *donnant un bel épi* étant généralement plus fondamental.

## 2° PÉRIODE REPRODUCTRICE OU DE LA « MONTÉE ».

### a) Description.

Celle-ci comporte 3 phases principales :

- la phase de formation des ébauches (primordia) d'épillets;
- la phase de spécialisation florale;
- la phase méiose-fécondation.

### 1<sup>o</sup> La phase de formation des ébauches d'épillets (phase A-B de JONARD).

La période reproductrice débute par la différenciation et l'élongation des **entre-nœuds** de la tige principale : au-dessus de la zone d'empilement des **nœuds** de tallage, dans la zone de tissus méristématiques constituant *l'apex* (0,5 mm de hauteur), apparaît une, puis deux bandes plus claires formées de cellules orientées en files longitudinales. Les parties plus claires sont les ébauches des 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> **entre-nœuds** caulinaires. Parallèlement ou très peu après, le sommet végétatif (*apex*) jusque-là producteur de *feuilles*, modifie son activité. 11 continue à former des feuilles mais celles-ci demeurent à l'état de bractées (stade double ride); puis très vite il différencie *la première ébauche d'épillets*.

Ce stade marquant le début de la formation des ébauches d'épillets a été appelé : *stade d'initiation florale* ou *stade A* (JONARD). Par la suite les autres ébauches d'épillets apparaîtront successivement (fig. I-9).

A un moment donné, apparaissent sur un épillet (dans le tiers médian de l'épi, chez le blé, au sommet de la panicule chez l'avoine), deux renflements latéraux. Ce sont les ébauches de glumes.

Ce stade a été appelé *stade B* (JONARD). Il se situe de 16 à 40 jours après le stade A.

Durant la phase A-B par ailleurs :

— le tallage s'est poursuivi d'abord activement, puis à une vitesse de plus en plus lente pour s'annuler au stade B : c'est de la durée de cette phase que dépend le tallage herbacé final;

— les **entre-nœuds** caulinaires ont commencé à s'allonger très lentement : au stade B la jeune inflorescence est d'environ 1 cm au-dessus du plateau de tallage.

### 2<sup>o</sup> La phase de spécialisation florale (phase B-D de JONARD) :

A partir du stade B, on assiste à la différenciation des *pièces florales* :

- glumelles inférieures, puis supérieures;

— organes sexuels, étamines, stade ( $C_1$ ), stigmaté ( $C_2$ );

— méiose pollinique (stade D).

Parallèlement la tige principale et l'inflorescence s'allongent rapidement mais de façon généralement asynchrone.

D'autre part, les apex des talles différencient également des ébauches d'épillets, puis des pièces florales et parallèlement montent. Cependant, seules les 3 ou 4 premières talles donneront des épis, constituant ce que l'on appellera le tallage-épi (toujours inférieur au tallage herbacé).

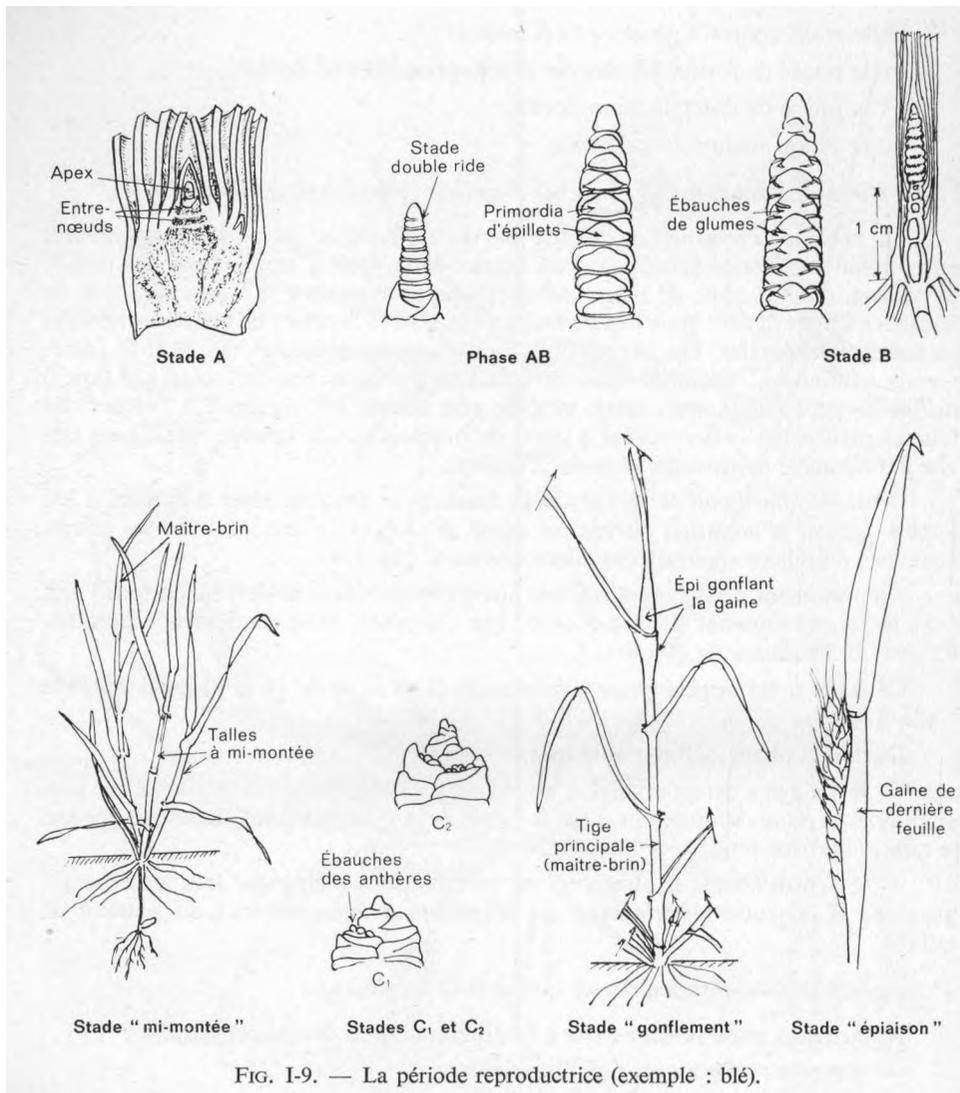


FIG. I-9. — La période reproductrice (exemple : blé).

L'inflorescence monte donc en grossissant dans le cornet de gaines des différentes feuilles, ces gaines se **déboitant** elles-mêmes peu à peu au fur et à mesure de l'allongement des **entre-nœuds** caulinaires.

Peu avant la sortie de l'inflorescence de la gaine de dernière feuille celle-ci en distend les parois : c'est la stade du **gonflement**.

C'est généralement aux approches de ce stade que se réalise la **méiose pollinique**.

### 3<sup>0</sup> La phase méiose-fécondation (D-F).

Peu après la méiose, l'inflorescence sort de la gaine de dernière feuille : c'est l'**épiaison** notée au stade 50 % d'épis sortis : ce stade ne constitue qu'un indice de précocité et non un repère du développement. Mais sa facilité d'observation autant que son caractère variétal en font un stade très important sur le plan agronomique.

L'anthèse et la **fécondation** (stade F) suivent de quelques jours l'épiaison.

La durée de la phase méiose-fécondation est variable avec les espèces, les variétés et le climat :

- certaines variétés d'orge fleurissent avant d'épier (cléistogamie);
- chez le blé la phase dure 10-12 jours à 14 °C, 4 à 5 jours à 18 °C.

**Le mode de fécondation** varie de l'autogamie à l'allogamie pratiquement stricte :

- **autogamie** chez le **blé**, l'orge, l'avoine, le riz, le sorgho.
- **allogamie** chez le seigle, le maïs (également le sarrasin).

Notons par ailleurs que chez la plupart des céréales, autogames et allogames, diverses formes d'androstérilité (stérilité mâle) ont été trouvées et utilisées pour créer de nouveaux types variétaux, les variétés — F<sub>1</sub>.

### b) Déterminisme de la montée chez les céréales.

D'une manière générale on peut distinguer trois grands types de développement chez les céréales.

— **Les céréales d'hiver** qui ont besoin de végéter en *hiver* pour pouvoir monter et accomplir ainsi tout leur cycle végétatif : semées au printemps elles tallent abondamment, gazonnent mais ne montent pas.

— **Les céréales de printemps** qui, semées au printemps, peuvent monter et accomplir *normalement* leur cycle **végétatif**.

— **Les céréales alternatives** qui peuvent encore monter en semis de fin d'hiver à début printemps et accomplir normalement leur cycle végétatif.

Ces modes de développement correspondent donc à des besoins climatiques particuliers, à l'égard de la **température** et de la **photopériode**, essentiellement.

#### 1. BESOINS EN TEMPÉRATURES BASSES : NOTION DE VERNALISATION.

On sait depuis les travaux de KLIPPART (1857), de GASSNER (1918) et LYSENKO (1928) que les céréales dites d'hiver exigent une exposition de leurs semences en germination ou de leurs plantules à des températures basses pour arriver à épiaison.

Cette transformation *physiologique* opérée par le froid naturel ou artificiel, d'une semence germée de céréale hiver en un type printemps a été appelée « jarovisation <sup>1</sup> » par les auteurs russes et en français *vernalisation*.

De nombreux travaux effectués depuis ont précisé les modalités d'intervention de ce phénomène :

— pour être vernalisante la température basse doit toujours demeurer *supérieure au 0 de croissance*. Son optimum, variable avec l'espèce et la variété, oscille entre 0 °C et + 10 °C chez les céréales;

— le froid a essentiellement une action *stimulante* sur l'aptitude à la floraison : durant la phase de vernalisation (thermophase vernalisante) aucune ébauche florale ne se forme;

— les céréales ne manifestent *aucune phase juvénile* : leur embryon, non dormant, serait *vernalisable* bien avant la maturité (8 à 10 jours après l'anthèse chez le blé d'hiver);

— les céréales manifestent des *degrés divers dans leurs besoins de vernalisation*.

*Les variétés de céréales d'hiver* ont les besoins les plus importants, bien que *jamais absolus* : non vernalisées elles peuvent former des ébauches florales mais avec beaucoup de retard par rapport aux plantes vernalisées.

*Les variétés alternatives* ont des besoins beaucoup plus modérés.

*Les variétés de printemps* ont des besoins nuls.

Les phénomènes métaboliques se déroulant au cours de la vernalisation sont encore assez mal connus.

Se basant sur divers travaux relatifs au rôle du phytochrome dans le fonctionnement des feuilles et celui des méristèmes en activité VINCENT (1966) a émis l'hypothèse que la vernalisation de la plantule végétative s'identifierait à l'accumulation du phytochrome dans le méristème médullaire de l'apex jusqu'à une concentration d'équilibre spécifique.

« L'état de vernalisation » se caractériserait par la concentration du pigment total ou par son activité propre, réglant le potentiel d'acide ascorbique actif dans la cellule. Ce serait en effet par l'intermédiaire du système ascorbique que le phytochrome contrôlerait l'ensemble des phénomènes de développement.

## II. BESOINS EN PHOTOPÉRIODE.

Pour des raisons encore mal expliquées, les céréales d'hiver vernalisées et les céréales de type printemps n'émettent des épis (formation de primordia d'épillets) qu'en *jours longs*, c'est-à-dire lorsque la photopériode dépasse une certaine durée ou *photopériode critique*.

Cette photopériode critique est variable avec l'espèce et la variété (12 à 14 heures). Elle est différente de la durée d'éclairement assurant un *minimum trophique* (6 heures environ).

Au-dessous de cette durée critique du jour, il n'y a pas de réaction des méristèmes qui continuent à différencier des organes végétatifs. Par surcroît, le jour court peut annuler les effets de la vernalisation : la dévernalisation par les jours courts a été constatée chez le blé d'hiver (VINCENT, 1959).

1. Du russe *Iarov* ou Jarov, dieu du printemps.

Le besoin en jours longs n'est cependant pas pour autant *toujours absolu* : le seigle de printemps peut épier en jours courts mais après avoir formé 25 feuilles alors qu'en jours longs il épie dès qu'il a produit 7 feuilles.

D'autre part la réaction aux jours longs dépend non seulement de la durée de la photopériode mais encore de sa *variation journalière*, croissante (printemps) ou décroissante (été).

Sur le plan cultural les besoins spécifiques et variétaux des céréales en température basse et photopériode conduiront à préciser leur *degré d'alternativité*, c'est à dire leur *date limite de semis*.

3<sup>o</sup> PÉRIODE DE MATURATION.

a) Description.

Durant cette période les substances de réserve (amidon, matières protéiques) s'élaborent et migrent dans l'albumen; parallèlement l'embryon se forme.

Cette période comprend trois phases principales (fig. I-10).

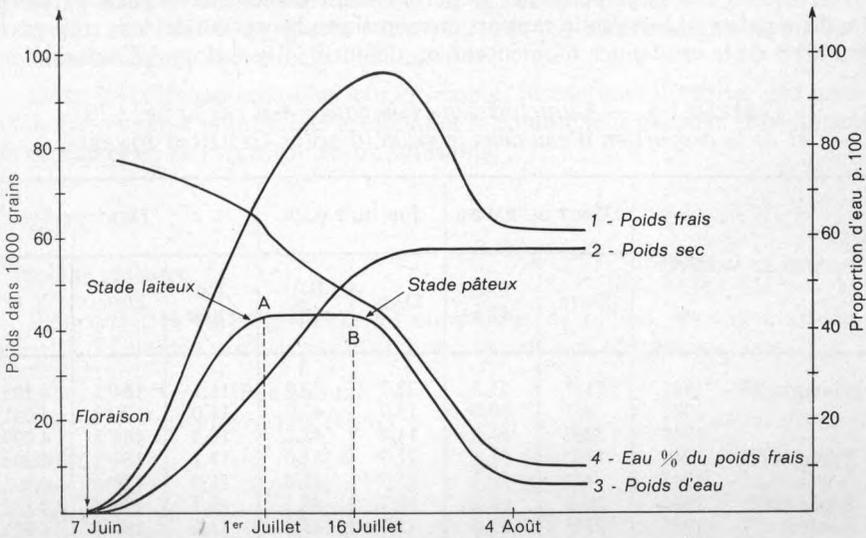


FIG. I-10. — Courbes caractéristiques du développement du grain de blé.

(D'après GESLIN et JONARD.)

1<sup>o</sup> Une phase de multiplication cellulaire intense (12-15 jours chez le blé) durant laquelle il y a accroissement du poids d'eau et de matière sèche dans le grain. A la fin de cette phase, l'amande encore verte a pris sa forme définitive; l'albumen est devenu laiteux : c'est le *stade laiteux*.

2<sup>o</sup> Une phase d'enrichissement en glucides et protides (10-12 jours chez le blé) au cours de laquelle le poids d'eau dans le grain demeure sensiblement constant : c'est le « palier » de poids d'eau (GESLIN).

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

<sup>3</sup> *Une phase de dessiccation* durant laquelle il y a seulement diminution rapide du poids d'eau. Le grain devient alors successivement demi-dur, puis dur; à surmaturité, il est devenu cassant : c'est le stade propice au battage immédiat (moi ssonnage-battage).

Sous nos climats toutes les céréales — sauf le maïs — peuvent être récoltées à ce stade; le maïs est récolté *bien avant la surmaturité* alors que le grain contient encore 25 à 40 % d'eau.

## b) Écologie de la maturation.

En conditions hydriques *non limitantes*, la durée de chaque phase semble dépendre essentiellement de la température et de la radiation lumineuse. En particulier (tableau I-4) la durée, exprimée en somme des températures ou somme de K, de la phase du palier apparaît comme une constante variétale<sup>1</sup>. Par contre, tout déficit en eau peut perturber le déroulement de ces phases et en particulier celle du « palier »; lorsque le rapport évaporation/absorption devient trop grand, il y a arrêt de la croissance momentanée ou définitif : il y a alors *échaudage*.

TABLEAU I-4. — *Caractéristiques du palier A-B (de la fig. I-10) et de la proportion d'eau dans le grain (d'après GESLIN et JONARD).*

ANNÉES ET VARIÉTÉS	DÉBUT DU PALIER		FIN DU PALIER		DURÉE		
	DATE	Eau (%)	DATE	EAU (%)	EN JOURS	Σ t°m	Σ K
Vilmorin 27 — 1941	11/7	51,5	22/7	41,0	11,1	184°3	4 205
— — 1942	4/7	60,0	15/7	47,7	11,0	176°3	4 091
— — 1944	30/6	61,8	11/7	48,0	10,8	184°8	4 099
Vilmorin 29 — 1941	11/7	51,0	22/7	42,0	11,1	184°3	4 205
— — 1942	4/7	59,7	15/7	48,0	11,0	176°4	4 091
Super hâtif 1942	30/6	60,0	10/7	48,5	9,7	179°4	4 232
Renfort 1945	23/6	62,0	5/7	48,0	11,6	181°8	4 029

Σt°m : Sommes des températures moyennes en °C.

ΣK : Sommes des températures moyennes x %/radiation globale.

La phase du « palier » constitue donc une *période critique de besoin en eau* des céréales; un tel accident peut intervenir chez le blé dès que la température demeure *supérieure* à 30 °C (sous abri) pendant 2 jours; chez l'avoine, dès qu'elle atteint un seuil voisin de 28 °C.

Il y a des résistances variétales à **cet accident**.

1. K = température moyenne journalière X %/radiation globale (GESLIN).

**B. EXIGENCES AGROLOGIQUES.****1<sup>o</sup> NATURE DU SOL.**

Les céréales n'ont pas dans l'ensemble d'exigences marquées concernant la nature du sol. Cependant chacune d'elles a ses préférences.

**a) Le blé** atteint les rendements les plus élevés sur des sols à bon pouvoir absorbant, bien pourvus en chaux, telles les terres argilo-calcaires du bassin parisien. En terres peu profondes (rendzines) il y a des risques de sécheresse aux périodes critiques (épiaison et phase du « palier »). De même les terres « creuses » — à trop grands espaces lacunaires — sont à éviter : il faut une terre bien « rassise » à porosité voisine de 10 %.

**b) L'orge** par contre s'accommode très bien des terres légères, peu profondes, sur sous-sol calcaire (rendzines). Ceci explique la localisation très ancienne de cette culture en Champagne, Berry, Gâtinais. Il lui faut cependant, comme le blé, un sol bien rassis.

**c) L'avoine et le seigle** tolèrent des terres soulevées, assez acides, ce dont on a trop souvent tendance à abuser.

**d) Le maïs** s'accommode de types de terres extrêmement variés, des sols, des Landes aux limons du Bassin parisien : c'est par excellence, en raison de ses reliquats humiques, une céréale « pionnier ».

Donc les céréales sont, dans leur ensemble, susceptibles d'utiliser une gamme de sols très étendue pourvu que le climat et la fumure leur assurent une alimentation en eau et en éléments minéraux suffisants.

**2<sup>o</sup> AZOTE.****a) Besoins globaux.**

Bien que très variables selon les conditions de milieu, les exportations en azote des différentes céréales peuvent être estimées aux valeurs suivantes :

	Par quintal de récolte (kg/q)		Par quintal de récolte (kg/q)
Blé tendre	2 - 2,8	Seigle	3,5 - 4
Blé dur	3,5 - 4	Maïs	2,5 - 2,8
Orge, avoine	2,5 - 3	Sarrasin	3 - 3,5

On observe donc d'importantes différences; les espèces les plus améliorées (blé, maïs) sont *les meilleures utilisatrices de l'azote*.

**b) Forme.**

A l'exception du maïs et du sorgho, l'emploi de l'azote organique doit être évité sur toutes les autres céréales.

— Le fumier est un agent de conservation et de transport des parasites du sol, agents de maladies graves pour les céréales (fusariose, piétins).

— Le blé, l'orge, l'avoine, ont besoin, au tallage, d'azote à libération rapide (forme ammonitrique).

### c) Rythme d'absorption.

Du point de vue de ses conséquences culturales (fertilisation) le point le plus important est le rythme d'absorption.

Ainsi chez le blé d'hiver c'est durant le tallage et au cours de la montée que la majorité (2/3 environ) de l'azote est absorbé. Chez l'avoine de printemps 40 peuvent être déjà assimilés à la fin du tallage.

Ce problème de la nutrition azotée des céréales et de la satisfaction permanente des besoins de la plante en cet élément, a été étudié de façon approfondie chez le blé d'hiver par **Coic**. Il a conduit cet auteur à préconiser une technique dite des *apports échelonnés en azote* (voir chap. ii, p. 90).

### 3° AUTRES ÉLÉMENTS FERTILISANTS.

Les céréales n'ont pas de dominantes particulières vis-à-vis du phosphore et de la potasse. Par quintal de récolte, les exportations seraient les suivantes :

	Phosphore (kg/q)	Potasse (kg/q)
Blé d'hiver	1 - 1,6	2,2 - 4,0
Orge	1 - 1,5	2 - 3,0
Avoine	1,2 - 1,5	3,5 - 4,0
Maïs	1 - 1,2	1,5 - 2,0

Notons qu'une bonne alimentation de la céréale en ces éléments accroît non seulement son rendement mais encore :

- sa résistance aux accidents climatiques, froid, verse;
- sa précocité de maturité (nette action du phosphore, en particulier, sur l'avance de maturité chez le maïs);
- la qualité de la récolte.

## V. CARACTÈRES VARIÉTAUX.

### A. TYPES DE VARIÉTÉS.

Les variétés de céréales cultivées aujourd'hui appartiennent à trois types principaux : la population, la lignée pure, l'hybride F<sub>1</sub>.

#### 1° VARIÉTÉS POPULATIONS.

Il y a un siècle la totalité des variétés de céréales cultivées en France et dans le monde étaient des *populations* « *de pays* ». Aujourd'hui encore, en seigle, en sarrasin, on rencontre encore en France, de telles populations locales.

Ces variétés-populations étaient constituées d'un ensemble d'individus ayant en commun un certain nombre de caractères d'adaptation aux facteurs du milieu.

Ainsi en blé, on rencontrait :

— dans l'Est de la France, des populations particulièrement résistantes au froid (*Rouge d'Alsace, Moutot à épi blanc, Moutot à épi roux...*)

—  **dans le Sud**, de populations très précoces, peu sensibles à l'échaudage (*Saissettes, Touzelles*).

En maïs, on cultivait encore en 1945 :

—  **dans le Sud-Ouest**, des populations tardives à grain roux ou blanc (*Grand roux basque, Millette du Lauragais*).

—  **En Bresse et en** Alsace, des populations plus précoces à type d'épi et de grain différent (*Jaune hâtif d'Auxonne*).

Ces populations étaient cependant *plus ou moins hétérogènes* pour de nombreux caractères n'ayant subi aucune action sélective importante de la part du milieu ou de l'homme.

Chez les espèces autogames (blé, orge, avoine) les populations de pays étaient un mélange à forte proportion d'individus homozygotes, les hétérozygotes résultant d'hybridations naturelles accidentelles ou de mutation.

Chez les espèces allogames (seigle, sarrasin, maïs) les populations étaient un mélange à forte proportion d'hétérozygotes issus de la fécondation croisée.

## 2° VARIÉTÉS LIGNÉES PURES.

Actuellement (1971) chez toutes les céréales autogames (blé, orge, avoine) on ne cultive en France que des *lignées pures*.

Une variété est une lignée pure lorsque tous les individus qui la constituent sont génétiquement identiques et homozygotes pour tous leurs caractères. Il en résulte qu'une telle variété :

**a) peut être définie morphologiquement et physiologiquement de façon très précise** : tous ses individus, étant identiques, ne diffèrent les uns des autres que par des *fluctuations*;

**b) demeure stable au cours des générations successives.** En l'absence d'hybridation naturelle avec une autre variété ou de mutation, ni dégénérescence, ni acclimatement (modification du degré d'adaptation au milieu) ne sont possibles chez une lignée pure.

## 3° VARIÉTÉS HYBRIDES F<sub>1</sub>.

L'intérêt d'un tel type de variété est d'exploiter au maximum le phénomène d'hétérosis (vigueur hybride) se manifestant en première génération d'hybridation (F<sub>1</sub>), entre deux lignées pures.

Une telle variété est par ailleurs aussi *homogène* qu'une lignée pure; elle en diffère en ce que tous ces individus sont génétiquement *hétérozygotes* pour tous leurs caractères.

Ce type de variété ne peut se rencontrer que :

— chez les céréales allogames (maïs) dans la mesure où ont été préalablement obtenues par autofécondation forcée des lignées pures;

— chez les céréales autogames, où l'on aurait introduit une stérilité mâle (sorgho).

## B. APTITUDES CULTURALES.

Les aptitudes culturales des différentes variétés d'une même céréale serviront de base pour le choix, au niveau de la région et de l'assolement, de la variété la mieux adaptée. Elles intéressent :

- le rythme de développement;
- les résistances aux agents climatiques et parasitaires;
- la productivité;
- la qualité des récoltes.

### 1° RYTHME DE DÉVELOPPEMENT.

Deux caractéristiques permettent de préciser le type de développement de la variété : *sa précocité* et *son alternativité*.

#### a) Précocité.

La précocité de *maturité* (chaumes et épis blancs ou jaunes — grain dur) est à priori la plus importante à connaître. Elle conditionne, en effet, la date de récolte donc de libération de la sole.

Le choix de variétés de précocités échelonnées — un blé très précoce, un demi-précoce, un tardif — permet également *d'étaler les récoltes*. Cependant, la *précocité de floraison* — stade marquant le début de la formation du grain est également du plus haut intérêt : les variétés à floraison précoce pourront mûrir leurs grains avant que certains accidents (coups de chaleur, rouilles), n'interviennent gravement.

Cette précocité est notée soit à la floraison elle-même (floraison femelle chez le maïs), soit à *l'épiaison*, stade plus aisé à noter que l'anthesis chez les céréales autogames.

#### b) Alternativité.

Nous avons déjà vu que 3 types principaux de développement peuvent être distingués chez les céréales : hiver, alternatif et printemps.

La connaissance du degré d'alternativité d'une variété de céréale est de la plus haute importance; car elle permettra de définir *la date limite de semis* dans une région donnée.

Théoriquement, le degré d'alternativité devrait être déterminé par la date à partir de laquelle la montée ne se produit plus.

Mais pratiquement ce sera la date à partir de laquelle on n'obtient plus *une récolte normale*. Celle-ci ne peut être déterminée qu'expérimentalement et régionalement.

Chez le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, on peut ainsi distinguer des variétés d'hiver, demi-hiver, demi-alternatives, alternatives, demi-printemps, printemps.

## 2° RÉSISTANCES.

a) **Gel hivernal.**

Chez le blé, l'orge, l'avoine, le seigle d'hiver, **la résistance au froid revêt**, pour le choix de la variété, une importance considérable.

*Les symptômes de destruction* peuvent apparaître sur coléoptile, sur feuilles et sur rhizome. *Leur gravité varie* avec de nombreux facteurs.

1° *Conditions de la chute de température.* Si celle-ci est brutale ( $\pm 10$  OC à  $-14$  °C en 48 heures, par ex.), les dégâts sont toujours graves. Si celle-ci est lente ou précédée d'une période de quelques semaines à températures peu supérieures à  $0$  °C, les dégâts sont beaucoup plus limités : il y a en effet, endurcissement des cellules, notamment par élévation de leur pression osmotique.

On peut considérer qu'en général, sans endurcissement, sur blé, orge, ou avoine d'hiver :

— à  $-8$  °C (sous abri) on observera quelques dégâts foliaires chez les variétés les plus sensibles (printemps);

— à  $-14$  °C, une mortalité allant de quelques unités à 100 selon la *céréale* et la *variété*.

2° *Stade de développement.* **D'une** manière générale, les dégâts sont d'autant plus importants que la plante est plus jeune; extrêmement sensible au *stade coléoptile* (phase semis-levée), très sensible jusqu'à 3 feuilles, la céréale voit sa résistance s'accroître au stade 4 feuilles et devenir maximale à plein tallage, lorsque la plante dispose de tout son système de racines secondaires.

3° *Profondeur du semis.* Les semis profonds accroissent la sensibilité **du** rhizome.

4° *Conditions de nutrition de la plante après le gel*, en azote et en potasse tout particulièrement.

5° *Variété.* Chez le blé, l'orge, le seigle, une variation génétique de résistance existe :

Chez le blé et l'orge d'hiver, par exemple, les variétés les plus résistantes peuvent survivre à des froids supérieurs à  $-14$  °C, sans endurcissement; les variétés les plus sensibles (de printemps) sont tuées à  $-12$  °C.

Le déterminisme de cette résistance est très complexe. A la fois *la morphologie* de la plante :

- profondeur d'enfouissement du plateau de tallage;
- port et largeur des feuilles;
- dimension des cellules et densité des stomates;

et *sa physiologie* interviennent :

- rythme de développement;
- vitesse d'endurcissement.

Les variétés typiquement de *printemps* sont totalement incapables d'endurcissement; les variétés *alternatives* ne sont capables que d'un endurcissement limité par rapport aux variétés *d'hiver*; ces dernières sont capables au contraire de « s'endurcir » sous l'effet du froid pendant une période relativement longue de l'année.

#### b) Verse physiologique ou mécanique.

Chez toutes les céréales une résistance variétale existe également à l'égard de la verse physiologique.

Son déterminisme est complexe :

- diamètre important de la base des chaumes;
- nombre élevé de faisceaux libéro-ligneux;
- et surtout *faible hauteur de la plante* sont les principaux facteurs morphologiques déterminant une bonne résistance à la verse.

Chez toutes les céréales, et notamment chez le blé, l'orge et l'avoine, toute la sélection *a été* orientée depuis 50 ans vers la création de variétés de plus en plus résistantes de la verse. Ceci a conduit à l'obtention de variétés de plus en plus courtes.

Par voie de conséquence, ces variétés tolèrent des *fumures azotées* plus importantes d'où *une productivité accrue*.

#### c) L'échaudage.

Cet accident se traduit par un aspect plus ou moins flétri, anguleux du caryopse, un poids de mille grains et de l'hectolitre faibles.

Il consiste de toute évidence en un défaut de croissance et une *mauvaise maturation* de l'amande consécutive à un « coup de chaleur ». Son mécanisme se déduit directement de la connaissance de la physiologie de la maturation.

**Chez le blé d'hiver, GESLIN et JONARD** ont montré que les perturbations enregistrées sur la croissance en matière sèche sont fonction du stade de la maturation où les températures excessives apparaissent; en l'occurrence le « palier » de poids d'eau constitue *une phase critique de sensibilité à l'échaudage* : *avant* ou après on n'observe en conditions naturelles aucune anomalie de maturation.

**Chez l'avoine**, le « palier » de poids d'eau constitue également une période critique mais celle-ci commence avant et se termine après cette phase particulière.

Une résistance variétale à l'échaudage peut être exploitée culturellement. C'est une :

- *résistance apparente*, déterminée par la précocité de la variété, et plaçant son « palier » avant la période la plus chaude;
- *résistance réelle*, d'ordre génétique.

#### d) Les parasites végétaux.

Nombreux sont les parasites s'attaquant aux céréales. Toutefois quelques grands groupes systématiques attaquent la plupart d'entre elles. Ce sont les :

- *Ustilaginales*, les charbons (*Ustilago* sp.) et caries (*Tilletia* sp.);
- *Urédinales*, les rouilles de la famille des Pucciniacées :  
rouille noire, *Puccinia graminis* (blé, orge, avoine);  
rouille jaune, *Puccinia glumarum* (blé, orge);  
rouille brune, *Puccinia triticina* (blé), *P. hordei* (orge), *P. coronata* (avoine),  
*P. dispersa* (seigle);
- *Fusarioses*, *Fusarium nivale*, *F. roseum* (*Gibberella*) sur maïs, blé;
- *Oïdiums*, *Erysiphe graminis* (blé, orge, avoine);
- *Piétins*, *Cercospora*, *Ophiobolus* (blé, orge, avoine).

Des résistances variétales existent à l'égard de chacun de ces parasites.

— **Résistance active ou physiologique ou protoplasmique** effective dès le stade plantule, résidant dans une incompatibilité et une réaction plus ou moins marquée de l'hôte vis à vis du parasite et pouvant conduire à la mort d'un plus ou moins grand nombre de cellules. Suivant le degré de cette résistance on peut distinguer la *haute résistance* ou *immunité*; *l'hypersensibilité*, la *résistance modérée*.

— **Résistance naturelle ou structurale**, généralement peu spécifique, due à la présence sur ou dans la céréale, avant même le déclenchement de l'infection parasitaire, de barrières structurales ou biochimiques (importance de tissus de soutien, dimension des stomates, substances inhibitrices dans les stigmates et les styles, etc.).

— **Résistance apparente**, lorsque le rythme de développement de la variété est tel que le parasite ne peut la contaminer au stade où celle-ci, génétiquement sensible, serait réceptrice.

Toutefois ces résistances et notamment la résistance *active* n'est généralement effective qu'à l'égard de certaines *rares* du parasite.

En effet, à l'intérieur de chacune de ces espèces parasites, se sont diversifiées des *rares physiologiques*, chacune d'elles étant caractérisée par une virulence particulière à l'égard de certains hôtes.

Chez le blé d'hiver, l'orge, l'avoine, l'obtention de variétés résistantes au plus grand nombre de races de charbon, de rouilles, d'oïdium etc... constitue en France et dans le monde, un des objectifs fondamentaux d'amélioration.

### e) Parasites animaux.

Parmi les parasites les plus communs et les plus dangereux pour les emblavures de céréales on rencontre notamment :

- *les taupins, vers blancs, vers gris*;
- *les corbeaux, alouettes*, qui attaquent les semis à la levée;
- *l'oscinie* dont la larve peut attaquer la jeune plantule peu après la levée;
- *les cécidomyies* (mouches de l'épi);
- *les nématodes* notamment *Ditylenchus dipsaci*.

### 3° PRODUCTIVITÉ.

Ce facteur est évidemment fondamental dans le choix de la variété.

#### a) Définition et mesure.

La productivité d'une céréale est sa capacité de production en grains lorsque la variété est placée dans les conditions optimales de culture (**JONARD**). La productivité est donc le *rendement maximum de la variété*.

Étant donné que pour s'exprimer la productivité requiert des conditions optimales, sa mesure exacte est pratiquement impossible. Seuls des essais comparatifs de rendement répétés plusieurs années et en plusieurs régions permettent de connaître la productivité *relative* des variétés et ses variations régionales.

#### b) Composantes du rendement.

Il est cependant également possible de connaître comment chaque variété " fait " son rendement.

Chez une céréale, le rendement à l'hectare est le produit de 4 *composantes* : nombre de plantes par mètre carré x nombre d'épis par plante (tallage épi) X nombre de grains par épi X poids du grain.

Or, on constate que :

— chaque variété de céréale possède *une composante prépondérante de rendement*, par exemple, le tallage-épi ou encore le poids du grain;

— pour une même variété, en l'absence d'accidents végétatifs (*verse*), il y a à l'intérieur de certaines limites, *action compensatrice* de chacune des composantes vis-à-vis de l'autre. Par exemple, chez un même blé d'hiver, en *l'absence de verse*, entre 100 et 400 plantes au mètre carré, on n'observe généralement pas de différence significative de rendement : en effet le nombre d'épis au mètre carré s'accroît mais le poids de grains par épi diminue.

Cependant, dès lors que le milieu varie au-delà de certaines limites (date, profondeur, densité du semis, fumure), il n'y a plus action compensatrice : le rendement croît ou décroît selon le facteur en jeu. La détermination et l'application des *techniques culturales les mieux adaptées à chaque variété* en chaque région sont fondamentales pour exploiter au mieux sa productivité.

### 4° QUALITÉ DES RÉCOLTES.

Multiplés et relatifs sont les critères d'appréciation de la qualité d'un produit d'origine biologique, d'une récolte de céréale en particulier. Cependant, un certain nombre de facteurs sont généralement retenus comme critères de qualité variétale chez les céréales. Ce sont les suivants :

#### a) Certaines caractéristiques physiques du grain.

— *Couleur*. Les maïs à grain blanc (en tant qu'aliment « blanchissant »), les avoines à grain noir, (parce que supposées fines) sont généralement payés plus cher.

- *Poids spécifique*. Plus il est élevé, plus le rendement meunier est important.
- *Humidité*. Une humidité trop forte à la vente est cause de réfaction.

### b) Aptitudes technologiques.

Un certain nombre de critères sont pris en considération :

- **valeur** meunière, force boulangère, chez le blé;
- teneur en extrait, teneur en protéines pour l'orge de brasserie.

### c) Valeur fourragère.

La richesse en amidon, en protéines brutes ou digestibles, matières grasses, cellulose, la teneur de la partie protéique elle-même en certains acides aminés (lysine, tryptophane, méthionine) sont autant de critères à prendre en considération pour estimer la valeur fourragère des céréales, de leur grain en particulier.

Au niveau variétal, les différences mises en évidence et exploitées intéressent la teneur en cellulose (avoine), en amidon (orge), en protéines (orge, maïs), en lysine (maïs), la qualité de l'amidon et des protéines (maïs).

## VI. DÉSHÉRBAGE DES CÉRÉALES.

C'est dans le domaine du désherbage des céréales, que les premiers herbicides sélectifs ont été étudiés et que les techniques ont atteint le plus haut degré d'efficacité.

### A. PRODUITS UTILISABLES.

Les produits utilisables actuellement (1970) sont nombreux. Ils appartiennent à au moins sept familles chimiques différentes :

- *les dérivés du phénol ou « colorants nitrés »* **DNOC** et **dinosèbe**;
- *les dérivés des aryloxyacides ou « hormones de synthèse »* : dérivés acétiques, **2,4-D**; **2,4 MCPA**; dérivés **propioniques**, mécoprop, ou **MCP**, dichlorprop; dérivés butyriques, **2,4 MCPB**;
- *les dérivés benzoïques* : dicamba;
- *les carbamates* : barbane, diallate, triallate;
- *les urées substituées* : **chloroxuron**, métouxuron, methabenz-thiazuron, néburon;
- *les nitriles* : **dichlobénil** et ioxynil;
- *les triazines* : atrazine, simazine, métoprotryne.

## B. ÉLÉMENTS DU CHOIX ET MODALITÉS D'EMPLOI DES HERBICIDES.

Les éléments du choix et les modalités d'emploi de ces divers produits sont fonctions de divers facteurs.

### a) Spécificité de l'action herbicide.

Les uns sont spécifiquement des *antidicotylédones*, tels les colorants nitrés. Les autres sont au contraire des *antigraminées*, tels les carbamates. D'autres sont plus *polyvalents*, tels les urées substituées.

Afin d'accroître le spectre d'efficacité du traitement, il est de plus en plus fréquent d'y associer deux ou plusieurs produits (ex.: MCPP + dicamba; 2,4-D + dinosébe).

**b) Stade de développement de la céréale** et corrélativement des adventices. Ainsi chez les *antidicotylédones* seront utilisables :

- du stade 3 feuilles à la fin du tallage : les colorants nitrés et ioxynil;
- du début du tallage à la fin de la montée : les hormones de synthèse, seules ou en association avec un colorant nitré (**dinosebe**) ou l'ioxynil;
- du début à la fin de la montée (jusqu'au gonflement exclu) les hormones de synthèse exclusivement (2,4-D et 2,4 MCPA; 2,4-D + MCPP, etc.).

Chez les *antigraminées* on utilisera :

- avant le semis (avec incorporation) : le triallate, dans le cas du désherbage de l'orge d'hiver et de printemps seulement;
- avant la levée de la céréale : le néburon, le nitrofène (ou l'association de ces deux produits), la terbutryne;
- après la levée de la céréale : le barbane (sur orge de printemps), le lénacile, le métoxuron, le métabenzthiazuron, la métoprotryne seule ou en association avec la simazine.

### c) Dose optimale d'action.

Toujours exprimée en kilogrammes de matière active totale à l'hectare, celle-ci est évidemment variable avec le **produit** utilisé.

D'une façon générale, on peut dire, qu'à l'exception de quelques produits (DNOC : 2,5-4 kg/ha, mécoprop : 2-2,5 kg/ha, néburon, métoxuron 3-4 kg/ha), la majorité des herbicides utilisés sur le blé, l'orge et l'avoine s'emploient à des doses voisines de 1-1,5 kg de matière active à l'hectare.

### d) État du sol.

Lors des traitements effectués au semis (traitements antigraminées) la préparation du sol joue un rôle capital.

Pour les produits autres que le triallate, l'application doit être effectuée après le semis, tout travail superficiel étant ensuite évité.

En terres argileuses ou riches en matières organiques (plus de 3 %) des doses plus élevées doivent généralement être employées (ex. : Néburon, Triazine).

### e) **Sensibilité spécifique et variétale.**

Certains herbicides ne sont utilisables que sur orge (barbane) ou sur maïs et sorgho (atrazine). Et à l'intérieur de chaque espèce des différences variétales de réaction existent également dont il conviendra de tenir compte.

## C. INTÉRÊT ÉCONOMIQUE DU DÉSHÉRBAGE DES CÉRÉALES.

L'intérêt économique du désherbage dépend d'une part du gain de rendement possible à l'hectare, d'autre part du prix de revient du traitement à l'hectare.

Selon DESAYMARD (1966) sur 25 désherbages effectués sur blé d'hiver et de printemps, orge d'hiver et de printemps, 10 ont entraîné une augmentation de rendement compris entre 10,4 et 27,3 %. Cet accroissement était dû, dans tous les cas, à une augmentation du nombre d'épis au mètre carré. Les désherbages non productifs correspondaient tous à des traitements tardifs, postérieurs à la fin du tallage. Compte tenu du prix de revient du désherbage (produit + épandage) la rentabilité peut atteindre 3 à 4 q/ha.

## VII. STOCKAGE ET CONSERVATION DES CÉRÉALES A LA FERME.

La généralisation de la moissonneuse-batteuse pour la récolte des céréales, le développement de la culture du maïs-grain également, ont conduit les exploitations céréalières à s'équiper pour stocker rapidement (en quelques heures) et conserver en bonnes conditions, en attendant leur consommation, ou leur envoi à l'organisme stockeur, des quantités importantes de céréales.

Si l'on excepte le maïs, qui peut être récolté et stocké en épi (crib) avant d'être battu, les céréales sont conservées en *grain*.

Le problème de la récolte et de la conservation des grains étant généralement développés dans les traités de Phytotechnie Générale, nous ne ferons, ici, qu'en résumer les éléments essentiels.

### 1° LES FACTEURS D'ALTÉRATIONS DES GRAINS DE CÉRÉALES EN COURS DE CONSERVATION.

Ceux-ci sont nombreux et de divers ordres.

#### a) **Les moisissures.**

Différents auteurs (C. M. CHRISTENSEN, H. KAUFMANN) ont établi le rapport étroit existant entre le développement des moisissures, telles que *Penicillium* et *Aspergillus* et les processus de dégradation des grains stockés.

Ces moisissures ne se développent qu'au-dessus d'un certain taux d'humidité : 12 % chez l'orge et 14 % chez le blé. À 16 %, la chute du pouvoir germinatif du grain de blé est déjà très rapide.

## b) La respiration du grain.

Substance vivante, les grains respirent, donc dégagent du gaz carbonique et de la chaleur. La respiration étant elle-même fonction de la *température*, la chaleur produite par le grain est fonction exponentielle de la température.

La respiration du grain est d'autre part fonction de son *taux d'humidité*.

## c) Les impuretés.

Les impuretés vertes, riches en eau, humidifient le reste des grains.

## d) Les insectes.

La prolifération d'insectes (alucites, charançons, punaises) constitue un danger non seulement au point de vue de l'hygiène mais aussi pour celui de la conservation : ces animaux respirent, donc élèvent la température des lots. Il est donc recommandé de désinsectiser de façon préventive avec une faible quantité d'insecticide.

## e) Le tassement.

En limitant les échanges de température avec l'extérieur il peut être cause d'échauffement localisé.

## 2° LES TECHNIQUES GÉNÉRALES DE STOCKAGE ET DE CONSERVATION.

## a) La réception.

Celle-ci se fait de plus en plus dans une *trémie*. Celle-ci facilite beaucoup la rotation des moyens de transport sur le chantier et constitue un facteur régulateur du débit des installations : si sa capacité est *suffisante*, en effet, les apports discontinus des grains se transforment en ruissellement continu vers les unités de nettoyage et de stockage.

Le CNEEMA préconise : pour 1 000 q stockables, une trémie de 8 m<sup>3</sup> soit 60 q; pour 3 000 q une trémie de 16 m<sup>3</sup> soit 120 q.

## b) Le nettoyage du grain.

Suivant l'importance des installations, trois types d'appareils sont généralement utilisés qui sont, par ordre de débit croissant : les *tarares*, les *séparateurs*, les *épurateurs* (surtout utilisés au niveau des organismes stockeurs).

## c) Le stockage proprement dit.

Il se fait en *cellules* de différents types.

1° *Simple cloisonnement*, par poteaux et planches, des surfaces (planchers) disponibles dans des bâtiments anciens. De telles cellules, très rudimentaires, à base carrée et rectangulaire, ont l'inconvénient de ne permettre que de faibles hauteurs de stockage.

### 2° Cellules en panneaux de fibres de bois comprimées.

Ces cellules en isorel ou isogil, de forme circulaire, ont l'avantage d'être économiques et faciles à monter par l'agriculteur mais ne permettent pas de dépasser 2,75 m de haut, quel que soit leur diamètre (1,75 à 3,50 m).

### 3° Cellules en tôle ondulée droite.

Leur solidité leur permet d'atteindre 6 m de diamètre et 4 m de hauteur.

### 4° Cellules en tôles ondulées cintrées.

Quel que soit le type de cellule, il faut prévoir des ouvertures pour :

- le dispositif de ventilation;
- le passage de la vis de reprise du grain;
- le trou d'homme permettant l'accès à l'intérieur de la cellule.

## d) La ventilation.

### I. VENTILATION DE MAINTIEN :

Elle a pour seul *but* d'empêcher la masse de grain de chauffer, en la maintenant à la température ambiante.

On estime qu'il faut 500 à 600 m<sup>3</sup> d'air par mètre cube de grain pour que toute la masse soit refroidie, c'est-à-dire en équilibre thermique avec l'extérieur. Avec un débit de 100 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup> et une hauteur de grain de 2 m, il faut *5 heures environ*.

D'une façon générale on s'arrange pour que le refroidissement de la masse totale de grain soit réalisé en *2 jours*, délai au-delà duquel il y aura début de détérioration du grain.

Lorsque le grain est refroidi, il faut le maintenir froid par ventilation continue : par exemple 12,5 m<sup>3</sup>/h pendant 2 jours, tous les 20 jours.

**La répartition de l'air** dans la cellule se fait généralement par *gaines de ventilation* disposées au fond de la cellule (une gaine principale et des gaines secondaires). La ventilation peut également être *radiale*. La *pression de l'air* à la sortie du ventilateur devra être d'autant plus forte que la couche de grain est plus épaisse. Pratiquement pour un blé :

- pour une hauteur de 1,50 m elle devra être de *31 mm*;
- pour une hauteur de 3 m, elle devra être de *117 mm*.

### II. VENTILATION SÉCHANTE :

Son but n'est plus seulement de refroidir mais de *sécher* la masse de grain le plus rapidement possible.

Pour cela il faut souffler de façon continue, de 40 000 à 60 000 m<sup>3</sup> d'air par mètre cube de grain, soit 100 fois plus que dans le cas précédent. Pratiquement, avec un débit de 120 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>, un air à 20 °C et 70 % d'humidité relative, il faut pour sécher un blé à 19 % d'humidité initiale, 14 jours de ventilation.

Suivant les variations d'humidité de l'air dans la journée ou la nuit, on ventilerà de façon continue et sans réchauffage (zone à climat sec : Limagne) ou uniquement de jour, sans réchauffage (zone assez humide : sud du Bassin parisien), ou de façon continue avec *réchauffage* de 2 à 3 °C (zone humide : régions littorales).

## BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE I

- BOURDET (A.). 1964. - Qualité protéique et force des blés. *Ann. Techn. Agricole*, vol. 13, 1, 45-66.
- CAUDERON (A.). 1953. — Le problème de la variété. *Journées nationales « Semences »*, 18-19 mai 1953, 13-19.
- COÏC (Y.). 1953. - *Bulletin Engrais*, févr.-avr. 1953.
- 1959. - La nutrition et la fertilisation minérale du blé d'hiver. *Bull. C.E.T.A.*, n<sup>os</sup> 63 et 64, nov. et déc. 1959.
- DESAYMARD (P.). 1966. - Intérêt économique du désherbage précoce des céréales. *C. R. Acad. Agric.*, 1037-1042.
- FAIVE-DUPAIGRE (R.), ROGNON (J.) et DE GOURNAY (X.). 1964. - La lutte contre le vulpin des champs dans les cultures de blé d'hiver. *Ann. Epiphyties*, 15, 4, 341-372.
- GESLIN (H.). 1944. - *Contribution à l'étude du climat du blé*. Thèse. Fac-Sciences, Paris, 116 p.
- GESLIN (H.) et JONARD (P.). 1948. - Maturation du blé et climat. *Ann. Nutrit. et Alimentation*, 2, 3-6, 111-121.
- GOUJON (M. C.), PAQUET (J.) et JONARD (P.). 1967. - La recherche agronomique et le blé. *Rev. Fr. Agric.*, 18, 27-50.
- JONARD (P.). 1949. - L'alternativité du blé. *ÔÙl Congrès Assoc. Française Avancement Sciences*, 126-127.
- 1951. - *Les blés tendres cultivés en France*, 491 p.
- 1956. - Étude critique de quelques techniques culturales pouvant être appliquées au blé dans la moitié Nord de la France. *Bull. Techn. Inf.*, 144, 763-769.
- 1964. - Étude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. *Ann. Amél. Plantes*, 14, 2, 101-130.
- JONARD (P.) et KOLLER (J.). 1951. - Les facteurs de la productivité chez le blé. *Ann. Amél. Plantes*, 2, 256-276.
- KOLLER (J.). 1962. - Résistance au froid du blé d'hiver. *Le Producteur agricole français*, 63, 12 janv. 1962.
- MAYER (R.). 1953. - Éléments du choix d'une variété de céréales pour un milieu donné. *Journées Nationales « Semences » 1953*, 20-29.
- MOULE (C.). 1970. - Principes et objectifs de la sélection végétale. *Tech. agricoles*, t. 2, 2340-2342.
- PEUIGNOT (R.) et RECAMIER (A.). 1965. - Utilité de rompre un assolement céréalier par d'autres cultures. *C. R. Acad. Agr.*, 1965, 389-399.
- POISSON (J.) et GUILBOT (A.). 1963. - Conditions de stockage et durée de conservation des graines. *La Meunerie Française*, 163, 19-29.
- PRATS (J.). 1966. - Situation, progression et perspectives de la production des céréales. *Bull. Tech. Inform.* 208, 275-301.
- ROGNON (J.). 1966. - Le désherbage des céréales. *Bull. C.E.T.A.* 128, 5-14.
- TEMLIER (P. D.). 1969. - Le marché des céréales. (*Rev. Franc. Agric.*, aut. 1969, 55-61.
- WHYTE (R. C.). 1946. - *Crop production and environment*. Londres.

## CHAPITRE II

# BLÉ TENDRE

*Triticum aestivum* L. (*T. vulgare* Villars.) (2 n = 42).

### I. ÉTUDE ÉCONOMIQUE.

#### A. LE BLÉ DANS LE MONDE.

##### 1° LA PRODUCTION.

En 1967-68, la superficie mondiale emblavée en blé était de *227 millions d'hectares (avec l'URSS)* et la production était de *3 milliards 300 millions de quintaux*, soit un rendement moyen mondial de l'ordre de *14,6 quintaux à l'hectare*.

Les principales régions productrices sont par ordre décroissant :

- la Russie, 930 millions de quintaux;
- l'Europe occidentale, 730 millions de quintaux;
- les États-Unis, 430 millions de quintaux.

Notons par ailleurs que les 6 pays du Marché commun totalisaient en 1968 383 millions de quintaux, ce qui plaçait la CEE au 4<sup>e</sup> rang des producteurs mondiaux. Comparées aux productions d'avant guerre, ces données démontrent, dans la plupart des pays, une augmentation de plus de *80 % de la production*, liée principalement à un accroissement des rendements (assez faible augmentation des surfaces : 25 %).

##### 2° LE MARCHÉ DU BLÉ.

Quatre faits marquants caractérisent l'évolution du marché international du blé depuis 1939.

###### a) Accroissement considérable des échanges.

Avant-guerre les échanges portaient sur 12 % de la production; aujourd'hui ils portent sur 19 %.

###### b) Modifications profondes de la structure du marché.

On a assisté à une baisse considérable des exportations d'Argentine et d'Australie. Par contre, accroissement très important des exportations des États-Unis et du Canada et apparition sur le marché de pays petits exportateurs, **jusque-là** importateurs, notamment la *France*.

### c) Essai d'organisation mondiale du marché du blé.

Un accord international sur le blé a été signé à Washington, sous l'égide de la FAO, en 1949, pour une durée de 4 ans. Il a été renouvelé plusieurs fois depuis.

Ayant pour but essentiel de stabiliser le prix du blé, l'accord repose sur un double engagement, pour les 48 pays signataires — exportateurs et importateurs — d'acheter et vendre une certaine quantité de blé à un prix librement débattu entre un minimum au-dessous duquel le pays vendeur peut refuser de s'engager et un maximum au-dessus duquel le pays acheteur peut refuser de traiter.

Les accords de 1959 et 1962 ont toutefois abandonné le principe des « quantités garanties »: les pays importateurs se sont engagés seulement à acheter *un pourcentage déterminé de leurs besoins* commerciaux aux pays signataires exportateurs, tant que les prix offerts demeurent compris entre le « prix-plancher » et le « prix-plafond » prévu.

Enfin, lors d'une Conférence Internationale sur le blé, réunie à Rome en août 1967, une « Convention relative au Commerce du blé » a reconduit l'ancien « Accord international sur le blé », avec, toutefois, des éléments nouveaux :

— apparition de la CEE, en tant qu'exportateur et importateur, avec un nombre de voix supérieur au total dont disposaient jusque-là ses pays membres, et à égalité avec l'Argentine et l'Australie;

— un engagement des importateurs à s'approvisionner, pour une proportion aussi forte que possible de leurs besoins commerciaux, auprès de pays membres de l'accord. Pour sa part, la CEE s'est engagée en tant qu'importateur, à un pourcentage d'au moins 80 %;

— une nouvelle définition des prix minima et maxima de transactions;

— un Conseil, un Comité exécutif et un Comité d'examen des prix sont chargés de la mise en oeuvre et du contrôle de la bonne exécution de la Convention.

### d) Extension du dirigisme dans tous les pays.

Né de la nécessité d'organiser la production durant la dernière guerre, le dirigisme a eu pour tâche de l'orienter, la paix revenue, en fonction des possibilités de retour plus ou moins rapide de chaque pays à une économie normale.

Il en est résulté *une dissociation entre le prix intérieur et le prix des transactions internationales*.

En chaque pays importateur et exportateur un *Office du blé* règle les prix à la production et à l'exportation.

A l'échelle des pays du Marché commun, l'organisation **du marché du blé s'inscrit** directement dans la mise en place du marché céréalier européen.

## B. LE BLÉ EN FRANCE.

### 1° ÉVOLUTION RÉCENTE DE LA PRODUCTION.

Passées par un maximum au **XIX<sup>e</sup>** siècle (7 millions d'hectares en 1868), les superficies ont sans cesse régressé depuis lors (voir chap. I, fig. I-1).

1904-1913 : 6 500 000 ha	1960 : 4 358 000 ha
1930-1939 : 5 200 000 ha	1965 : 4 466 000 ha
1955 : 4 554 000 ha	1970 : 3 908 000 ha

Or, malgré cette diminution considérable des emblavures, *la production n'a cessé de s'accroître*

1939 : 75 000 000 q	1965 : 142 000 000 q
1955 : 103 000 000 q	1970 : 124 000 000 q
1960 : 110 000 000 q	



Photo Min. de l'Agri. ic.

Une belle culture de blé d'hiver à maturité.

Ceci résulte d'une *amélioration constante des rendements* :

1868-1900 : 10 q/ha	1960-1964 : 27,7 q/ha
1934-1938 : 15 q/ha	1964-1966 : 30,2 q/ha
1950-1954 : 19,7 q/ha	1970 : 35,0 q/ha

Les principaux départements producteurs sont situés au nord d'une ligne La Rochelle-Belfort; la région du Nord et le Bassin parisien totalisent 70 % de la production, l'Ouest et le Centre-Ouest 18 %. Ceci, joint à la régression considérable des surfaces, montre que la culture tend à se localiser sur les meilleurs sols : il y a eu *élimination progressive des régions marginales*.

Ainsi, malgré une utilisation croissante du blé comme aliment fourrager (35 millions de quintaux en moyenne pour la période 1964-1969), la France est devenue largement excédentaire. Avec 15 à 25 millions de quintaux exportables, la France s'est placée au 5e rang des grands pays exportateurs.

## 2° FACTEURS D'ÉVOLUTION.

Les facteurs ayant présidé à cette évolution sont d'ordre à la fois économique et technique :

### a) L'organisation du marché.

Celle-ci a pris corps en 1936, au moment de la grande crise mondiale des céréales, avec la création d'un *Office National Interprofessionnel du Blé* (ONIB) dont les principes fondamentaux étaient les suivants :

- taxation du prix du blé, départ culture;
- livraison obligatoire aux organismes stockeurs;
- paiement intégral à la livraison garanti par l'aval de l'Office;
- élimination des excédents à la charge des producteurs;
- monopole des importations et exportations exercé par l'ONIB.

Depuis l'ONIB est devenu, en raison des résultats obtenus, l'*Office National Interprofessionnel des Céréales* (ONIC).

Lorsque les six États membres de la CEE ont décidé en 1962 d'organiser progressivement leur marché des Céréales, les buts poursuivis étaient les mêmes que ceux jusque-là recherchés, au niveau français, par l'ONIC, mais les moyens employés très différents :

- un *régime des prix plus libéral*, avec néanmoins un mécanisme de « soutien » (prix d'intervention);
- élimination progressive des *distorsions de concurrence* entre utilisateurs des six États membres;
- suppression de toute *limitation des importations et exportations* de céréales et produits dérivés.

Compte tenu de ces dispositions, l'ONIC :

- *a perdu*, dès 1962, le *monopole* des importations et exportations de céréales; la protection du marché communautaire contre les importations à bas prix est assurée par le régime des *prélèvements*; les exportations donnent lieu à l'octroi de *restitutions*;
- est devenu, pour la France, l'*organisme d'intervention* prévu par la réglementation communautaire;
- assure, en outre, une *surveillance permanente du marché*, délivre les certificats d'importation et d'exportation pour les restitutions, contrôle les opérations de dénaturation, d'incorporation des blés dans les aliments du bétail etc.

### b) La planification de la production.

En 1945, notre production de blé était tombée à 50 millions de quintaux. En 1947, la situation était aggravée par la destruction, durant l'hiver, de la moitié des emblavures.

Un premier plan d'expansion et de développement économique, dit *Plan Monnet* fut élaboré pour la période 1949-1952 qui fixait comme objectif des productions, en 1952 : 95 millions de quintaux avec 20,3 q/ha et comme moyen à mettre en œuvre :

- le contrôle plus rigoureux du commerce des semences;
- la vulgarisation des meilleures techniques de culture.

D'autres Plans ont suivi au cours desquels, sans atteindre toujours tous les objectifs, notre production n'a cessé d'évoluer dans le sens recherché.

### c) L'amélioration des techniques de culture.

Sous l'impulsion des différents Plans, d'importants progrès techniques ont été réalisés dans tous les domaines de la culture du blé :

- *fertilisation*, tout particulièrement fertilisation azotée;
- *variétés* : entrent successivement en culture, en 1946: 'Cappelle', en 1950 : 'Étoile de Choisy', en 1959 : 'Champlein';
- *désherbage* : généralisation de l'emploi de dés herbants chimiques (colorants nitrés, phytohormones);
- *récolte* : généralisation de la moissonneuse-batteuse.

## 3° PERSPECTIVES D'AVENIR.

La France est actuellement le premier producteur européen de blé : l'avenir de sa production demeure évidemment liée au développement du *Marché commun des céréales*.

Dans cette perspective, le 6e Plan prévoit pour 1975 une production de l'ordre de 160 millions de quintaux, la collecte devant se situer à 125 millions de quintaux. Cette production serait obtenue sur des superficies voisines de celles atteintes actuellement (3 800 000 ha) avec des rendements accrus (42 q/ha).

## II. LA PLANTE.

### A. CARACTÈRES BOTANIQUES.

#### 1° PLACE DU BLÉ TENDRE DANS LA CLASSIFICATION BOTANIQUE.

Le blé tendre appartient au genre *Triticum* espèce *æstivum* L (syn. *Triticum vulgare*, Villars.). Le genre *Triticum* comporte de nombreuses autres espèces, chacune d'elles étant composée d'un grand nombre de variétés botaniques.

La classification adoptée aujourd'hui par la plupart des auteurs (JONARD en France) est la suivante :

**Groupe diploïde** (2n = 14) ou groupe du *Triticum monococcum* L.

*Tr. ægilopoides* Link (syn. *Tr. spontaneum*), Engrain spontané.

*Tr. monococcum* L., Engrain. <sup>1</sup> *Tr. E* <sup>2</sup> *autre (Provence)*.

**Groupe tétraploïde** (2n = 28) ou groupe du *Triticum dicoccum* Schrank.

*Tr. dicoccoïdes* Koern., Amidonnier sauvage.

*Tr. dicoccum* Schrank., Amidonnier.

*Tr. durum* Desf., Blé dur.

*Tr. turgidum* L., Blé poulard.

*Tr. polonicum* L., Blé de Pologne.

*Tr. pyramidale*, Blé poulard d'Égypte, blé du Fayoum,

*Tr. persicum*, Blé de Perse.

*Tr. thimopheevi*.

**Groupe hexaploïde** (2n = 42) ou groupe du *Triticum sativum* Lamk.

*Tr. spelta* L., Epeautre<sup>1</sup>. *G d'èbe autre*.

*Tr. macha*, Blé Macha.

*Tr. compactum* Host., Blé hérisson.

*Tr. spherococcum*.

*Tr. vulgare* Vill. (syn. *Tr. æstivum* L.), Blé tendre.

*Tr. æstivum* L. (syn. *Tr. vulgare* Villars.), Blé tendre.

Divers travaux de cytogénétique (KIYARA, NISHIJAMA) ont par ailleurs montré que cette série **polyploïde n'a pas** pour base un seul génome de n = 7 chromosomes : les diverses espèces dérivent les unes des autres, non par **autopolyploïdie** (x fois n) mais par **allopolyploïdie**. Trois génomes A, B, D, de 7 chromosomes<sup>2</sup> chacun sont à la base de la série :

— Les espèces *diploïdes* (2n = 14) possèdent le génome A : 2n = 2A (soit 2 x 7).

1. L'épeautre est cultivé en Belgique, dans la région des Ardennes et de la Famenne (3 887 ha en 1964).

2. A titre indicatif, il n'y a pas dans le cas présent de génome C.

— Les espèces tétraploïdes ( $2n = 28$ ) possèdent les génomes A et B :  $2n = 2(A + B)$ , soit  $2(7 + 7)$ .

— Les espèces hexaploïdes ( $2n = 42$ ) possèdent les génomes A, B et D :  $2n = 2(A + B + D)$ , soit  $2(7+7+7)$ .

De plus l'étude des genres voisins du genre *Triticum* a révélé que chez certains *Ægilops*, le génome A était présent (*Ægilops ovata*), chez d'autres le génome B (*Ægilops speltoides*) ou D (*Ægilops squarrosa*).

Ceci tendrait à démontrer que le blé tendre pourrait être issu du croisement d'un blé tétraploïde par *Ægilops squarrosa*.

Afin de vérifier cette hypothèse, MAC FADDEN et SEARS (1945) ont tenté la synthèse du blé tendre par un croisement *Tr. dicoccoides* x *Æ. squarrosa*. Ils ont obtenu une espèce nouvelle présentant certains caractères communs avec le blé tendre.

## 2° ORIGINE GÉOGRAPHIQUE DU BLÉ TENDRE.

La culture du blé est très ancienne; elle remonte au néolithique, peut-être même au mésolithique (vers 7 000 av. J.-C.).

Heer a retrouvé dans les stations lacustres suisses une variété à petits grains (*Tr. anti-quorum*) dont la culture s'est maintenue jusqu'à l'époque romaine.

L'origine géographique du blé tendre demeure très discutée.

Selon VAVILOV, les trois groupes d'espèces du genre *Triticum* auraient 3 centres d'origine distincts :

— le foyer syrien et nord palestinien serait le centre d'origine du groupe diploïde (engrain); également serait le centre de diversification du groupe des *Ægilops* et *Secale* à  $2n = 14$ ;

— le foyer abyssin serait le centre de diversification des blés tétraploïdes;

— le foyer afghano-indien serait le centre des blés hexaploïdes;

— un quatrième centre, plus hypothétique, le Caucase où l'on rencontre des blés à  $2n = 28$  et  $42$ , serait un centre d'immigration secondaire.

Cette théorie est néanmoins très controversée, étant en désaccord avec les conclusions des cytogénéticiens.

## 3° CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE LA PLANTE.

La description que nous avons donnée de la morphologie d'une céréale au chapitre précédent (v. p. 11) se rapportant fréquemment au blé, nous ne mentionnerons ici que les traits caractéristiques de la plante.

**a) Le grain** est un caryopse nu, blanchâtre ou plus ou moins roux, de forme ovoïde, pesant de 40 à 50 mg.

La radicule est plus ou moins externe (caractère variétal); l'extrémité distale est velue (brosse).

**b) La plantule possède** au stade 4 feuilles :

— un système de 5 racines séminales, parfois complété par une racine d'épiblaste;

— un rhizome formé d'un seul entre-nœud (épicotyle);

— un plateau de tallage où se sont déjà différenciées, à la base des 3 premières feuilles, des bourgeons de talle;

— un coléoptile en voie de dépérissement, ayant parfois à son aisselle, une talle en voie de croissance;

— 4 feuilles visibles.

c) **La plante adulte** présente :

— un système racinaire fasciculé, peu développé (55 % du poids des racines entre 0 et 25 cm de profondeur);

— des chaumes d'abord remplis d'un parenchyme médullaire, devenant plus ou moins creux en vieillissant, portant de 7 à 8 feuilles;

— des feuilles dont les limbes portent à leur jonction avec la gaine, des oreillettes velues et une ligule;

— un épi blanc, parfois roux, dont le rachis porte alternativement à droite et à gauche un épillet, 12 à 15 en général (grande culture) ou plus 18-22 (pépinière);

— chaque épillet, parfois aristé, comporte 2 à 3 fleurs fertiles, autogames : la fécondation a lieu avant l'apparition des anthères à l'extérieur.

A ces trois stades de la vie de la plante de nombreux « petits caractères » (forme du bec de glume, de glumelle, pilosités, port au tallage, etc.) permettent de distinguer les variétés.

## B. DÉVELOPPEMENT.

Le cycle de développement du blé est celui qui a déjà été décrit au chapitre I pour l'ensemble des céréales.

Les phénomènes qui conditionnent chez le blé le passage d'une phase de développement à une autre ne sont pas encore complètement élucidés. Nous dégagerons cependant l'essentiel de nos connaissances dans ce domaine.

### 1° PÉRIODE VÉGÉTATIVE (semis-stade A).

a) **En jours courts**, d'automne ou d'hiver (inférieurs à 13 heures), la vitesse du développement dépend essentiellement de la *température* :

- d'une part, le stade A se réalise pour une somme des températures relativement constante (500 à 600 °C selon la variété); en conséquence suivant la date du semis ou les températures de l'automne, ce stade A sera atteint à une date très variable de début janvier à mi-mars;

- d'autre part, à cette date, les températures basses de l'hiver ont pu **vernaler** la variété et la rendre capable de réagir ultérieurement aux jours longs.

— Les variétés « hiver » (du type 'Minhardi', 'Heine VII') peuvent demander jusqu'à 60 jours de températures comprises entre 2 et 10 °C pour être totalement **vernalisées**.

— Les variétés « **demi-hiver** » (du type 'Cappelle', 'Étoile de Choisy') peuvent vernaliser en 30 à 40 jours.

— Les variétés « printemps » (du type 'Fylgia', 'Progress') sont pratiquement insensibles aux températures basses.

**b) En jours longs** (semis de printemps), le rythme de développement des variétés « hiver » se trouve inhibé : la somme des températures nécessaire à la formation des 5 premières feuilles et à la réalisation du stade A se trouve considérablement augmentée. Cependant si l'on soumet préalablement ce blé d'hiver à une vernalisation plus ou moins prolongée (30 à 40 jours à une température inférieure à 10 OC, au stade germination), ce blé acquiert l'aptitude à réaliser son stade A en photopériode longue.

Par contre, en jours longs, le rythme de développement des variétés de printemps ('Progress') est activé : le stade A se réalise pour une somme des températures inférieure à celle demandée en jour court.

Certaines variétés de printemps, de jour court (d'origine méridionale) ont à température égale, la même vitesse de croissance quelle que soit la durée du jour.

## 2° PÉRIODE REPRODUCTRICE.

### a) Phase de formation des ébauches d'épillets (phase A-B).

Cette seconde phase ne peut s'effectuer qu'en photopériode supérieure à 12 heures : de fin septembre à février, la formation des ébauches d'épillets est inhibée (sauf pour les variétés de printemps de type « méditerranéen »). Au-dessus d'une certaine photopériode critique, variable avec la variété :

- chez un type « printemps » la vitesse de formation des primordia ne dépendrait plus que de la *température moyenne* la somme des températures correspondant à cette phase est relativement constante;

- chez un type « hiver », la vitesse de formation des ébauches d'épillets semble dépendre d'une interaction température X allongement de la durée du jour.

— En jours croissants (mars, avril) les primordia se forment à une vitesse identique, essentiellement fonction de la température : la montée est normale.

— En jours stables (voisins de 16 heures) ou décroissants, donc pour des semis d'avril ou plus tardifs, il y aurait inhibition de plus en plus forte du développement; la montaison est anormale, hétérogène et à l'extrême, chez les variétés les plus « hivernées », peut devenir nulle.

### b) Phase de spécialisation florale (B .D).

En semis normal, la *température* est le facteur déterminant du développement : seule la somme des températures définit dès lors la durée de la phase.

Par contre, en semis tardif, il y a allongement considérable de la phase, quel que soit le type de développement (« hiver » ou « printemps ») dès que la durée du jour est voisine de 16 heures ou décroissante.

### c) Phase méiose-fécondation.

Cette phase dépend essentiellement de la température.

**Sur le plan pratique** on peut déduire de ces données qu'en semis normal (automne) et pour une variété déterminée :

— la réalisation du stade A sera plus ou moins précoce selon les *températures* de l'automne et de l'hiver;

— la formation des primordia floraux (stade B) s'achèvera sensiblement à la même date chaque année (action de la photopériode);

— l'épiaison et la floraison seront plus ou moins précoces selon les températures durant la dernière partie de la phrase reproductrice.

A l'échelle **variétale**, deux caractères agronomiques importants seront à considérer :

— *l'alternativité* traduisant principalement l'aptitude de la variété à **vernaliser** plus ou moins rapidement et à tolérer, ainsi, des semis plus ou moins tardifs.

— *la précocité d'épiaison ou de floraison* traduisant des exigences thermiques plus ou moins grandes de la variété au cours de ses différentes phases.

### 3° PÉRIODE DE MATURATION.

Rappelons simplement que celle-ci comprend, selon **GESLIN** et **JONARD**, 3 phases principales :

- une phase de multiplication cellulaire (10-12 jours);
- une phase de « palier » de poids d'eau (12-13 jours);
- une phase de dessiccation.

Cependant des études plus récentes (**PAQUET**) ont montré que :

— l'évolution de la matière sèche du grain depuis la floraison ne suit pas une courbe de croissance continue (courbe en S) mais comprend 6 phases successives ayant chacune d'elles une allure exponentielle (le logarithme du poids de matière sèche est fonction linéaire du temps);

— de façon synchrone, l'évolution du poids d'eau, de la fraction protéique et non protéique présente également 6 phases distinctes (fig. II-1).

## C. CROISSANCE.

### 1° ALLURE GÉNÉRALE DE LA CROISSANCE.

Dans une étude récente, **JONARD** a montré qu'en semis d'automne l'allure générale de la croissance en matière sèche d'un blé d'hiver, est non pas continue mais discontinue : elle présente aux époques de réalisation des stades successifs de développement, des ralentissements sensibles (fig. II-2).

On peut admettre que chacune des parties de la courbe générale d'allure exponentielle, représente l'accroissement d'un **entre-nœud** et de la feuille correspondante.



FIG. II-1. — Évolution des poids frais, sec, des fractions protéiques et non protéiques du grain en cours de maturation (d'après J. PAQUET).

2 En ordonnée : poids selon échelle logarithmique.

- 1. poids du grain frais;
- 2. poids de la matière sèche;
- 3. poids des matières non protéiques;
- 4. poids d'eau;
- 5. poids des matières protéiques.

En abscisse: somme des températures comptées depuis la floraison.

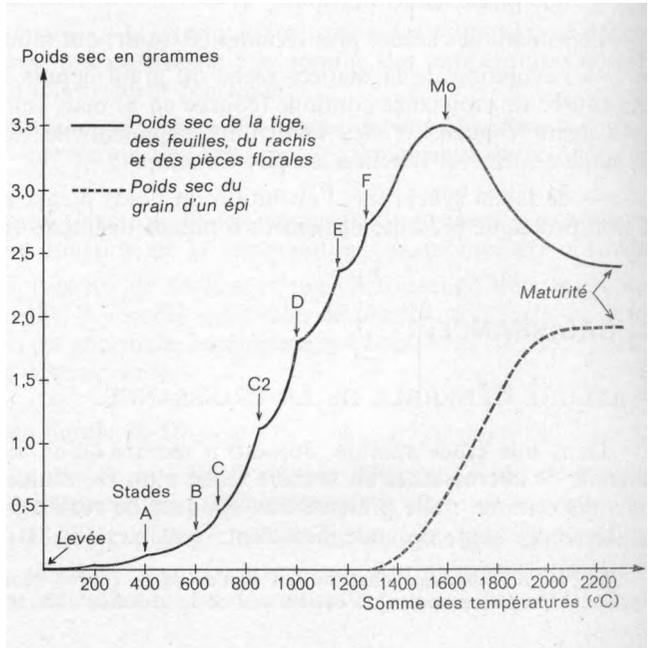


FIG. II-2. — Courbes d'évolution de la matière sèche de la tige principale et de l'épi. Variété 'Étoile de Choisy' (d'après JONARD)

La corrélation semblant exister entre ralentissements de la croissance et réalisation des différents stades de l'épi laisserait supposer que la croissance de l'entre-nœud serait inhibée au moment où les méristèmes de l'épi se divisent activement pour donner les ébauches de glumes, glumelles, étamines, etc.

A partir de la floraison, alors que l'élongation de la tige est arrêtée, la matière sèche de l'organe végétatif continue à croître pendant 10 à 22 jours jusqu'au point  $M_0$ . Celui-ci représente donc le maximum de matière sèche élaboré par la tige principale du blé.

Jusqu'à ce point  $M_0$ , le grain s'organise mais ses besoins sont bien inférieurs à ce que fournit la photosynthèse de la plante (moins de 25 %); plus des trois quarts de la matière sèche élaborée est donc stockée dans la tige.

Après  $M_0$ , la matière sèche de l'organe végétatif diminue régulièrement tandis que le poids de grain dans l'épi augmente. C'est aussi à partir de ce moment que les feuilles encore vertes, ainsi que la tige et enfin l'épi vont peu à peu se dessécher : cette dessiccation traduit la contribution de l'organe végétatif à l'accumulation des réserves dans les grains, les glucides solubles « migrent » de la tige vers ces derniers.

Il en résulte que plus longtemps quelques feuilles (1 à 2) resteront fonctionnelles (après une fumure azotée tardive, par exemple) mieux les grains seront nourris.

## 2° EXIGENCES CLIMATIQUES.

### a) Température.

En semis normal, la température est le facteur principal d'action sur la croissance.

Le zéro de germination du blé est, selon GESLIN, de 0 °C, la température optimale de germination se situant vers 20-22 °C, et la somme des températures semis-levée est de l'ordre de 121 °C.

JONARD a, par ailleurs, montré que pour des semis normaux de blé d'hiver la matière sèche formée durant les phases A-B et B-C<sub>2</sub> est en corrélation positive avec la somme des températures reçue.

Il n'en est par contre pas de même des phases ultérieures, l'évapotranspiration potentielle (ETP) demeurant le facteur limitant prépondérant.

### b) Lumière.

GESLIN a montré que, si l'on considère des semis normaux (octobre-février) d'une même variété de blé d'hiver, le facteur eau demeurant à l'optimum, une même quantité de matière sèche formée correspond sensiblement à la même valeur du produit P de la somme des températures par la durée moyenne du jour, valeur désignée *constante héliothermique*.

Plus précisément, selon le même auteur, la croissance serait fonction linéaire d'un facteur élémentaire d'action K égal au produit de la température moyenne par la racine carrée de la radiation globale. Ce facteur K correspond donc au travail effectué dans la photosynthèse dont les phénomènes de croissance sont la conséquence.

c) **Eau.**

Dès la germination, l'eau peut constituer un facteur limitant important de la croissance du blé.

Pour germer, le grain de blé doit absorber une certaine quantité d'eau. Bien que sa capacité d'absorption puisse atteindre 40 à 60 % de son propre poids, la germination commence lorsqu'il en absorbe 25 %.

Par la suite, à partir de la phase reproductrice, l'eau peut encore constituer un facteur limitant.

**JONARD** a montré que pour la phase  $C_2$ -F, le poids de matière sèche est en corrélation inverse avec l'ETP journalière : c'est en effet à partir d'avril que des valeurs journalières de l'ETP supérieures à 3 mm se rencontrent fréquemment, valeurs qui peuvent être effectivement défavorables à la photosynthèse.

De même, le poids de matière sèche élaboré par la plante du stade  $M_u$  à la maturité (correspondant à la photosynthèse nette) est en corrélation inverse avec l'ETP. Cette période correspond à une très forte accumulation d'amidon, dans les cellules de l'albumen : son début s'identifie, à quelques jours près, avec celui du « palier » hydrique. Tout excès d'évaporation ou déficit d'alimentation en eau aura pour effet de ralentir les synthèses et la migration des réserves vers le grain, ce qui se traduira par le phénomène de l'échaudage.

Sur le plan cultural, on peut donc considérer que le blé traverse en cours de végétation, deux périodes critiques principales :

- l'un se situant dans les 20 jours qui précèdent l'épiaison;
- l'autre se situant au moment de la maturation, tout particulièrement pendant le palier hydrique.

## 3° EXIGENCES AGROLOGIQUES.

a) **Nature du sol.**

Les meilleures terres à blé sont les terres de limon argilo-calcaires et **argilo-siliceuses** en raison de leur structure généralement bonne, de leur profondeur, de leur bon pouvoir absorbant, de leur réaction voisine de la neutralité.

Les terres très riches en humus (tels les tchernoziem ukrainiens), noires, bien aérées, nitrifiant régulièrement, sont les meilleures terres à blé du monde.

En terre très argileuse, les destructions en hiver sont généralement plus importantes, le démarrage de la végétation plus lent, l'asphyxie fréquente au printemps.

En terre calcaire, le déchaussement hivernal par suite du gel peut avoir des effets catastrophiques; par ailleurs il y a risque de sécheresse aux périodes critiques.

Quelle que soit, enfin, la nature du sol, le blé n'aime pas les terres à trop grands espaces lacunaires; il faut au semis une terre bien rassise, présentant une porosité maximum de 10 %.

Il faudra donc éviter de semer sur une terre « creuse », mais ne pas cependant

Essai comparatif de doses élevées d'azote sur parcelles traitées (1<sup>er</sup> plan) et non traitées (arrière-plan) au CCC.

Photo S.P.I.E.A.



rechercher une terre trop fine : le blé a une semence de taille moyenne, nue, s'imbibant bien; un sol légèrement motteux lui convient.

### b) Besoins en éléments fertilisants.

Bien que les chiffres varient selon les auteurs, en raison de l'influence des conditions de milieu (de l'alimentation en eau en particulier) sur la composition des grains et des pailles, on peut estimer les besoins par quintal de récolte fraîche totale (grain + paille) à :

2,1 à 2,7 kg d'azote	2,2 à 4,8 kg de K <sub>2</sub> O
1,0 à 1,6 kg de P <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,5 à 1,0 kg de CaO

Pratiquement une récolte de 45 q de grain par hectare prélève :

	<i>en azote</i>	<i>en phosphore</i>	<i>en potasse</i>
pour le grain .....	81 kg/ha	60 kg/ha	35 kg/ha
pour toute la plante .....	135 kg/ha	70 kg/ha	170 kg/ha

Mais plus que les besoins globaux, le problème le plus important est celui du *rythme d'absorption* des divers éléments (tableau II-1).

TABLEAU II-1. — Pourcentages des différents éléments absorbés aux divers stades de développement d'un blé d'hiver (d'après VINCENT)

STADES DE DÉVELOPPEMENT	N	P <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
Semis (20 octobre) .....	0	0	0	0
Fin tallage (9 avril) .....	28,0	20,0	34,0	4,9
Floraison (16 juin) .....	62,0	76,0	100	86,0
Maturité (1 <sup>er</sup> août) .....	100	100	93,0	100
Quantités totales absorbées pour 45q (en kg) .....	133	75	153	22

On constate que c'est durant la phase *tallage floraison* que l'absorption des principaux éléments est la plus importante.

La fixation sur le complexe absorbant des éléments phosphore et potassium et leur libération progressive feront qu'un apport précoce (au labour ou s'il y a lieu en couverture au printemps) satisfera cependant les besoins même assez tardifs du blé.

Il n'en sera pas de même de l'azote, élément très labile, à action brutale et non prolongée sur la croissance.

Coic a pu cependant préciser quelles lois gouvernent les besoins du blé au cours de sa croissance et quelle technique de fertilisation on peut en déduire.

1° Tout apport d'azote au tallage crée de nouveaux besoins d'azote au cours de la montée.

Coic compare dans une même expérience 4 traitements azotés :

1° Témoin : sans azote.

2° Azote en mars - 30 kg (tallage).

3/ Azote en mai - 30 kg (fin montée - épiaison).

4° Azote en mars et mai - 30 kg (tallage) + 30 kg (fin montée).

A partir de début juin, l'on constate :

- sur le traitement 2, un plus fort tallage que le témoin mais un feuillage jaunissant, très pauvre en azote traduisant une *faim d'azote*;

- sur le traitement 3, un tallage faible, voisin de celui du témoin mais un feuillage très foncé, beaucoup plus riche en azote que celui du témoin;

- sur le traitement 4, un fort tallage mais une couleur vert franc, semblable à celle du témoin; la teneur en azote des plantes est effectivement identique à celle du témoin (tableau II-2).

TABLEAU II-2. - Influence des apports échelonnés d'azote sur la teneur en azote : du grain des moitiés supérieures et inférieures des tiges et des feuilles, du rendement (d'après Coic)

Dates des prélèvements	TÉMOIN			AZOTE EN MARS			AZOTE EN MAI			AZOTE EN MARS ET MAI		
	Grain	Moitié supérieure	Moitié inférieure	Grain	Moitié supérieure	Moitié inférieure	Grain	Moitié supérieure	Moitié inférieure	Grain	Moitié supérieure	Moitié inférieure
2 juin	—	1,13	0,42	—	0,97	0,26	—	1,52	0,57	—	1,31	0,38
22 juin	1,53	0,85	0,35	1,55	0,50	0,19	2,25	1,25	0,53	2,22	0,85	0,33
6 juillet	1,52	0,41	0,26	1,41	0,30	0,19	2,08	0,56	0,36	2,00	0,42	0,23
21 juillet	1,62	0,32	0,26	1,51	0,28	0,21	2,35	0,43	0,37	2,09	0,36	0,23
Rendements à la récolte (q/ha)		17,5			29,5			19,4			32,8	

Ceci démontre que si l'on apporte une certaine quantité d'azote au tallage, il sera rapidement absorbé, provoquera une croissance active et un tallage supérieur au témoin sans azote; mais après utilisation de cet azote, ce blé ne disposera plus, comme le témoin, que de l'azote libéré par le sol, donc d'une quantité beaucoup moindre par talle : après une période de pléthore, le blé entrera dans une période de disette, il manifestera une *faim d'azote*.

<sup>2</sup> *Chaque apport d'azote peut, en fonction de sa précocité, agir sur une composante particulière du rendement.*

Un apport au *tallage* accroît le nombre d'épis par unité de surface, un apport demi-tardif au *début de la montée* accroît le nombre de grains par épi; un apport tardif à l'*épiaison*, augmente principalement le poids du grain et sa teneur en protéines.

De l'ensemble de ces observations, il ressort que la technique susceptible de satisfaire au mieux les besoins en azote de la plante est celle des *apports fractionnés* réalisés aux stades principaux de réalisation des composantes du rendement : début du tallage, début de la montée, début de l'épiaison.

TABLEAU II-3. - *Efficacité générale de la fumure azotée sur le blé d'hiver*  
(D'après les résultats S.P.I.E.A., 1967)

	1964	1965	1966	1967	MOYENNE 4 ANS
Nombre d'essais .....	104	130	268	298	801 (1)
Optimum (unités de N/ha) .....	110	96	120	133	115
Rendements du témoin (q/ha) .....	31,1	33,1	28,5	33,2	31,5
Rendements à l'optimum .....	44,9	45,6	44,0	52,8	46,8
Productivité de 100 kg/ha de N .....	13,4	12,6	14,5	17,5	14,5
Productivité à l'optimum (kg/unité de N) .....	12,5	13,0	12,9	14,7	13,3
Gain brut du rendement à l'optimum (q/ha) .....	13,8	12,5	15,5	19,6	15,4
Gain net de rendement à l'optimum (q/ha) .....	10,0	9,1	11,3	14,9	11,3

(1) Nombre total des essais de 1964 à 1967.

TABLEAU II-4. - *Productivité du kilogramme d'azote apporté sur blé  
entre 0 et 120 kg suivant la date d'apport (Bassin Parisien et Est)*  
(D'après résultats S.P.I.E.A., 1967)

ANNÉES	SEMIS	DÉBUT TALLAGE	FIN TALLAGE	MONTAISON
1965	7,9 (1)	9,6	12,6	8,5
1966	6,6	12,0	14,4	13,1
1967	14,8	17,4	18,9	17,6

(1) Kg de grain.

## D. ACCIDENTS VÉGÉTATIFS ET PARASITAIRES.

### 1° LE GEL HIVERNAL.

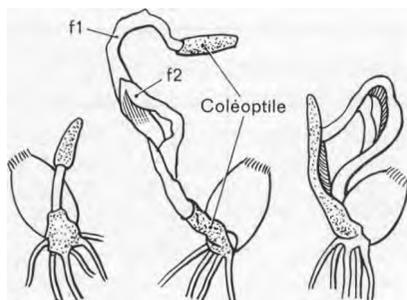
La destruction de la quasi totalité des **amblavures**, certains hivers particulièrement rigoureux, suffit à démontrer l'importance économique des dégâts dus au froid hivernal,

#### a) Symptômes de destruction (fig. II-3).

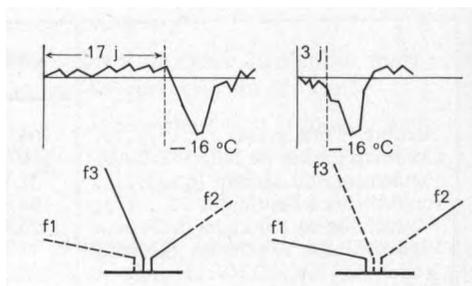
Les symptômes de destruction peuvent apparaître :

— *sur le coléoptile* durant la phase semis-levée. C'est l'organe le *plus sensible* de la plante. Lorsque les lésions sont graves, le stimulus apical disparaît et la croissance du coléoptile est arrêtée; la première feuille est alors incapable d'arriver à la surface du sol, tirebouchonne et la plante meurt avant d'avoir levé;

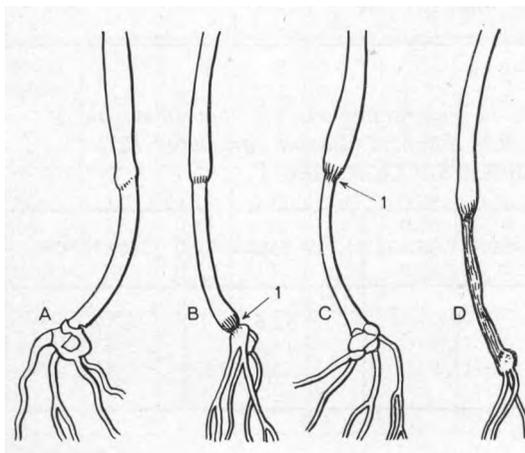
— *sur les feuilles*, les symptômes sont variables avec les conditions de la chute de température;



Dégâts sur les coléoptiles.



Dégâts foliaires (avec et sans durcissement).  
Schéma.



Dégâts sur le rhizome.

A, rhizome sain.

B, C, D, rhizomes présentant des dégâts dus à la gelée.

1, zone nécrosée.

FIG. II-3. — Résistance au gel hivernal  
(d'après JONARD).

Si celle-ci est *progressive*, les feuilles ou portions de feuilles les moins riches en sucre (donc les plus âgées) sont les plus atteintes.

Si celle-ci est *brutale*, les organes en pleine croissance (donc les plus jeunes) sont, en général, les plus touchés.

— *sur le plateau de tallage*. Beaucoup plus **souvent** que par dégâts foliaires les destructions par le froid sont la conséquence de lésions primaires localisées dans la zone médullaire, à la partie supérieure du plateau de tallage;

— *sur rhizome* : Celui-ci peut être détruit en entier ou atteint seulement en certains points : au niveau du *plateau de tallage* ou au niveau du *mésocotyle* donc près du grain.

Si les différentes assises (écorce, cylindre central) sont tuées il y a alors pourriture progressive du rhizome.

Si la zone corticale est seule atteinte, le cylindre central étant indemne, il y a alors course de vitesse entre les saprophytes envahissant bientôt le cylindre central et la formation des premières racines de tallage.

## b) Facteurs de variation.

### I. LES CONDITIONS DE LA CHUTE DE TEMPÉRATURE.

Les conditions de la chute de température (vitesse et minimum atteint) constituent évidemment le facteur principal.

Si la *chute est brutale*, il y a sortie rapide d'eau dans les méats intercellulaires, cristallisation et mort des cellules.

Si la *chute est lente*, il y a enrichissement des cellules en sucres, en certains radicaux thiol (composés SH) tels que cystéine et glutathion, finalement augmentation de la pression osmotique et mise en état de résistance à toute sortie d'eau de la cellule : on dit qu'il y a *endurcissement* de la plante au froid. Dans ces conditions, les dégâts sont toujours beaucoup plus faibles que sans *endurcissement*.

Pour qu'il y ait *endurcissement* il faut que la température demeure *légèrement supérieure à 0 °C pendant 15 à 30 jours* avant la chute finale.

Les conditions favorables à l'*endurcissement* sont donc très voisines de celles de la *vernalisation*. Effectivement, VINCENT et GOUJON ont pu montrer (1964) que :

— *l'endurcissement cesse au terme de la vernalisation* : des variétés de blé d'hiver ('**Min-hardi**', 'Heine VII', 'Cappelle') incomplètement vernalisées sont également incomplètement *endurcies*. Corrélativement, après plus de 30 jours de traitement vernalisant, les variétés de printemps ne réagissent pas à un abaissement de température de 10 °C à 2 °C, sur le plan du développement, et pratiquement pas sur le plan de la résistance au froid (elles ne sont capables que d'un *endurcissement* limité et peu durable).

— *l'endurcissement intervient au cours de la vernalisation* : les deux processus sont *associés* : Aucune des variétés d'hiver expérimentées n'est complètement vernalisée au bout de 35 jours courts à 10 °C. Toutes réagissent également à des traitements d'*endurcissement* (2 °C). Plus généralement, les variétés ayant des réponses analogues de vernalisation présentent des réponses d'*endurcissement* analogues (association).

— *la vitesse de vernalisation n'est cependant pas modifiée par un abaissement de la température alors que ce dernier est nécessaire à l'endurcissement* : Les traitements à 2 °C par exemple, augmentent de manière considérable la résistance au froid, mais n'ont pratiquement pas d'influence discernable sur la vernalisation.

Bien qu'associés, les deux processus d'endurcissement et de vernalisation *seraient donc distincts*.

Selon les mêmes auteurs, le processus d'endurcissement interviendrait principalement dans la *zone médullaire du plateau de tallage* et aussi dans les feuilles, zone et organes où se situent au stade herbacé les principales lésions consécutives au froid.

Selon enfin le *minimum atteint*, sans endurcissement au stade « 4 feuilles »;

à — 8 °C (sous abri) on observera quelques dégâts foliaires, fort limités;

à — 12 °C, les dégâts foliaires sont sérieux, sans mortalité de plantes cependant, chez un blé d'hiver de résistance moyenne;

à — 15 °C, il y a toujours destruction d'un certain pourcentage de plantes, selon la variété.

## II. LE STADE DE DÉVELOPPEMENT.

Au stade « *coléoptile* » (semis-levée) la plante est extrêmement sensible.

Au stade *1 à 3 feuilles* la plante est encore sensible, car toute destruction du rhizome prive la plante de son unique système de racines (primaires).

Au stade *4 feuilles à plein tallage*, la résistance devient maximale.

Par la suite, fin tallage — début montée, celle-ci diminue considérablement.

## III. LA PROFONDEUR DU SEMIS.

Les dégâts sont généralement d'autant moins graves que le semis est plus superficiel (rhizome court, tallage plus important).

## IV. LES CONDITIONS DE NUTRITION DE LA PLANTE APRÈS LE GEL.

Il faut assurer :

- un bon contact des racines survivantes avec le sol (roulage);
- une bonne alimentation potassique et azotée.

## V. LA VARIÉTÉ.

A l'échelle variétale, il existe des blés de résistances au froid différentes. Son déterminisme est complexe : diverses caractéristiques, les unes morphologiques, les autres physiologiques en sont les composantes.

### <sup>10</sup> *Relations de la résistance au froid avec des caractéristiques morphologiques.*

Divers auteurs ont mis en évidence des corrélations entre le degré de résistance au froid et certains caractères morphologiques :

- la profondeur d'enfouissement du plateau de tallage (FRIEDBERG);
- la présence d'une talle de coléoptile;
- le port des feuilles, généralement étalé chez les variétés résistantes;
- la dimension des cellules et la densité des stomates : les variétés résistantes ont, en général, de petites cellules et un nombre élevé de stomates (MAXIMOV, DIEHL).

Toutefois les relations existantes souffrent des exceptions :

## 2° Relation de la résistance au froid avec des caractéristiques physiologiques.

Selon MAXIMOV et DIEHL :

— les variétés résistantes ont, en général, une pression osmotique *plus élevée*, à stade de développement identique, que les variétés sensibles;

— les variétés résistantes (Minhardi) ont une pression osmotique extrêmement *fluctuante*; elle s'abaisse rapidement en période favorable à la croissance; elle s'accroît très vite dès que les conditions sont favorables à l'endurcissement. Les variétés sensibles présentent au contraire à cet égard une grande inertie.

Dans une étude plus récente, VINCENT et GOUJON ont montré que les courbes d'endurcissement au froid sont très variables suivant les variétés, mais sont homologues des courbes de vernalisation.

En particulier les variétés le plus « hiver » sont également celles qui s'endurcissent le plus rapidement ('Minhardi', 'Vorochilovskaja').

En résumé l'agriculteur dispose de quatre grands moyens de lutte contre le gel hivernal pour son blé d'hiver :

— choix d'une date de semis optimale (25 octobre-10 novembre en Bassin parisien);

— choix d'une variété résistante;

— semis peu profond;

— façons culturales après le gel (roulage, épandage d'azote).

## 2° LA VERSE MÉCANIQUE (OU PHYSIOLOGIQUE).

### a) Modalités.

La verse mécanique peut présenter plusieurs modalités

— *la verse radiculaire*. La plante est couchée sur le sol après déracinement total (système de racines de tallage insuffisant et trop peu profond);

— *la verse caulinaire*. C'est le type de verse le plus fréquent. Il affecte le bas de la tige trop fragile ou trop étiolée pour soutenir le poids des feuilles et de l'épi. Il en résulte une courbure au niveau des **entre-nœuds** de la base de la tige;

— *la verse nodale*, beaucoup plus rare, affecte tout particulièrement le **nœud** supérieur de la tige.

### b) Facteurs de verse.

Les conditions d'apparition de ces différents types de verse ont été précisées récemment par SOUBIÈS *et al* (1960).

Selon cet auteur, ces trois types de verse résulteraient d'un déséquilibre glucide/azote (rapport trop faible), chacun d'eux étant déterminé par le stade de croissance où ce déséquilibre apparaît :

— *la verse radiculaire* résulterait d'un excès d'azote au *départ de la végétation*, excès limitant le développement en profondeur du système racinaire;

— *la verse caulinaire* résulterait d'un *excès d'azote* ou d'un *déficit d'insolation à la montée* (allongement anormal des **entre-nœuds** et ralentissement de la lignification);

— *la verse nodale* résulterait d'un excès d'azote (ou d'un déficit de soleil) *en fin de végétation* (retard à la lignification de la base des entre-nœuds et notamment du dernier **entre-nœud**).

Corrélativement, divers facteurs seront causes de verse mécanique :

— *la densité du semis* qui entraîne un étiolement de la base des tiges (d'où verse caulinaire par déficit d'insolation à la montée);

— *la richesse du sol en azote* qui entraîne, selon le stade où l'excès se manifesterait, l'un des trois types de verse (généralement le 1<sup>er</sup> ou le second);

— *les accidents météorologiques* : de fortes pluies (orage), les vents violents sont des causes fréquentes de verse au stade floraison — début du grossissement du grain, alors que les chaumes *ne* sont pas encore lignifiés (verse caulinaire le plus souvent; en sol saturé d'eau, verse racinaire possible);

— *la hauteur de la plante*, caractéristique variétale.

En conséquence, *les moyens de lutte* dont dispose l'agriculteur sont de trois ordres :

— *semis aussi clair que possible* compte tenu du facteur rendement;

— *application de la fumure azotée optimale*, compte tenu du précédent cultural;

— *choix de la variété* (voir plus loin).

Très récemment a été démontrée l'action raccourcissante de la hauteur de la

Un blé d'hiver très fortement versé.

Photo Min. de l'Agric.



paille, du chlorure de **chlorocholine** ou CCC et son intérêt dans la lutte contre la verse physiologique.

Appliqué à la dose de 1,5 à 2 kg de matière active, au tallage, le CCC peut raccourcir les variétés de blé de 15 à 25 % de leur hauteur normale, ce raccourcissement portant surtout sur les **entre-nœuds** de la base de la tige dont le rôle est fondamental dans la résistance à la verse.

### 3° L'ÉCHAUDAGE.

Celui-ci se traduit par un aspect plus ou moins flétri du grain, des contours anguleux, un poids de 1 000 grains faible.

#### a) Causes.

Celles-ci sont nombreuses :

- la verse physiologique ou parasitaire (piétin);
- les attaques parasitaires (rouilles, oidium);
- les fortes températures (coup de chaleur).

#### b) Mécanismes physiologiques.

L'échaudage résulte d'un déficit dans l'alimentation en eau et d'un excès d'évaporation, donc d'un déséquilibre *absorption-transpiration*. Les perturbations enregistrées sur l'évolution de la matière sèche sont étroitement liées au stade de la maturation où le coup de chaleur apparaît.

Selon **GESLIN** et **JONARD** si ce dernier survient *avant le palier* de poids d'eau on n'observe pas d'anomalies des courbes de croissance de l'eau et de la matière sèche dans le grain. S'il survient *pendant le palier* l'échaudage est d'autant plus important qu'il est plus précoce. S'il survient *après le palier* l'échaudage est nul : seule la dernière phase de maturation (dessiccation) est plus rapide.

Toutefois, selon des observations plus récentes de J. **PAQUET**, faites en conditions artificielles, le grain peut échauder durant toute la période de maturation; mais l'échaudage maximum est obtenu durant la phase III, correspondant à la première partie du « palier ». Il s'accompagne d'une augmentation de la teneur en matières protéiques.

Quoi qu'il en soit le grain traverse donc, au cours de sa maturation, *une phase critique de sensibilité à l'échaudage*.

#### c) Moyens de lutte.

Le choix de variétés *très précoces*, ayant « mûri » leur grain avant la période de grande fréquence des coups de chaleur demeure, pour l'instant la meilleure méthode de lutte, bien qu'il existe une résistance génétique à l'échaudage (voir plus loin).

### 4° LA COULURE.

Les vents froids, les brouillards, des carences nutritionnelles passagères peuvent engendrer la non fécondation des épillets terminaux, également des deuxième et troisième fleur de chaque épillet.

## 5° AFFECTIONS PARASITAIRES.

a) La rouille noire (*Puccinia graminis tritici* Pers.).

C'est la plus dangereuse des trois rouilles en Bassin parisien et dans le sud de la France, mais heureusement la moins fréquente.

Les premières urédosores peuvent être observées dès le mois de mai certaines années, généralement fin juin à début juillet.

Les téléutospores apparaissent à la mi juillet sur les gaines foliaires, le chaume, le col de l'épi. A ce stade les conséquences sont toujours très graves : les grosses déperditions d'eau qu'occasionne le parasite au moment du « palier », engendrent un *échaudage pathologique*.

La rouille noire comporte de nombreuses  *races physiologiques* (plus de 200 races selon STAKMAN). En France, selon GUYOT et MASSENOT, 28 races au moins existent. La plus commune est la race 21; la plus virulente, mais heureusement très localisée, est la race 15 B.

D'importantes différences variétales de résistance à ce parasite existent dont l'agriculteur devra tenir compte pour le choix de la variété.

b) La rouille jaune (*Puccinia glumarum* Eriks. et Henn.).

Elle se caractérise par des urédosores jaune-orangé, disposées en *lignes* à la face supérieure des limbes; les feuilles sont d'abord atteintes, puis les gaines, tiges, épillets.

Peu exigeante en chaleur, elle se rencontre surtout dans les régions à hiver assez doux et printemps humide (Ouest, Nord-Ouest). En hiver très doux, il est fréquent d'observer dès janvier, quelques pustules sur feuilles (premiers foyers d'infection).

Comme la rouille noire, elle comporte de nombreuses races (31 environ d'après STAKMAN).

Des différences variétales de résistance existent.

c) La rouille brune (*Puccinia triticina* Eriks.).

Les urédosores sont brunes, arrondies, réparties au hasard, à la face supérieure des feuilles. Les organes atteints sont surtout les feuilles et les gaines (rouille de feuille).

C'est une rouille plus exigeante en chaleur que *P. glumarum*, mais moins exigeante que *P. graminis* : apparition fréquente en mai-juin ; cependant elle peut hiverner à l'état d'urédosores comme la rouille jaune si l'automne et l'hiver sont doux et humides.

Ce nombreuses races physiologiques de rouille brune (une quarantaine) ont été identifiées. Une résistance variétale existe également.

d) Le charbon nu (*Ustilago tritici* (Pers.) Rostr.).

C'est un charbon à *infection florale* : la spore (*chilamydospore*) germe et pénètre dans l'ovule au moment de la floraison : donc lorsque le grain est mûr

le parasite est déjà *dans l'embryon*. Il y développe un filament mycélien qui gagnera, après le semis, le point végétatif de la plantule et montera en même temps que l'épi. Il fructifiera en donnant des **chlamydospores** après destruction totale de l'inflorescence (épis noirâtres). Sauf chez les variétés extrêmement sensibles, les **dégâts** sont généralement peu graves (2-3 % épis charbonnés).

*Les moyens de lutte* sont :

- le traitement des semences à l'eau chaude (30 OC, 2 heures; 52 °C 20 minutes) et, mieux encore, à la *carboxine*, à la dose de 300 g par quintal;
- la résistance variétale.

#### e) **La carie** (*Tilletia caries* (DC.) Tul.).

Sa biologie est voisine de celle du charbon, si ce n'est que l'infection est *germinative* : la spore pénètre dans la jeune plantule au moment où celle-ci entre en germination.

Jusque-là le parasite demeure *extérieur* à l'embryon. Ici, à la différence du charbon, les pièces florales et les enveloppes du grain sont respectées : seul l'albume et l'embryon sont détruits et remplacés par les chlamydospores.

L'épi carié se reconnaît de loin, à une coloration vert sombre, un aspect ébouriffé et à une forte odeur; la plante cariée est également plus courte qu'une plante saine.

*Les moyens de lutte* sont :

- le traitement des semences avec un produit organomercurique;
- la résistance variétale.

#### f) L'oidium (*Erysiphe graminis* DC.).

C'est un feutrage mycélien grisâtre qui apparaît d'abord sur les feuilles de base (face inférieure généralement) puis les feuilles et gaines des parties moyennes et supérieures de la plante. Il est fréquent en printemps chaud et humide, en semis également dense sur un sol riche en azote.

Il y a une résistance variétale.

#### g) **Les piétins**.

<sup>1°</sup> **PIÉTIN-VERSE** (*Cercospora herpotrichoides* Fron).

Ce piétin se développe tout particulièrement en automne et hiver doux, suivis d'un printemps humide (optimum de croissance entre 5 et 25 OC, avec une humidité relative de 75 %). En attaque précoce (décembre) les premiers symptômes sur la gaine de la première feuille se caractérisent par une lésion de forme elliptique de 1 à 2 cm de long, de couleur brune, plus claire en son centre. Successivement les autres gaines foliaires sont attaquées, puis les bourgeons de talles et les tiges à la montée : on observe des *taches ocellées*, en médaillon, à bordure brune et centre blanc.



Septoriose  
(*Septoria nodorum*)  
sur épi (attaque débutant  
par le bec des glumelles).



Photos 11

Symptômes caractéristiques du piétin-verse  
(*Cercospora herpotrichoides*)  
sur gaines foliaires et base des tiges.

Cette tache peut rester localisée ou faire le tour de la tige jusqu'à désagrégation des tissus et verse.

*Les conséquences culturales* d'une attaque de piétin-verse sont :

- une réduction du *tallage* (jusqu'à 25 % en forte infection);
- une chute des *rendements* (de 20 à 70 % selon la précocité d'attaque et le degré de verse).

La conservation du parasite est surtout assurée dans le sol (débris de chaumes).

*Les moyens de lutte* sont :

- la rotation (jamais blé sur blé ou blé sur orge);
- la résistance variétale (quelques variétés moins sensibles).

## 2° PIÉTIN-ÉCHAUDAGE (*Ophiobolus graminis* Sacc. *Linocarpon cariceti*).

C'est un parasite grave et fréquent dans certaines régions, la Bretagne en particulier.

Les symptômes sont très caractéristiques : le système racinaire et les bases des chaumes deviennent noirâtres, les épis blanchissent avant maturité, le tallage et l'épiaison sont parfois très réduits (pas plus de deux talles par plante), les rendements très faibles. Il est fréquent en Bretagne dans les sols de landes défrichés depuis peu et fortement chaulés (modification brutale de la microflore).

*Les moyens de lutte* peuvent être :

- l'introduction de plantes sarclées dans la rotation;
- des apports tardifs d'azote au printemps.



Photos INRA

Attaque de fusariose (*Fusarium nivale*).  
A gauche : sur plantules de blé. A droite : sur glumelles.

### i) Les septorioses.

*Septoria tritici* se développe sur le blé au cours des hivers doux. Il développe sur les feuilles des taches jaunes, puis brun-clair, devenant coalescentes, jusqu'à dessèchement des feuilles.

*Septoria nodorum* s'attaque aux **nœuds** de la tige qui deviennent mous, puis à l'épi et au bec de glumes (brun-noirâtre).

On peut limiter les dégâts de septoriose par traitement des semences aux produits organomercuriques.

### j) Les fusarioses.

*Fusarium nivale* (Fr.) Ces. est l'agent de la « pourriture nivale » c'est-à-dire de la fonte des semis de fin d'hiver. Cette maladie est commune dans les régions froides du nord de l'Europe. En France elle se rencontre fréquemment encore dans l'Ouest et le Nord.

Le parasite provoque des lésions sur coléoptile et sur la première feuille des jeunes plantules, entraînant des courbures plus ou moins fortes et finalement la non-levée. Le même agent peut également être responsable d'un échaudage parasitaire par attaque des épis et des caryopses, et **d'un** échaudage physiologique consécutif aux lésions du collet, des **nœuds** et quelquefois même des racines.

Actuellement *F. nivale* peut être efficacement combattu par traitement des semences à l'aide de produits tels que l'Oxyquinoléate de Cuivre, les **Organomercuriques** ou le **Manèbe**.

*Fusarium roseum* est responsable comme *F. nivale* de manques à la levée, de lésions au niveau des **nœuds**, d'un envahissement des épis et des grains. Mais, en outre, il détermine des attaques du collet et de la base du chaume qui associées à des pourritures de racines constituent un « piétin ».

*F. roseum* par ailleurs comporte au moins trois variétés botaniques :

— *F. roseum* var. *culmorum*, le plus répandu au nord de la Loire et en régions continentales.

— *F. roseum* var. *graminearum*, plus localisé aux régions à hivers doux (Ouest atlantique, région méditerranéenne).

— *F. roseum* var. *avenaceum*, réparti de façon plus homogène, à pouvoir pathogène plus limité.

Les causes de l'extension de cette fusariose dans les régions céréalières sont de trois ordres principaux :

— l'adoption de plus en plus fréquente d'un assolement céréalier dans lequel le blé dur et surtout le maïs, espèces très sensibles, sont fortement représentées;

— la simplification des techniques de préparation du sol (combinaisons du broyage des chaumes de maïs et du labour);

— la quasi inefficacité des produits classiques de traitement des semences.

Les moyens de lutte demeurent donc principalement *d'ordre cultural* : éviter les rotations telles que maïs-blé dur; débarrasser les couches superficielles du sol des résidus de culture constituant un support très favorable à la multiplication des champignons. Cependant l'apparition de *fungicides systémiques* (thiabendazole) permet d'espérer une protection plus durable de la jeune plantule que ne le permettent les fungicides traditionnels.

#### k) **L'ergot du blé** (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.).

C'est vers 1961 que cette maladie est devenue fréquente en France sur blé (blé dur également).

L'agent parasitaire est susceptible de s'attaquer à toutes les graminées cultivées dans nos régions — sauf au maïs et au sorgho — et à certaines graminées sauvages (Pâturin, Vulpin, Dactyle), lesquelles participent à la multiplication et au maintien du parasite.

La maladie se caractérise par l'envahissement des organes floraux par le champignon et le développement, 1 mois à 1 mois 1/2 après la contamination, d'un sclérote ou « ergot » entre les pièces florales.

L'ergot est favorisé par une période chaude et humide pendant la floraison du blé, la sensibilité de la plante étant maximale juste avant floraison. Le précédent cultural intervient également : un blé après maïs ou tournesol est toujours moins ergoté qu'un blé sur blé. Pour l'instant seules *les méthodes culturales* peuvent constituer un moyen de lutte : rechercher une floraison précoce, faucher avant l'épiaison les graminées de bordure ou les détruire par desherbage chimique.

#### b) **Les parasites animaux.**

Citons les taupins, les vers blancs, la mouche grise (Hylémie), l'oscinie, les cécidomyies.

## H. LES VARIÉTÉS CULTIVÉES.

### A. HISTORIQUE.

Plusieurs étapes peuvent être distinguées dans l'histoire des variétés actuelles.

#### 1° Première période : les blés de pays.

Il y a un siècle, la quasi totalité des blés cultivés étaient des « blés de pays », c'est-à-dire des variétés-populations, constituées d'individus ayant en commun un certain nombre de caractères d'adaptation aux facteurs du milieu.

**Exemple** : populations de l'Est de la France, particulièrement résistantes au froid : 'Rouge d'Alsace', 'Mouton', '**Moutot**', Barbus de l'Est', etc.

Ces populations étaient par ailleurs, hétérogènes, il s'agissait d'un mélange de lignées pures et de génotypes plus ou moins hétérozygotes, issus d'hybridation naturelle ou de mutations.

Il s'agissait donc de variétés bien adaptées aux conditions *locales*, mais assez peu productives et toutes, en particulier, *sensibles à la verse* (paille haute).

C'est vers 1870 que commence à se répandre en France un groupe nouveau de blés : les blés d'Aquitaine.

#### 2° Les blés d'Aquitaine.

Ces blés dérivait de types isolés dans des envois de blés en provenance d'Odessa et dont le plus connu est le blé dit *de Noé* trouvé en 1826 par **PLANTE** meunier à Nérac et propagé en Aquitaine, puis en Brie et en Beauce par le marquis **DE NOË**.

Ce blé de Noé était, en réalité, une population d'où ont été tirées par sélection plus ou moins empirique, quelques variétés : 'Rouge de Bordeaux', 'Japhet', Gros bleu'.

Ces blés d'Aquitaine présentaient :

- une résistance moyenne à la verse;
- une grande souplesse d'adaptation (grande aire de culture);
- une certaine précocité;

mais une grande sensibilité à la rouille jaune et au froid.

En 1880, ils s'étaient répandus dans le Sud-Ouest, le Centre, le Nord de la France, mais ici se heurtaient à un autre groupe : les blés anglais.

#### 3° Les blés anglais.

Ces variétés ('Chiddam d'Automne', Squarehead') étaient généralement tardives mais très productives, et assez résistantes à la verse.

Considérant l'aspect complémentaire des caractéristiques des blés d'Aquitaine et des blés anglais, Henry **DE VILMORIN** eut l'idée de chercher à les réunir par voie d'hybridation.

#### 4° Les blés de Vilmorin.

Le premier blé obtenu par hybridation (**DATTEL**, 1884) était issu de deux variétés anglaises : 'Chiddam d'automne' x 'Prince Albert'. Cependant, dès 1874, des hybridations '**Noë**' X blé anglais, sont entreprises qui aboutiront entre 1890 et 1910 à une série de variétés :

- 1889, 'Bordier' (Noé X Prince Albert);
- 1905, 'Bon fermier' (Gros bleu x Blé-seigle);
- 1908, 'Hâtif inversable' (Gros bleu x Chiddam d'automne).

Dès 1918, les blés de pays, n'occupaient que la moitié des emblavures, les blés d'Aquitaine le cinquième, les blés de **Vilmorin** le reste (avec 2 variétés : 'Bon fermier' (1 000 000 ha), 'Hâtif inversable' (400 000 ha).

## 5° Les blés de Schribaux.

Dès 1890, le professeur **SCHRIBAUX** montre le danger de la sélection jusqu'alors pratiquée depuis 20 ans par les **VILMORIN**, orientée exclusivement vers *l'accroissement de la productivité* et ayant pour base l'utilisation réitérée des *mêmes géniteurs*.

Il met en évidence la nécessité d'améliorer également la *régularité des rendements* et de recourir pour cela à des *géniteurs de résistance* aux accidents végétatifs (froid, rouilles).

Les hybridations qu'il réalise conduisent à une série nouvelle de blés : 'Hybride à courte paille', 'Institut National Agronomique' et surtout à des séries de lignées pures, reprises à nouveau comme géniteurs (série K, en particulier).

## 6° Les blés modernes.

A partir de 1920, on assiste à un grand développement des travaux de sélection :

- à la fois *officiels* : création des Stations d'amélioration des plantes,
- et *privés* : développement des établissements de sélection (Desprez, Blondeau, etc.).

De nombreuses variétés étrangères sont introduites et utilisées comme géniteurs de résistance au froid, aux rouilles, à la carie, de précocité, de valeur boulangère ('Oro', 'Ardito', 'Thatcher', etc.).

Aujourd'hui, toutes les variétés de blé cultivées en France sont des *lignées pures*, issues d'hybridation, associant de façon diverse une bonne productivité (de l'ordre de 65 q/ha) et des facteurs de régularité de rendement : 'Cappelle' (Desprez 1948), Étoile de Choisy (INRA, 1951), 'Champlain' (Cl. Benoist 1958), figurent parmi les variétés les plus cultivées.

## B. MÉTHODES D'AMÉLIORATION.

Leur objectif commun est l'obtention *d'une lignée pure mieux adaptée* que les variétés — populations ou lignées pures anciennes.

Plusieurs méthodes sont possibles :

- la sélection massale,
- la sélection généalogique dans une population après hybridation **intervariétale** ou interspécifique ou après mutation.

Cependant l'obtention de blés hybrides, exploitant le phénomène d'hétérosis observé en  $F_1$ , entre une lignée mâle stérile (= femelle) et une lignée mâle (pollinisatrice) fait l'objet actuellement de travaux en France et à l'étranger.

### 1° LA SÉLECTION MASSALE.

Elle consiste dans le choix d'individus dans une population dite « de départ » et la multiplication en mélange de leur descendance (sélection massale simple). Cette sélection sera en général répétée chaque année (sélection **massale** annuellement répétée). Elle pourra s'accompagner de la séparation annuelle de plusieurs types (coloration d'épis, couleur du grain, etc.) dans la population (sélection massale avec séparation de formes). Au bout de  $n$  années, on aboutit à une variété nouvelle, différente de la population de départ. Une telle méthode de sélection a l'avantage d'être *simple* (à la portée de tout agriculteur) et d'être **efficace**.

Cette **efficacité** n'est cependant que toute relative : elle dépend du génotype auquel correspond le phénotype sélectionné.

Si ce génotype est homozygote : la sélection est très **efficace**, l'individu choisi se reproduisant par autofécondation identique à lui-même pour le caractère sélectionné.

Si ce génotype est, soit homozygote soit hétérozygote (caractère dominant), l'efficacité de la sélection est déjà moindre, puisque les individus sélectionnés hétérozygotes auront une descendance composée, pour un quart, du phénotype récessif.

Si ce génotype est uniquement hétérozygote, la sélection est **inefficace**, le caractère est **infixable**, puisqu'à chaque génération, apparaîtront un quart de récessifs et un quart de dominants homozygotes.

D'autre part, la sélection massale ne peut conduire à la *lignée pure*, mais à un mélange, plus ou moins variable, de génotypes ayant seulement en commun un certain nombre de caractéristiques phénotypiques.

Au contraire, la sélection individuelle ou généalogique permet d'obtenir une telle variété-lignée pure.

## 2<sup>0</sup> LA SÉLECTION INDIVIDUELLE OU GÉNÉALOGIQUE

À l'opposé de la sélection massale, la sélection généalogique consiste à choisir les individus non plus d'après leur seul phénotype, mais *d'après les caractéristiques de leur descendance*.

### a) Sélection généalogique dans une population (fig. II-4).

On choisit dans la population de départ des individus et l'on sème non plus en mélange, mais *séparément* leurs descendance : si l'on part de  $n$  individus, l'on cultive ainsi  $n$  descendance ou *lignées*.

À la génération suivante, seule une faible fraction de ces lignées sert à effectuer un nouveau choix d'individus. Leurs descendance constitueront alors des *familles de lignées*.

La sélection des meilleures familles et, dans chaque famille, des meilleures lignées, se poursuit de la même façon à chaque génération jusqu'à l'obtention de la *lignée pure*.

En effet, à chaque génération, les génotypes hétérozygotes existant dans la population vont par autofécondation donner une descendance composée pour moitié d'hétérozygotes et pour moitié d'homozygotes (un quart dominants, un quart récessifs).

La proportion d'hétérozygotes diminuant de moitié à chaque génération, au bout de  $n$  générations (10 à 12) notre population ne sera plus composée que d'un mélange de génotypes homozygotes donc de *lignées* pures. Mais la technique de sélection ayant parallèlement séparé, à chaque génération, les descendance, chacune des lignées subsistant en fin de sélection sera une *lignée pure*.

Cette méthode est donc simple et **d'efficacité** certaine. Elle ne permet cependant d'obtenir que des progrès limités, en raison de la variabilité généralement trop faible des variétés-populations; par ailleurs, une fois les lignées pures nouvelles obtenues, toute sélection à l'intérieur de chacune d'elles demeure nécessairement **inefficace**. Il faut alors faire appel à *l'hybridation*.

### b) Sélection généalogique après hybridation **intervariétale** (fig. II. 4).

Dans ce cas, la population de départ est la *génération F<sub>2</sub>* issue de l'hybridation entre deux variétés lignées pures. C'est en **F<sub>2</sub>**, en effet, suivant les lois de Mendel, que se disjoignent et se recombinent de façon variée les caractéristiques

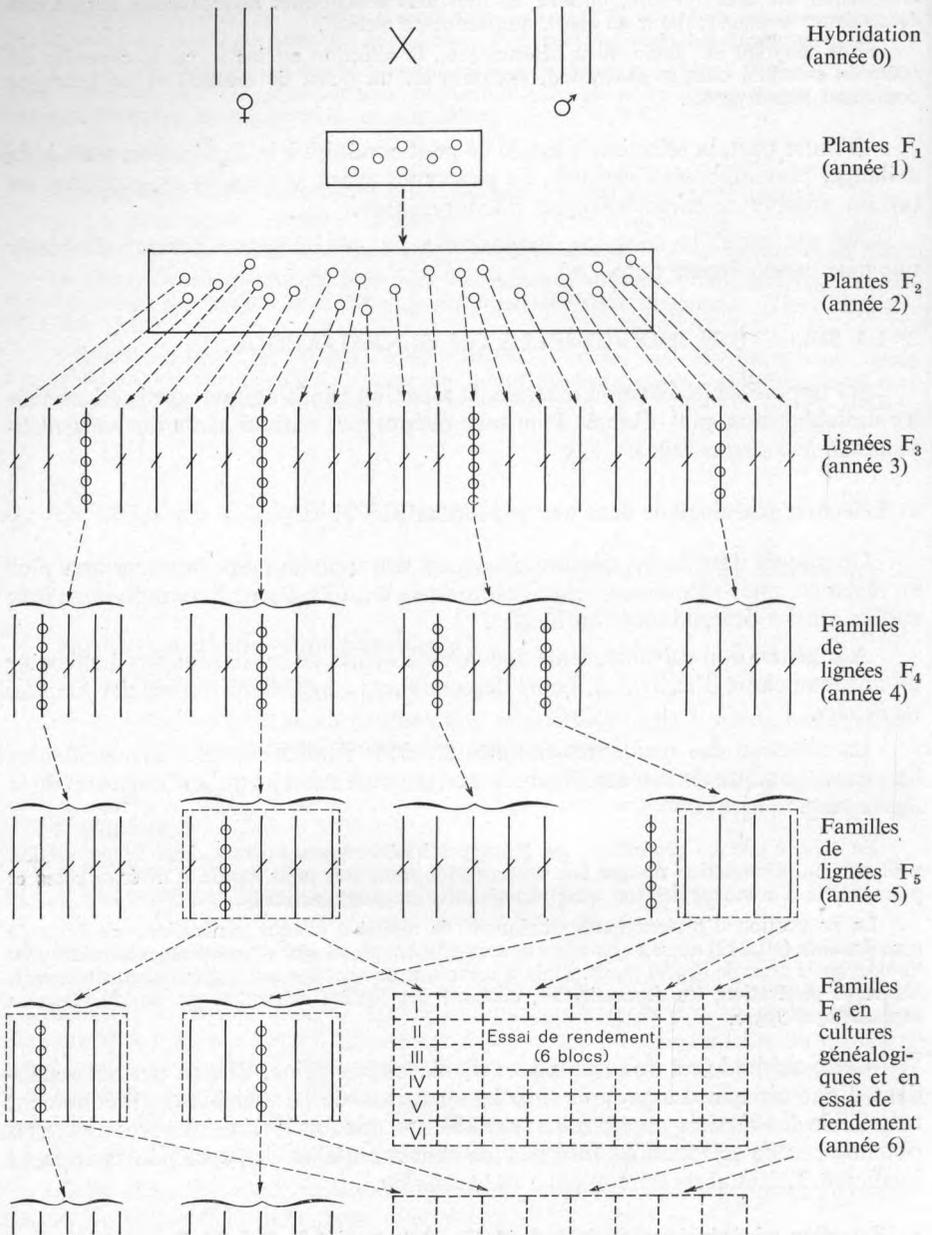


FIG. II-4. — Sélection génétique améliorante (après hybridation).

parentales; la  $F_2$  est donc génétiquement très hétérogène et constitue la première génération de départ d'une sélection.

Les générations ultérieures  $F_3$ - $F_4$ - $F_5$ ...  $F_n$  seront conduites suivant le schéma vu ci-dessus (fig. II-4), jusqu'à l'obtention de la *lignée pure*.

Le succès d'une telle méthode dépend :

— *du choix des variétés géniteurs*. Celui-ci nécessite l'étude pendant plusieurs années de collections importantes, voire mondiales de variétés;

— *de l'effectif de la  $F_2$  et des générations ultérieures*. Plus le nombre de plantes  $F_2$ , lignées  $F_3$ , etc. sera grand, plus le sélectionneur aura de chances d'y repérer la combinaison génétique recherchée;

— *des possibilités de sélection à chaque génération*. Pour certains caractères (froid, parasites), le facteur sélectif naturel est souvent absent, empêchant toute sélection, à moins que le sélectionneur n'ait pu introduire artificiellement ce facteur sélectif (infection artificielle, p. ex.);

— *de l'héritabilité du caractère*. Lorsque le déterminisme génétique du caractère est simple (mono ou bigénique) et que le caractère est peu fluctuant avec le milieu, celui-ci est facilement repérable (variation discontinue), hautement héritable et donc facile à sélectionner. Lorsque son déterminisme est polygénique et que le caractère est très fluctuant, l'efficacité de la sélection pour ce caractère est beaucoup plus faible;

— *de la multiplicité des caractères que l'on cherche à associer dans une même lignée*. Il arrive fréquemment qu'un croisement ne puisse conduire directement à la lignée recherchée. Dans ces conditions, on effectue :

soit un recroisement de la  $F_1$  avec l'un des parents dit « récurrent » : cette méthode dite des « backcrosses » (retours en arrière) continus en  $F_2$  est utilisable dès qu'il s'agit d'apporter à la variété récurrente une caractéristique génétiquement simple (monogénique). (Ex. : apporter à une variété de blé d'hiver productive résistante à la verse et au froid, une résistance à la rouille noire génétiquement simple);

soit un recroisement de la lignée la meilleure avec l'un de ses parents : Ex. :  $F_0$  (A X B) lignée — x X B.

soit une hybridation de la meilleure lignée d'un croisement avec une autre lignée issue d'un autre croisement; la sélection est dite alors « convergente ».

Ex. :  $F_6$  (A X B) lignée x X  $F_0$  (C X D) lignée y.



Un blé hybride expérimental entre ses deux parents. Observer la grande vigueur de l'hybride.

Photo INRA

Pépinière de blés hybrides expérimentaux.

Photo INRA



Pratiquement la plupart des variétés-lignées pures actuelles sont issues de croisements très complexes. — Ex.: 'Étoile de Choisy' = (Mouton x **Ardito**) X (Mouton à épi rouge x K<sub>3</sub>) X Mouton à épi rouge.

### c) Sélection généalogique après hybridation interspécifique ou intergénétique.

Cette méthode n'intervient généralement qu'à un stade assez avancé de l'amélioration d'une espèce, lorsque la variabilité intraspécifique s'avère **insuffisante** pour réaliser de nouveaux progrès par simple hybridation intervariétale.

Ex. : en raison de l'absence de **gènes** de haute résistance au piétin-verse chez *Triticum vulgare*, recherche de ces gènes dans les espèces ou genres voisins (*Tr. durum*, *Ægilops*) en vue d'hybridation avec le blé tendre.

Cette hybridation se heurte cependant à de nombreux obstacles :

- non fécondation;
- fécondation réalisée, mais hybride inviable, ou bien hybride viable mais stérile, en raison d'anomalies à la méiose consécutives à une disharmonie des chromosomes parentaux;
- nombreux caractères très défavorables apportés par l'espèce ou le genre non cultivé.

C'est cependant par cette méthode qu'ont été introduits chez le blé tendre à partir de blés tétraploïdes, des gènes de résistance à la rouille noire.

### d) Sélection généalogique après mutation.

Comme la précédente, cette méthode peut être envisagée dès lors que la variabilité **intraspécifique** s'avère insuffisante, voire nulle pour certains caractères.

Par traitements *mutagènes* on cherche alors à faire apparaître des mutations dans les lignées pures à améliorer.

Les agents mutagènes utilisables sont :

- *soit physiques*, radiations  $\alpha$  et surtout  $\gamma$ ;
- *soit chimiques*, le méthane sulfonate d'éthyle est un des produits les plus actifs et le plus employé depuis quelques années.

Les traitements se font généralement sur embryons, parfois au stade gamètes.

Outre la très faible fréquence des mutants favorables que l'on peut ainsi obtenir, la difficulté qu'offre la *détection de ces mutants* constitue l'obstacle principal au développement de la méthode.

Peu de mutants culturellement intéressants ont été obtenus chez le blé d'hiver jusqu'à ce jour.

## C. CARACTÈRES D'IDENTIFICATION DES VARIÉTÉS.

Les caractéristiques de l'épi (fig. II-5) de la plantule et de la plante en végétation servent de base à l'identification des variétés (**JONARD, SIMON**),

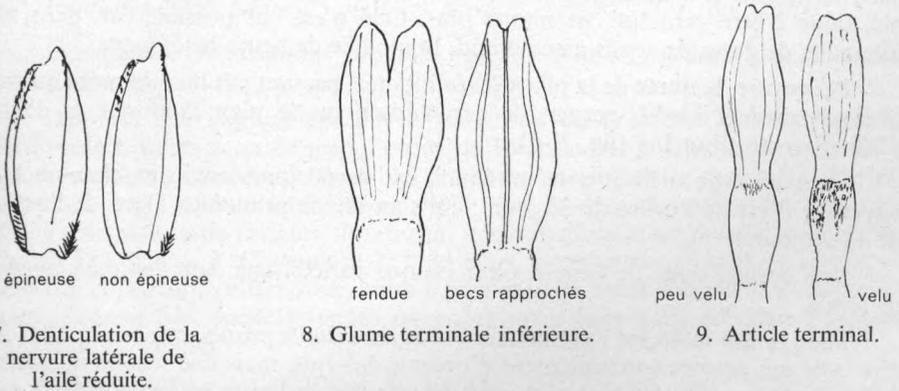
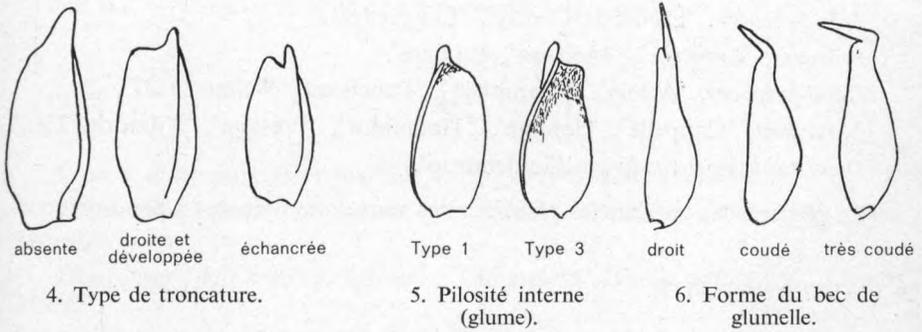
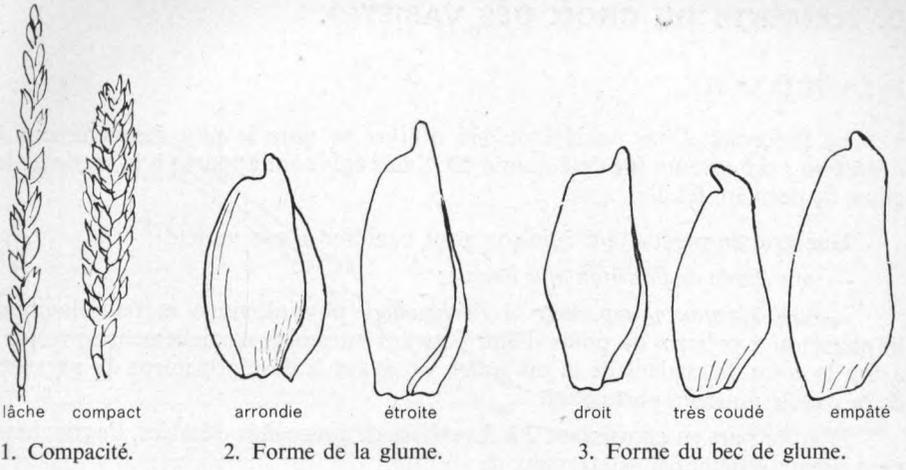


FIG. II-5. — Quelques caractéristiques de l'épi servant à l'identification des variétés de blé.

## D. ÉLÉMENTS DU CHOIX DES VARIÉTÉS.

### 1° LA PRÉCOCITÉ.

La précocité d'une variété de blé d'hiver se note le plus fréquemment à l'épiaison : on note un blé épié quand 50 % des épis sont apparus à la sortie de la gaine de dernière feuille.

Une grande précocité d'épiaison peut conférer à une variété :

— une durée de floraison plus longue;

— une résistance apparente à l'échaudage physiologique et pathologique, la phase du « palier » de poids d'eau pouvant au moins partiellement se réaliser avant le coup de chaleur de la mi juillet, ou avant le développement du parasite, de la rouille noire en particulier.

D'autre part en choisissant 2 à 3 variétés de précocités décalées, l'agriculteur peut mieux échelonner ses travaux de récolte.

La gamme de précocité des variétés est telle qu'entre les plus précoces et les plus tardives, il y a en général 3 semaines d'écart à l'épiaison. Citons notamment :

*Très précoces*, 'Étoile de Choisy', 'Languedoc'.

*Précoces*, 'Capitole', 'Moisson', 'Primépi'.

*Demi précoces*, 'Artois', 'Champlein', 'Poncheau', 'Vilmorin 27'.

*Moyennes*, 'Cappelle', 'Somme', 'Thermidor', 'Prestige', 'Vilmorin 23'.

*Demi-tardives à tardives*, 'Goldendrop'.

La plupart des variétés les plus récentes sont donc précoces à demi-précoces.

### 2° L'ALTERNATIVITÉ.

Nous savons que le degré d'alternativité du blé traduit notamment l'aptitude de ce blé à vernaliser plus ou moins rapidement. Théoriquement le degré d'alternativité devrait être déterminé par la date limite de semis à partir de laquelle le blé, faute d'être vernalisé, ne monte plus. Ceci n'est pas possible car, dans un intervalle de dates de semis assez grand, la montée demeure hétérogène.

Par contre, la durée de la phase levée-montée, passant par un minimum quand le semis devient tardif, permet de caractériser sur le plan théorique le degré d'alternativité d'un blé (fig. II-6).

Chez un type « hiver » le minimum est de 60 jours environ; chez un blé alternatif il est de l'ordre de 35 jours; chez un blé de printemps, il est de l'ordre de 15-20 jours.

Ceci permet donc de définir, pour chaque variété, une *date limite biologique de semis*.

Mais ce qui intéresse l'agriculteur est la *date limite pratique de semis*, c'est-à-dire celle qui permet non seulement d'obtenir des épis, mais une récolte normale. Celle-ci, nécessairement *beaucoup plus précoce* que la limite biologique, ne peut être déterminée qu'expérimentalement.

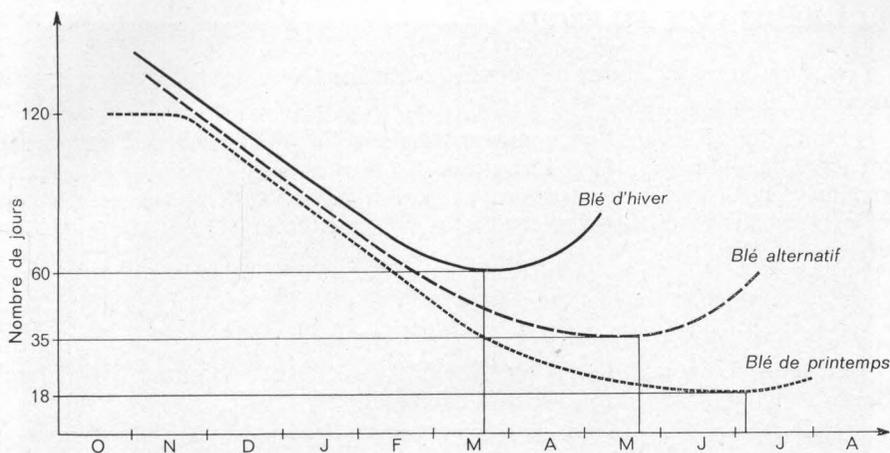


FIG. II-6. — Variation de la durée « levée-montée » avec la date du semis chez le blé (d'après DIEHL et MORICE).

L'on a ainsi pu classer les blés en 5 groupes d'alternativité :

**Hiver** (date limite 15 janvier<sup>1</sup>) : 'Ali', 'Capitole', 'Cappelle', 'Joss', 'Moisson'.

**Demi-hiver** (date limite 15 février) : 'Champlein', 'Étoile de Choisy', 'Floress', 'Marne'.

**Demi-alternatif** (date limite 1<sup>re</sup> mars) : 'Élite', 'Languedoc', 'Rallye'.

**Alternatif** (date limite 15 mars) : 'Heurtebise', 'Magali', 'Prestige', 'Flinor'.

**Printemps** (date limite 1<sup>re</sup> avril) : 'Aronde', 'Atys', 'Horizon', 'Rex'.

L'amplitude de variations variétales (près de 3 mois) est donc grande, parmi les blés français.

Dès lors que l'agriculteur devra, en raison du précédent cultural (récolte tardive de betteraves ou de maïs), ou de destruction par le froid hivernal (1956), semer ou resemer tardivement un blé, il a toute possibilité de choisir une variété ayant un degré d'alternativité compatible avec la date de semis. En l'absence d'une telle gamme de variétés, il pourrait, par vernalisation artificielle, en chambre froide, à + 2<sup>o</sup>, + 3 OC, pendant 25 à 35 jours, transformer physiologiquement sa semence et la rendre alternative, voire « printemps », mais une telle technique est naturellement très onéreuse et les semences vernalisées sont délicates d'emploi (difficulté de semis).

Compte tenu de l'existence de variétés alternatives, cette technique n'a aucune raison d'être en France.

1. En Bassin parisien.

## 3° LA RÉSISTANCE AU FROID.

Une variation génétique très grande existe dans les blés tendres pour la résistance au froid.

Étant donné l'importance que revêt pour *l'aire de culture* d'une variété son degré de résistance au froid hivernal, un effort particulier a été fait en France pour créer des variétés de résistance satisfaisante. Suivant l'échelle de référence définie par CRÉPIN, BUSTARRET et CHEVALIER, voici comment se situent quelques variétés actuelles :

*Hautement résistant* ou type *Minhardi'* : néant.

*Très résistant* ou type *Alsace 22'* : 'Cheyenne'.

*Résistant* ou type *Côte-d'Or'* : 'Abel', 'Ali', 'Capest', 'Frances', 'Froidure', 'Gelpa', 'Heima', 'Moisson', 'Prieur', 'Somme'.

*Assez résistant* ou type *Extra Kolben'* : 'Étoile de Choisy', 'Floress', 'Marne', 'Promesse', 'Splendeur'.

*Peu sensible* ou type *Préparateur Étienne'* : 'Cappelle', 'Joss', 'Milord', 'Rémois', 'Thermidor', 'Vilmorin 53'.

*Assez sensible* ou type *Vilmorin 27'* : 'Euréka', 'Maître Pierre', 'Noralter', 'Rallye'.

*Sensible* ou type *Vilmorin 23'* : 'Champlein', 'Élite', 'Heurtebise', 'Languedoc', 'Primépi'.

*Très sensible* ou type *Hybride de Bersée'* : 'Aronde', 'Atys', 'Horizon', 'Magali', 'Prestige', 'Rex'.

Pratiquement les variétés d'un niveau de résistance égal à *Côte-d'Or* ou supérieur peuvent être cultivées sans grands risques de **destruction** dans toute la moitié nord et l'Est de la France. Cependant, elles sont encore peu nombreuses.

## 4° LA RÉSISTANCE A LA VERSE.

Étant donné l'incidence de la verse sur le rendement, la résistance à cet accident a constitué le premier objectif d'amélioration des anciennes variétés.

Aujourd'hui la plupart des variétés sont de résistance moyenne à très bonne, leur permettant de recevoir des doses d'azote très supérieures à celles d'autrefois. Elles doivent cette résistance :

— à *une paille beaucoup plus courte*. L'on est successivement passé depuis cinquante ans de 1,30-1,50 m avec 'Goldendrop', 'Teverson', à :

1,20 m avec 'Vilmorin 27';	1,00 m avec 'Champlein';
1,05 m avec 'Étoile de Choisy', 'Cappelle';	0,90 m avec 'Capitole'.

Actuellement des travaux de sélection de variétés demi-naines (0,60-0,70 m) sont effectués en France et à l'étranger.

— à *une structure du chaume différente* : une plus forte lignification, une teneur plus élevée en polysaccharides, un nombre souvent plus élevé de faisceaux **libéro-ligneux**.

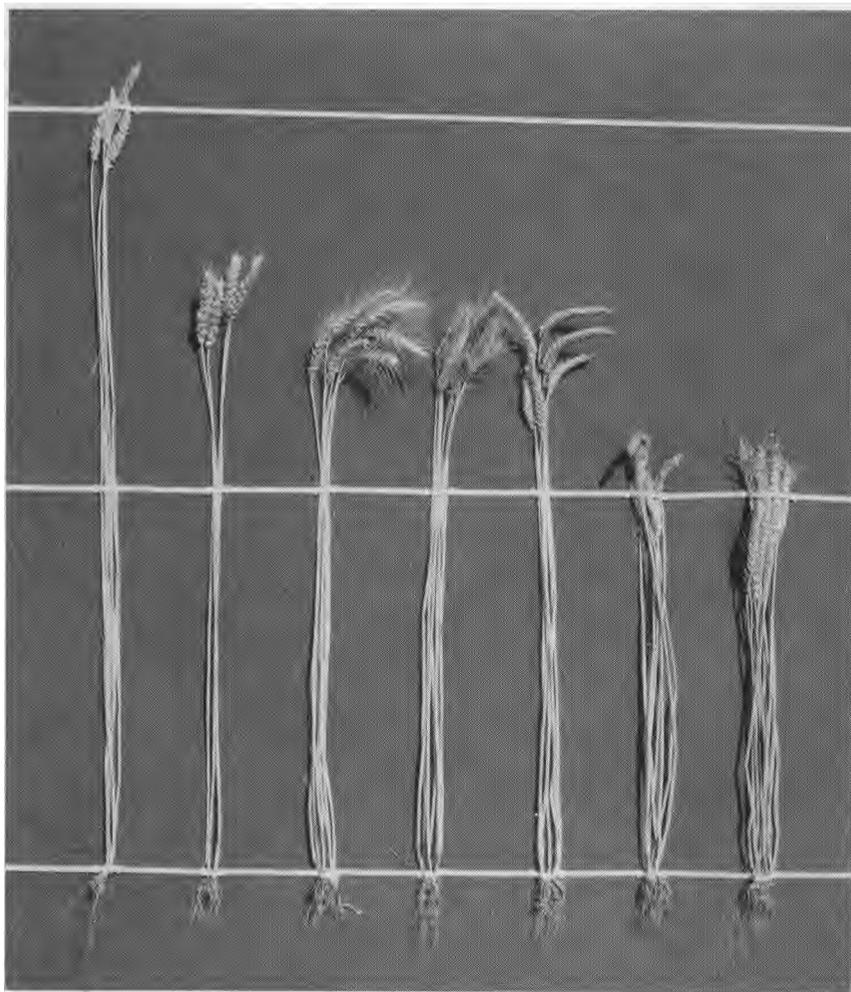


Photo INRA

De gauche à droite : Une lignée de taille voisine de celle de 'Cappelle';  
 \* Six lignées demi-naines issues du croisement de la lignée précédente -  
 avec un géniteur demi-nain.

Voici comment se classent quelques variétés :

- Très résistante : 'Capitole', 'Joss', 'Languedoc', 'Remois'.
- Résistante : 'Champlein', 'Étoile de Choisy', 'Froidure', 'Gaillard', 'Magali', 'Moisson', 'Splendeur'.
- Assez résistante : 'Artois', 'Cadet', 'Cappelle', 'Maître Pierre', 'Prieur'.
- Assez sensible : 'Élite', 'Marne', 'Primépi', 'Vilmorin 53'.

Aucune variété sensible à très sensible ne figure plus au Catalogue français.

## 5° LA RÉSISTANCE A L'ÉCHAUDAGE.

GESLIN et JONARD (1947) ont montré qu'au stade physiologique de maturation identique (début du « palier » par exemple), il existe des différences variétales de réaction aux coups de chaleur (fig. II-7). Ainsi ont pu être notées :

*Résistantes* : 'Docteur Mazet', 'Mentana', 'Gamet'.

*Peu sensibles* : 'Vilmorin 27'.

*Sensibles* : 'Vilmorin 23'.

Peu nombreuses sont cependant les variétés manifestant une résistance suffisante. Dès lors, le choix d'une variété très précoce constitue le meilleur garant contre l'échaudage, en région méridionale notamment.

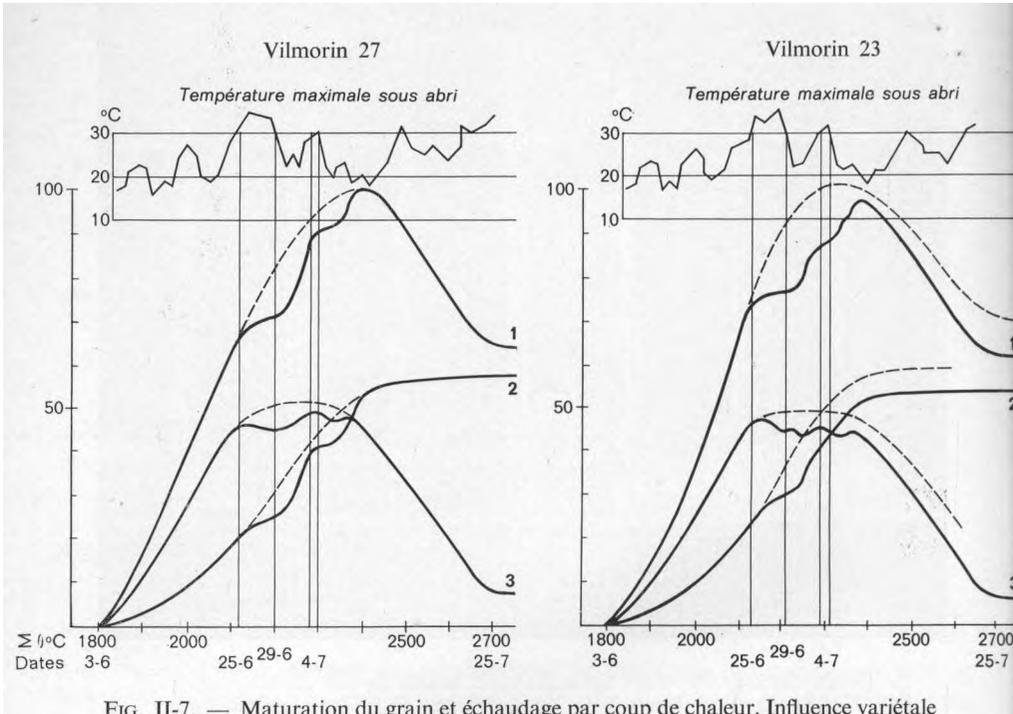


FIG. II-7. — Maturation du grain et échaudage par coup de chaleur. Influence variétale (d'après GESLIN et JONARD).

1, poids des grains frais — 2, poids de la matière sèche — 3, poids d'eau.

## 6° LA RÉSISTANCE A LA GERMINATION PRÉCOCE.

En conditions pluvieuses, toutes les variétés à grain blanc ('Picardie') et certaines à grain roux pâle ('Maître Pierre') peuvent germer sur pied, en raison d'une absence ou une levée très précoce de la dormance due aux téguments.

Dès 1914, Nilsson EHLE a montré qu'il s'agit effectivement d'un effet pléiotrope des gènes de coloration du péricarpe ( $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ) sur la dormance; chez les variétés

tés à grain roux ( $R_1 R_2 R_3$  ou  $R_1 R_2 r_3$ ) la pénétration de l'oxygène à travers les téguments, est semble-t-il, plus difficile que chez les variétés à grain roux pâle ( $R_1 r_2 r_3$ ) ou blancs ( $r_1 r_2 r_3$ ); les embryons de toutes les variétés peuvent par contre germer dès la récolte, si on les extrait par décortiquage du grain.

Sur le plan pratique les régions océaniques recherchent, à juste raison, des variétés à grain roux. Celles-ci constituent d'ailleurs la grande majorité des variétés récentes.

## 7° LA RÉSISTANCE AUX MALADIES.

### a) La rouille noire.

Toutes les variétés cultivées en France avant guerre ('Vilmorin 23', 'Vilmorin 27', 'Yga') étaient sensibles à ce parasite. La gravité des attaques enregistrées certaines années (1950, 1952, 1955) sur blé d'hiver et de printemps ont fait de l'obtention de variétés résistantes un problème prioritaire.

Des gènes de résistance en provenance de géniteurs étrangers ('Hope', 'Oro', 'Thatcher') ont pu progressivement être introduits par hybridation dans les variétés françaises.

Aujourd'hui certaines variétés présentent une assez bonne résistance à ce parasite. Nous avons l'échelle suivante :

*Hautement résistant* : 'Thatcher'.

*Résistant* : 'Horizon', 'Ouest', 'Prieur'.

*Assez résistant* : 'Aronde', 'Capitole', 'Étoile de Choisy', 'Moisson'.

*Peu sensible* : 'Élite' 'Magdalena', 'Marne', 'Rex'.

*Assez sensible* : 'Docteur Mazet', 'Rallye'.

*Sensible* : 'Artois', 'Cappelle', 'Champlein', 'Maître Pierre'.

*Très sensible* : 'Ali', 'Progress', 'Somme'.

La résistance de ces variétés n'est cependant spécifique que de certaines races physiologiques du parasite (race 21, notamment).

### b) La rouille jaune.

À l'égard de cette rouille, une certaine variabilité de comportement existe entre les blés actuels. Citons notamment :

*Résistant* : 'Abel', 'Extra', 'Heurtebise', 'Joss', 'Prestige', 'Rémois', 'Somme', 'Splendeur'.

*Assez résistant* : 'Floress', 'Moisson', 'Primépi', 'Rallye'.

*Peu sensible* : 'Capest', 'Élite', 'Froidure'.

*Assez sensible* : 'Champlein', 'Milord', 'Vilmorin 27'.

*Sensible* : 'Artois', 'Cappelle', 'Languedoc', 'Maître Pierre', 'Thermidor'.

*Très sensible* : 'Capitole', 'Étoile de Choisy', 'Francest'.

**Mais** comme chez la rouille noire, ce comportement est spécifique de certaines races, dont deux groupes principaux existeraient en France (race 'Cappelle' race 'Heine VII').

### c) Le charbon nu.

L'absence jusqu'à une date récente, de traitement chimique efficace de la semence (carboxine), la difficulté de traiter les semences à l'eau chaude (52 °C) a fait du problème de la création de variétés de blés résistants une question très importante.

Dans le passé, certaines variétés 'Vilmorin 27', 'Florence X Aurore', n'ont dû leur « survie » qu'à la mise en place d'installations de traitement très onéreuses.

Bien que le problème se soit trouvé très sérieusement compliqué par l'existence de races physiologiques (race 'V. 27', race 'Cappelle', race 'H. Bersée'), aujourd'hui la très grande majorité des variétés sont résistants, ou peu sensibles, aux races V. 27 et Cappelle. Citons parmi les plus résistantes aux deux races :

'Abel', 'Capitole', 'Étoile de Choisy', 'Floress', 'Froidure', 'Heima', 'Languedoc', 'Magali', 'Prestige', 'Prieur', 'Splendeur', 'Yga'.

### d) La carie.

Le problème est beaucoup moins important, puisque les traitements chimiques des semences (organo-mercuriques, oxyquinoléate de cuivre) sont possibles. La plupart des variétés cultivées en France, sont sensibles aux diverses races. Une haute résistance génétique existe cependant chez des variétés étrangères ('Hussard', 'Hohenheimer', 'Oro').

### e) Les piétins.

À l'égard du *piétin-verse*, une certaine variabilité génétique existe dans le comportement des variétés françaises (d'après PONCHET et VINCENT). Citons notamment :

*Assez résistantes* : 'Cappelle'.

*Peu sensibles* : 'Artois' 'Élite' 'Marne' 'Somme' 'Thermidor'.

*Assez sensibles* : 'Champlein', 'Floress', 'Froidure', 'Poncheau', 'Prestige', 'Rallye'.

*Sensibles* : 'Ali', 'Capitole', 'Primépi', 'Progress'.

*Très sensibles* : 'Aronde', 'Étoile de Choisy', 'Languedoc', 'Magali', 'Moisson', 'Rex'.

Aucune variété ne s'avère cependant résistante à très résistante : l'obtention d'un tel niveau de résistance a conduit les sélectionneurs à rechercher des gènes de haute résistance chez des espèces ou genres voisins (*Triticum athiopicum*, *Aegilops ventricosa*) et à essayer de les introduire chez le blé tendre.

À l'égard du *piétin-échaudage*, la plupart des variétés sont très sensibles.

### f) L'oïdium.

La plupart des variétés sont sensibles à très sensibles.

## 8° LA PRODUCTIVITÉ.

La productivité d'un blé est conditionnée par un certain nombre de composantes (tallage, fertilité de l'épi, poids du grain) génétiquement déterminées.

Le rendement résulte de l'interaction de ces composantes génétiques avec les facteurs du milieu.

### a) Le tallage-épi.

Il varie aux densités normales de culture de 1,5 ('Étoile de Choisy') à 2 pour les variétés à tallage fort ('Champlein'). Il est fortement influencé par la densité du semis, le précédent, la date du semis.

D'une manière générale, pour chaque variété, le rendement maximum est obtenu pour une densité voisine de 500 épis/mètre carré.

### b) Le nombre de grains par épi.

Il est fonction du nombre d'épillets par épi et du nombre de grains par épillet; toutes les deux sont des composantes variétales. Il varie de 30 à 40 suivant les variétés et les conditions de milieu (densité). Certaines variétés italiennes (Ardito, Mentana) ont jusqu'à 4 ou 5 grains par épillet.

### c) Le poids du grain.

C'est un caractère variétal peu fluctuant, variant de façon importante : 45 à 60 g les mille grains.

Le classement des variétés pour chacune de ces composantes montre que chacune d'elles possède, en général, un facteur principal de productivité : pour 'Champlein' c'est le tallage-épi; pour 'Étoile de Choisy' c'est la fertilité de l'épillet.

La combinaison de ces différents facteurs définit pour chaque variété une productivité particulière dans une aire de culture donnée.

Pratiquement, l'étude comparative de la productivité des variétés ne peut se faire que par la mise en place pendant plusieurs années et en plusieurs régions, d'essais comparatifs.

A cet effet, l'INRA a établi depuis 1943 un réseau qui a permis progressivement de donner, pour chaque région, un classement des variétés par rapport à des témoins de référence :

- pour les blés d'hiver  
en région Nord-Est, Bassin parisien et Ouest : 'Cappelle', 'Champlein', 'Heima' et 'Joss';  
en région Sud : 'Cadet', 'Étoile de Choisy' et 'Moisson';
- pour les blés alternatifs : 'Flinor' et 'Heurtebise';
- pour les blés de printemps : 'Atys', 'César' et 'Rex'.

## 9° LA QUALITÉ TECHNOLOGIQUE.

Plusieurs facteurs peuvent être pris en considération pour déterminer l'aptitude d'un blé à faire dans les meilleures conditions techniques et économiques un pain de bonne qualité.

### a) La valeur meunière.

Elle est mesurée par le rendement en farine de qualité déterminée, d'une quantité donnée de grain.

Elle dépend de nombreux facteurs :

- les impuretés;
- l'humidité du grain;
- la valeur intrinsèque, exprimée par le rapport *poids de l'amande farineuse* sur le *poids du grain (%)*.

On peut l'apprécier indirectement par le *poids spécifique* (poids de l'hectolitre) : plus il est élevé, plus le rendement meunier est élevé. C'est une caractéristique variétale mais elle est très fluctuante.

Le parallélisme poids spécifique-valeur meunière fait que le poids spécifique est pris comme *base commerciale*.

### b) La valeur boulangère.

Elle peut se définir comme l'aptitude d'une farine (donc d'un blé) à faire du *pain de bonne qualité*, dans de bonnes conditions de travail et de rendement en boulangerie. Malheureusement cette aptitude est **difficile** à mesurer.

## 1° ESSAI DE PANIFICATION.

C'est le moyen en principe idéal. Cependant il suppose des *critères de jugement* de la qualité du pain de valeur indiscutée; il suppose aussi l'établissement d'une *méthode standard de panification* : deux farines traitées différemment sont en effet susceptibles de fournir un pain de même qualité et inversement.

## 2° MESURE DES QUALITÉS PLASTIQUES DE LA FARINE : NOTION DE FORCE BOULANGÈRE

— *La force boulangère* traduit l'aptitude d'une farine à résister plus ou moins au travail du pétrin quand on y incorpore une quantité donnée d'eau. Elle exprime diverses qualités physiques du gluten, en particulier, son élasticité et sa tenacité.

— *De nombreuses méthodes de mesure* existent : chacune d'elles, particulière à chaque pays, ayant ses avantages et ses inconvénients.

*En France* : la méthode officielle emploie l'**alvéographe** Chopin.

*En Allemagne* : c'est la méthode de Pelschenke et le farinographe de **Brabender**.

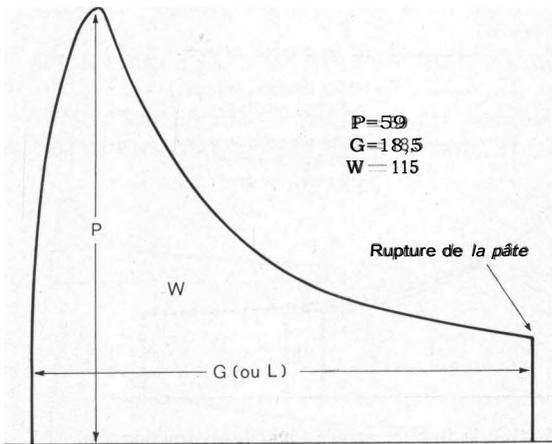
*Aux Etats-Unis et au Canada* : on utilise le **farinographe** de Brabender.

**La méthode à l'alvéographe** consiste à insuffler de l'air sous pression dans

un pâton convenablement préparé : on mesure le gonflement  $G$  (= volume) et la pression  $P$  au moment de l'éclatement de la bulle d'air.

La courbe de variation  $P/G$  est transcrite graphiquement sur une feuille de papier, on l'appelle courbe extensimétrique (fig. II-8). L'aire  $W$  délimitée par cette courbe s'exprime en ergs par gramme de pâte. Ce nombre varie de 50 à 300 environ.

Dans la pratique on se contente souvent d'utiliser le  $W$  pour mesurer la force boulangère. Or, pour un même  $W$ , on peut avoir des  $P$  et  $G$  très différents, donc des farines très différentes (gluten très tenace mais peu élastique ou l'inverse). L'idéal est d'avoir un  $W$  élevé avec  $P$  et  $G$  équilibrés (ou  $P/L$  voisin de 0,5).



$P$ , exprime la tenacité de la pâte en baryes ou dynes par centimètre carré. Plus elle est élevée, plus il faut ajouter d'eau à un même poids de farine.

$G$ , est le gonflement de rupture en centimètres cubes, il exprime l'élasticité de la pâte. (Le gonflement peut aussi être exprimé par  $L$ , en millimètres.)

$W$ , aire comprise entre la courbe et l'axe des abscisses, représente le travail d'extension de la pâte (en ergs par gramme) jusqu'à la rupture.

Dans l'exemple représenté ici :  
 $P = 59$  baryes;  $G = 18,5$  cm et  
 $W = 115$  ergs.

FIG. II-8. — Courbe extensimétrique avec l'alvéographe Chopin.

#### AVANTAGES DU $W$ .

a) Cette méthode de mesure est relativement simple et rapide.

Elle ne nécessite pas des échantillons de farine (donc de grains) très importants (300 grammes peuvent suffire).

b) Le  $W$  est une caractéristique variétale.

Il est donc possible de choisir et d'améliorer les variétés.

D'après ce caractère 5 groupes de variétés peuvent être distingués.

— **Groupe I** :  $W > 150$  (blés de force) : 'Blé des Dômes', 'Florence X. Aurore', 'Magdalena', 'Poncheau', 'Progress', 'Rex'.

— **Groupe II** :  $100 < W < 150$  : 'Aronde', 'Artois', 'Cappelle', 'Capitole', 'Maître Pierre', 'Marne'.

— **Groupe III** :  $80 < W < 100$  : 'Champlein', 'Élite', 'Horizon', 'Moisson'.

— **Groupe IV** :  $60 < W < 80$  : 'Étoile de Choisy', 'Heurtebise'.

— **Groupe V** :  $W < 60$  : 'Hybride de Bersée', 'Vilmorin 23'.

## INCONVÉNIENTS DU W.

a) *La classification W n'est pas toujours en accord avec les indices de force boulangère fournis par d'autres méthodes* : dès lors on peut s'interroger sur sa valeur réelle.

b) *Le W est fortement influencé par le milieu.*

— *Nature du sol* : en sols légers et secs, les W sont généralement plus faibles.

— *Fumure azotée* (fig. II-9) : l'apport tardif accroît le W (action surtout sur G).

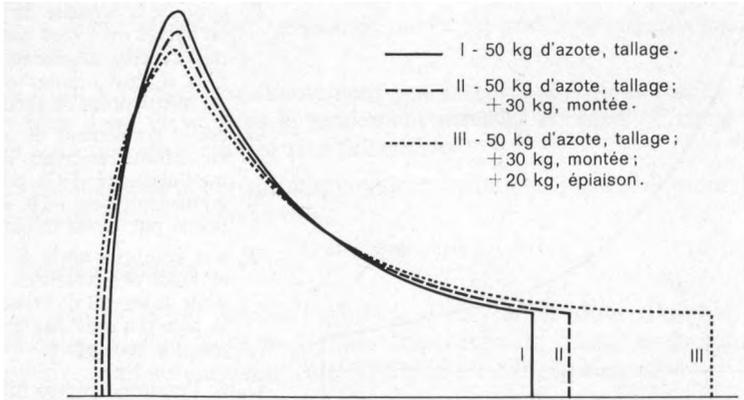


FIG. II-9. — Variation du W avec la fumure azotée (épandages fractionnés).  
 (D'après COIC.)

— *Précédent cultural* : le précédent légumineuse améliore en général le W.

— *Climat* : la température et l'hygrométrie au cours de la maturation modifient le W (les grains échaudés ont généralement un meilleur W).

c) *Le W est influencé par différents facteurs technologiques.*

— *Conditions de conservation du grain* : la température et l'humidité ont une influence primordiale sur la solubilité des protéines et la plasticité du gluten;

—  *finesse de mouture*;

— *humidification de la pâte* : opérer avec une quantité constante d'eau.

En conséquence la mesure du W des variétés doit toujours être rapportée à une variété-témoin (valeur relative beaucoup plus constante).

## 3° AUTRES MÉTHODES DE MESURE DE LA VALEUR BOULANGÈRE.

Mentionnons :

— le *test de sédimentation de ZELÉNY*. Il repose sur les propriétés de gonflement du gluten en milieu acide;

Cette méthode consiste à réaliser une suspension de farine dans l'acide lactique et à mesurer la hauteur du sédiment au bout d'un temps donné. Cette hauteur serait fonction de la teneur en protéines insolubles, de la vitesse et du degré de leur hydratation.

L'indice de Zélény peut varier de 0 à 70 unités. On peut résumer l'échelle des valeurs comme suit :

- moins de 16 : **insuffisant**;
  - de 16 à 25 : bonne valeur boulangère;
  - de 25 à 38 : très bonne valeur boulangère;
  - plus de 38 : blé de force.
- 
- le dosage de la teneur en protéines;
  - le temps de chute d'Hagberg;
  - l'amylographe, etc.

#### 4<sup>o</sup> APPLICATION A LA CLASSIFICATION TECHNOLOGIQUE DES BLÉS FRANÇAIS.

Pour l'alimentation humaine, il est possible de classer (A. GUILBOT 1969) les blés tendres français en 4 catégories (fig. II-10).

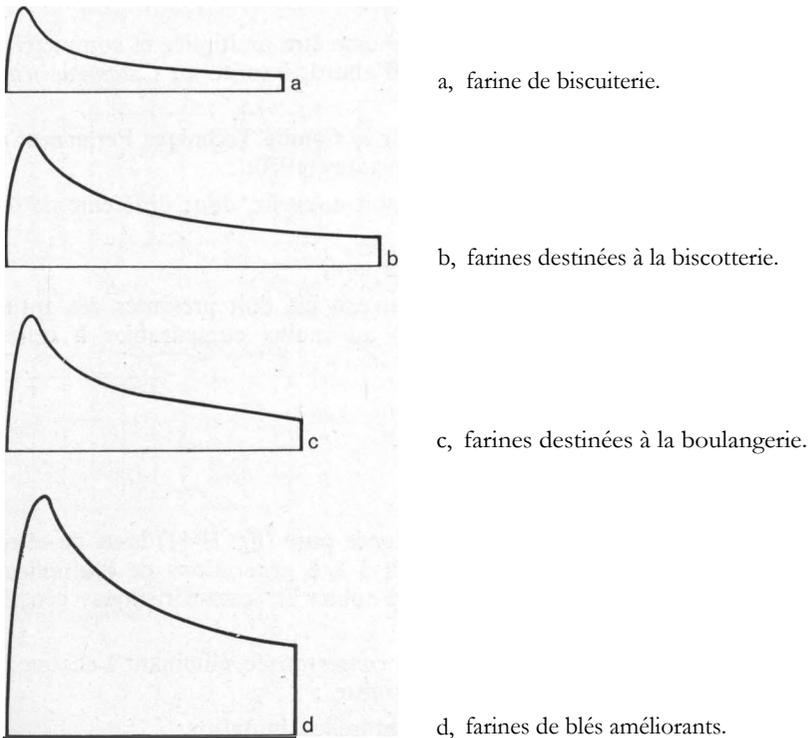


FIG. II-10. - Alvéogrammes types de farines de divers blés français.

(D'après A. GUILBOT, 1969.)

— **Les blés destinés à la biscuiterie.** Ceux-ci doivent fournir des farines de faible force, avec un W inférieur à 70, un **P/L inférieur à 0,35** et un **P** de valeur réduite. Le taux protéique doit être peu élevé et l'activité amylasique assez faible. Variété type : « Étoile de Choisy »;

— les blés destinés **à la biscotterie.** Ils doivent donner des farines **fortes** avec un G long, un W de l'ordre de 160 à 170, et un **P/L** inférieur à 0,4;

— les blés destinés à la boulangerie française. Leur W est voisin de 120 à 130, avec un alvéogramme du type de celui de « Cappelle ».

— **les blés améliorants.** Ceux-ci sont destinés principalement à l'exportation dans les pays du Marché commun habitués à des farines de W nettement supérieurs à ceux des farines françaises et à une panification plus industrialisée. Ces blés améliorants doivent correspondre à des W de l'ordre de 300.

## E. PRODUCTION DES SEMENCES.

### 1° INSCRIPTION AU CATALOGUE.

Pour qu'une variété nouvelle de blé puisse être multipliée et commercialisée en France, il faut que celle-ci soit, tout d'abord, inscrite au *Catalogue français des espèces et variétés*.

Les conditions d'inscription fixées par le **Comité Technique Permanent de la Sélection** (CTPS) sont actuellement les suivantes (1970) :

— *nouveauté* : il faut que la variété soit nouvelle, donc différente de toutes les autres;

— *fixité* : il faut que ce soit une *lignée pure*;

— *valeur culturale suffisante* : le nouveau blé doit présenter des aptitudes culturales (résistances, productivité, etc.) au moins comparables à celles de meilleures variétés actuelles.

### 2° TECHNIQUE DE MULTIPLICATION.

#### La sélection généalogique conservatrice.

Il s'agit à partir d'une semence de lignée pure (fig. II-11) issue de sélection généalogique *améliorante*, d'obtenir après 5 à 6 générations de multiplication, une semence commerciale ayant conservé toutes les caractéristiques génétiques de départ.

Pour cela il faut réaliser une sélection *conservatrice*, éliminant à chaque génération, toutes les variations pouvant apparaître :

— *d'ordre génétique* : hybridations naturelles, mutation;

— *d'ordre accidentel* : mélange de semences, à la récolte, au battage.

La technique utilisée est la *sélection généalogique conservatrice* c'est-à-dire :

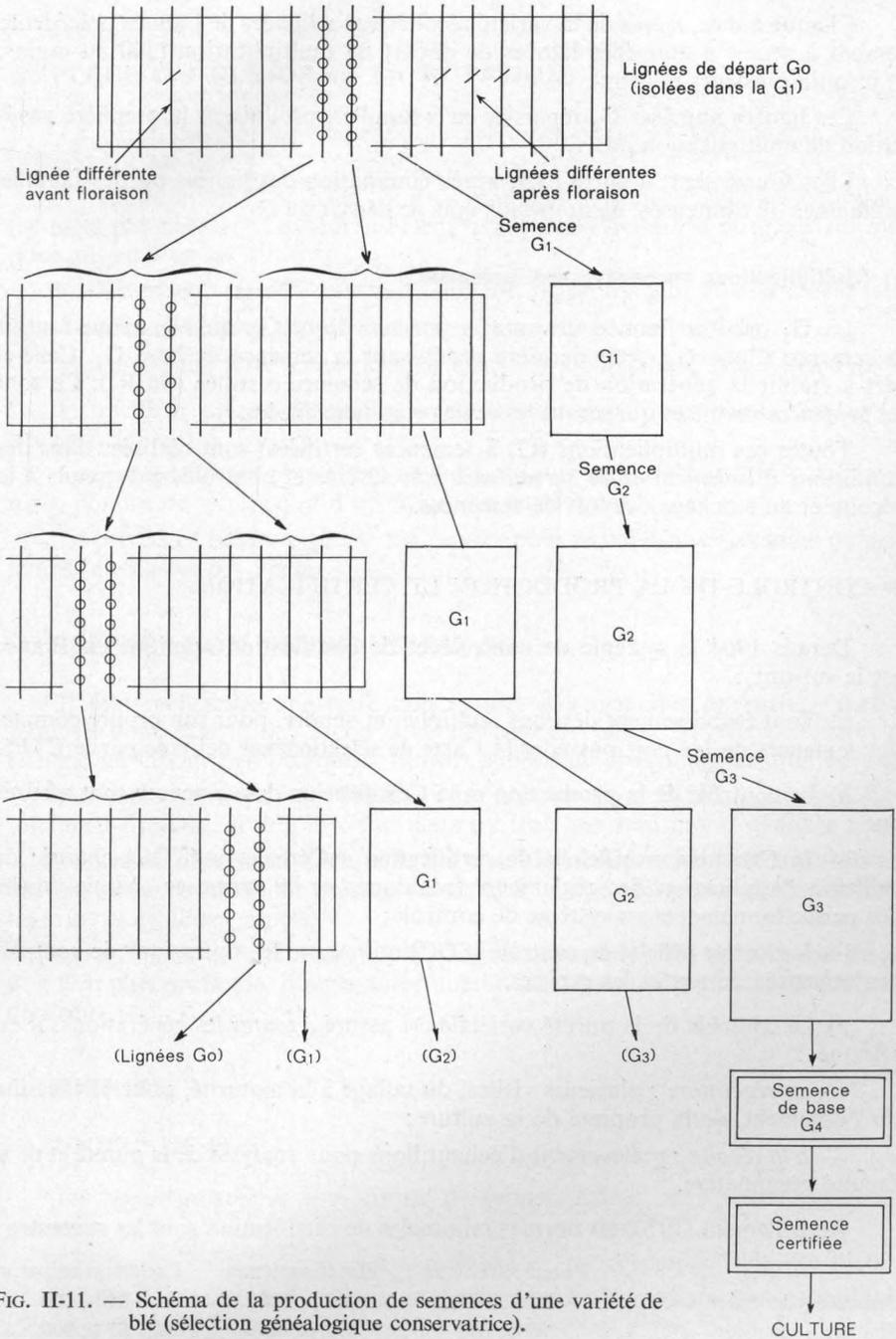


FIG. II-11. — Schéma de la production de semences d'une variété de blé (sélection généalogique conservatrice).

### a) Maintien de la variété en culture généalogique.

Chaque année,  $n$  épis de la variété récoltés sur  $x$  lignées de l'année précédente servent à semer  $n$  nouvelles lignées de départ de multiplication (300 au moins, et jusqu'à plusieurs milliers).

Ces lignées appelées  $G_0$  réparties en  $x$  familles, produisent la première génération de multiplication ou  $G_1$ .

Elles fournissent, d'autre part, après élimination des lignées ou des familles différentes ou douteuses, de nouveaux épis de départ ou  $G_0$ .

### b) Multiplications successives en isolement.

La  $G_1$  produit l'année suivante la semence d'une  $G_2$ , qui elle-même fournit la semence d'une  $G_3$ , cette dernière produisant la semence de base  $G_4$ . Celle-ci sert à établir la génération de production de semence certifiée (ou  $R_1$ ). Ce sont les semences certifiées qui seront les seules commercialisées.

Toutes ces multiplications ( $G_1$  à semences certifiées) sont réalisées dans des conditions *d'isolement* et de *surveillance* très sévères et contrôlées, du semis à la récolte et au stockage des lots de semences.

## 3° CONTROLE DE LA PRODUCTION ET CERTIFICATION.

Depuis 1964 le système de contrôle et de certification appliqué en France est le suivant :

a) Tout établissement désirant multiplier et vendre, pour son propre compte, des semences de blé doit posséder la **Carte de sélectionneur** délivrée par le CTPS.

b) Le contrôle de la production et la Certification des semences sont assurés par :

— **la Commission officielle de certification** « Céréales » (COC) chargée de veiller à l'application des règlements techniques et de proposer chaque année, des perfectionnements au système de contrôle;

— **le Service officiel de contrôle** (SOC) qui assure les opérations de contrôle des semences de toutes les espèces.

c) Le contrôle de la pureté variétale est assuré *à toutes* les générations. 11 est effectué :

— *en végétation* : plusieurs visites, du tallage à la maturité, pour vérification de l'isolement, de la propreté de la culture;

— *à la récolte* : prélèvement d'échantillons pour analyses de la pureté et de la faculté germinative.

Actuellement (1970) les normes minimales de certification sont les suivantes :

	Pureté spécifique	Pureté variétale	Faculté germinative
Semences de base .....	98 p. 100	999 p. 1000	85 p. 100
Semences certifiées .....	98 p. 100	997 p. 1000	85 p. 100

## IV. CULTURE.

### A. PLACE DU BLÉ DANS LA ROTATION.

La place du blé dans la rotation est assez variable. Cependant, un bon précédent à blé doit :

— laisser le sol libre assez tôt pour préparer le semis en bonnes conditions (ce n'est pas toujours malheureusement le cas de la betterave et même du maïs pour un semis de blé d'hiver);

— laisser une terre relativement humide en profondeur et non creuse;

— laisser une terre propre (avantage de la betterave et du maïs);

— laisser une terre assez riche en éléments assimilables, sans excès d'azote.

Le meilleur précédent est finalement constitué par une plante sarclée (ou une jachère).

Les précédents les plus couramment pratiqués aujourd'hui sont : betterave, maïs, pomme de terre, colza d'hiver, prairie temporaire.

Le précédent blé ou orge est à proscrire pour le blé d'hiver, comme de printemps, en raison des *piétins*.

### B. PRÉPARATION PHYSIQUE DU SOL.

Il faut rechercher une terre non creuse, pas trop fine en surface (petites mottes). Pour cela, d'une façon générale, *derrière plante sarclée* (betterave) on effectue un labour peu profond à moyen, suivi d'un croskillage et d'un hersage.

Par contre, lorsque le précédent est un *fouillage* (prairie) le labour est obligatoirement profond. Il doit être fait deux ou trois mois au moins avant le semis.

Plus particulièrement, lorsque le blé vient derrière *luzerne*, précédent laissant une terre creuse, au labour précoce (après la 2<sup>e</sup> coupe) devront succéder des hersages et croskillages répétés.

De même en terre humide, froide, battante (boulbène), la préparation du sol doit être plus profonde, pour assurer une bonne pénétration et un bon drainage de l'eau.

### C. FUMURE.

#### 1° FUMURE DE FOND.

*La fumure organique* sous forme de fumier, même bien décomposé, est à proscrire.

Les pailles sont favorables au transport et au développement des piétins.

Le blé dès le début du tallage a besoin d'azote immédiatement assimilable. Cependant, l'enfouissement d'un *engrais vert* (crucifères d'été, collets de betterave)

peut apporter l'équivalent d'une demi-fumure organique *rapidement minéralisable*.

— La fumure phosphopotassique est généralement enfouie au labour, à l'automne, sous forme de scories et de chlorure de potassium à raison de 70 à 120 kg/ha de chaque élément selon la richesse du sol. Éventuellement la fumure phosphatée peut être apportée, partie à l'automne sous forme de scories, partie au printemps sous forme de superphosphate de chaux, épandu en couverture.

## 2° FUMURE AZOTÉE.

a) **Sur blé d'hiver** les travaux de Coic ont conduit à conseiller 3 apports successifs :

- au début du tallage (février-mars) : 30 à 50 kg/ha;
- au début de la montée (avril) : 20 à 40 kg/ha;
- à l'épiaison (mai) : 20 à 30 kg/ha;

soit 70 à 120 kg/ha d'azote suivant le précédent cultural, la fertilité moyenne du sol.

De ces trois épandages, seuls les deux premiers sont couramment effectués aujourd'hui dans la plupart des régions, l'apport le plus important étant celui du tallage. Celui-ci est souvent d'ailleurs dédoublé (premier demi-apport au 25 février, second au 15 mars). Les raisons de la non exécution du troisième apport sont :

- sa difficulté de réalisation :
- son inefficacité fréquente : dans le midi, en raison du climat trop sec de fin de printemps; en terres riches du Nord et du Bassin parisien où la minéralisation est très importante à cette époque.

b) **Sur blé de printemps** l'apport de la totalité de la fumure azotée au semis est à recommander, l'optimum se situant à 90-110 unités à l'hectare.

Sur blé d'hiver comme de printemps, la forme d'azote à apporter sera mi-ammoniacale mi-nitrique (ammonitrate), parfois essentiellement nitrique (après un hiver rigoureux et long).

Selon les résultats du réseau national d'expérimentation du SPIEA (140 à 300 essais de blé d'hiver chaque année) :

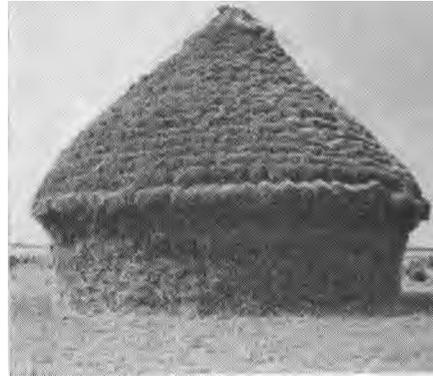
— la fumure azotée optimale du blé d'hiver (assurant à la culture le maximum de rentabilité), a été au niveau national respectivement de 110, 96, 120 et 133 unités à l'hectare en 1964, 1965, 1966 et 1967, soit un optimum moyen de 115 unités. A ce niveau, l'azote apporté accroît de 15 q/ha le rendement, soit un gain net de 11 q (tableau II-3);

— la fumure optimale est plus faible d'environ 20 kg/ha sur précédent légumineuse que sur les autres précédents;

— la productivité de l'azote est meilleure pour les apports tardifs (fin tallage et début montaison) (tableau II-4);

— le fractionnement des apports en moitié au tallage, moitié à la montaison, comparé à un apport unique au tallage fournit, dans la moitié nord de la France, un supplément de rendement de 2 à 2,5 q/ha; par contre, en zone méridionale, l'apport en totalité en cours de tallage est le seul à conseiller (et le seul pratiqué);

— les variétés 'Capitole', 'Champlain', rentabilisent 10 à 20 unités d'azote de plus que des blés plus anciens, tels que 'Cappelle' et 'Étoile de Choisy'.



*Photos Pierre Bringé, Min. de l'Agri*

Hier, moisson traditionnelle. Après le passage de la faucheuse-lieuse les gerbes sont placées en moyettes, ensuite en meules en attendant le battage.

Aujourd'hui tout le travail est mécanisé.

La récolte du blé se fait au moyen d'une moissonneuse-batteuse. Elle fauche le blé, bat et met le grain en sac ou dans une trémie qu'on vidange dans une remorque étanche. Lorsque la paille doit être récupérée et qu'elle n'est pas mise en bottes par la moissonneuse, elle est placée en andains qu'une ramasseuse-presse met en balles (photo du bas à gauche), il suffit ensuite d'utiliser une ramasseuse (photo du bas à droite) pour les rentrer à l'abri.



*Photo A Jasse-Ferguso*

*Photos Pierre Bringé, Min. de l'Agri*



## D. SEMIS.

### 1° DATE.

Les périodes de semis optimales semblent être les suivantes :

- a) pour un **blé d'hiver** :  
— dans le Nord et le Bassin parisien, 15 octobre-15 novembre;  
— dans l'Ouest et le Sud, 1<sup>er</sup> novembre-1<sup>er</sup> décembre;
- b) pour un **blé alternatif** : 1<sup>er</sup> février-15 mars;
- c) pour un **blé de printemps** : 15 février-1<sup>er</sup> avril.

### 2° DENSITÉ.

Une densité trop forte (cas encore fréquent) est un facteur de verse, de piétin et un gaspillage de semences.

Pour un **blé d'hiver**, la densité optimale est de l'ordre de 250 plantes au mètre carré ce qui correspond à une dose de 90 à 130 kg/ha.

Pour un **blé de printemps**, la densité optimale se situe à 300 - 350 plantes au mètre carré.

### 3° PROFONDEUR.

Rappelons qu'un semis trop profond nuit à la **levée** (lente et mauvaise), **au tallage**, et sensibilise la plante au froid, et au piétin.

Pratiquement en sols de limons, 1 à 2 cm suffisent; en sols légers, s'asséchant en surface, le semis pourra être un peu plus profond et atteindre 3 à 4 cm au maximum.

### 4° TRAITEMENT DES SEMENCES.

Contre la carie, les fusarioses et septorioses, il faut traiter la semence peu avant le semis, à l'aide de composés organomercuriques ou d'oxyquinoléate de cuivre (200 g/q). Le thirame ou **TMDT**, le captane ne sont efficaces que contre la fusariose (*Fusarium nivale*) et les septorioses. Il faut essentiellement veiller à ce que le produit soit mélangé à la semence de façon homogène et sans dépasser notablement la dose prescrite.

Contre le charbon nu, on traitera à la *carboxine* (200-300 g/q).

## E. SOINS D'ENTRETIEN.

### 1° APRÈS L'HIVER.

Si l'on constate un déchaussement des plantes après l'hiver, un *roulage* ou *croskillage* peut s'imposer. Mais, en aucun cas, il ne faut herser, en raison des blessures et destructions de talles herbacées que peut occasionner le passage de la herse.

II-16. — Champ de blé d'hiver, en fin de montée, envahi par du vulpin, ici en pleine floraison.

Photo S.P.I.E.A.



## 2° DÉSHÉRBAGE.

L'époque et la nature du traitement vont varier principalement avec la nature des adventices à détruire.

**a) Lutte contre les dicotylédones.** Celle-ci est possible à des stades très variés du développement de la céréale.

— *Du stade « 3 feuilles » à la fin du tallage, les colorants nitrés* (DNO, dinosèbe ou DNBP) sont actifs sur la plupart des plantules de dicotylédones; le dinosèbe doit toutefois être appliqué par température de 10 à 15 OC. On le destinera donc plus spécialement au désherbage du blé de printemps.

— *Du début du tallage à la fin de la montée* (avant le stade gonflement) deux phytohormones, *le MCPB et le mécoprop ou MCPP* peuvent être utilisées soit seules soit en association (contre gaillet-gratteron et stellaire notamment).

— *Du milieu ou de la fin du tallage au début de la montée*, diverses associations sont utilisables. Telles *2,4 MCPA ou mécoprop + dicamba, 2,4-D 2,4-MCPA mécoprop*, etc.

— *Du milieu du tallage à la fin de la montée*, les associations *2,4 5-T + 2,4-MCPA* peuvent être actives à l'égard de plusieurs dicotylédones telles que la véronique et l'ortie royale.

Certaines variétés sont cependant sensibles aux phytohormones et ne doivent pas être traitées, ou à doses assez faibles, avec ces produits, citons :

— *variété extrêmement sensible* : 'Progress';

— *variétés sensibles* (doses limites : 1 kg/ha de matière active) 'Elite', 'Etoile de Choisy', 'Heurtebise', 'Marne'.

— *variétés peu sensibles* (dose limite : 2 kg/ha de matière active) 'Artois', 'Cappelle', 'Champlein', 'Magdaléna', 'Poncheau'.

**b) Lutte contre les graminées.** Celle-ci est possible en pré- ou en post-levée du blé.

— *Avant la levée du blé* : sont utilisables *le néburon, le nitroféne* ou l'association des deux, particulièrement efficace à l'égard du vulpin, de l'agrostide — jouet-du-vent et le paturin annuel. Une triazine, la *terbutryne* est également à conseiller pour lutter contre le vulpin, l'ivraie, les bromes, le raygrass italien et la plupart des dicotylédones.

— *Après la levée du blé* : sont utilisables divers produits : le *lénacile*, le *métoxuron*, le *métabenzthiazuron*, la *métoprotryne*, les associations métoprotryne + simazine et dichlobenil + monolinuron.

Ces traitements comme ceux de pré-levée, sont efficaces contre le vulpin, l'agrostide jouet-du-vent et le paturin annuel. Notons qu'à l'égard de la folle-avoine, aucun, à l'exception du *métoxuron*, n'est efficace.

## F. RÉCOLTE.

La récolte se fait aujourd'hui dans la quasi totalité des cas, à la moissonneuse-batteuse, à surmaturité.

L'humidité du grain optimale se situe à 14-15 %; au-dessus de 16 % il y a risque de « chauffe »; une aération est nécessaire lors du stockage.

Les rendements que l'on peut attendre actuellement (1971) d'un très bon blé d'hiver sont de l'ordre de 60 à 65 q/ha de grain; au-dessous de 40 q, on peut les considérer comme médiocres.

En blé de printemps, les meilleures variétés atteignent actuellement 50 q/ha de grain.

## BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE II

- BONNET (O. T.). 1936. — The development of the wheat spike. *Ioura. of Agric. Res.*, 53, 445-450.
- CARLES (S.), SOURIES (L.) et GADET (R.). 1960. — Étude physiologique de la verse du blé. *Ann. Physiol. végét.*, 3, 143-169.
- CAUDERON (A.). 1961. — Problèmes posés par la production de semences chez les céréales allogames. *Congr. National Semences + 1961*, 105-111.
- DIEHL (R.). 1952. — Quelques aspects de la résistance au froid chez les céréales d'hiver. *Ann. Amél. Plantes*, 2, 257-303.
- DOUSSINAULT (G.). 1970. — Problèmes posés par l'amélioration de la résistance du blé tendre vis-à-vis du piétin-verse (*Cercospora herpotrichoides* Fron). *Ann. Amél. Plantes* 20, 4, 433-452.
- FRIDSEN (D. J. C.) et PURVIS (O. W.). 1963. — Studies on vernalization of cereals : The thermal reactions in vernalisation. *Ann. Bot.* T. 27, 108, 553-579.
- GESLIN (H.). 1944. — Étude des lois de croissance d'une plante en fonction du climat, *Contribution à l'étude du climat du blé*. Thèse Fac. Sciences, Paris, 116 p.
- GOUJON (Cl.). 1969. — Les blés hybrides. *Bull. Techn. Inf.*, 244, 791-798.
- GUILBOT (A.). 1969. — Aspects généraux du problème de la qualité des blés. *Bull. Techn. Inf.*, 244, 843-852.
- HÉBERT (J.). 1969. — La fumure azotée du blé tendre d'hiver. *Bull. Techn. Inf.*, 244, 755-766.
- HERTZOG (M.). 1966. — Techniques de production des semences de plantes autogames. C. R. *Congrès National Semences*, Paris, juin 1966, 974-1000.
- JONARD (P.). 1949. — Le tallage chez le blé. *Bull. Tech. Inf.* 41, 357-363.
- 1964. — Étude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. *Ann. Amél. Plantes*, 14, 2, 101-130.
- JONARD (P.), KOLLER (J.) et VINCENT (A.). 1952. — Évolution de la tige et de l'épi chez la variété de blé Vilmorin 27 au cours de la période de reproduction. *Ann. Amél. Plantes*, 1, 1-24.
- DER KATCHADOURIAN (L.) et PEQUIGNOT (R.). 1967. — Évolution des principales productions végétales au cours des dernières années. *C. R. Acad. Agriculture*, 53, 9, 653-673.
- LHOSTE (J.) et VERNIE (F.). 1966. — Influence du C. C. C. sur la croissance du blé cultivé en France. *Déf. Vég.* 20, 117, 7-15.
- PAQUET (J.). 1964. — Phases d'évolution des matières protéiques dans le grain de blé tendre entre la fécondation, et la maturité (semis d'automne). *Bull. Ec. Meunerie*, 199, janv.-fév. 1964.
- 1963. — Sur l'appréciation de la valeur boulangère dans divers pays européens. *Ann. Amél. Plantes*, 13, 3, 253-268.
- 1969. — Les blés nains. *Bull. Techn. Inf.* 244, 779-790.
- PONCHET (J.) et COPPENET (M.). 1957. — Le problème du piétin-échaudage des céréales dans les sols bretons. *Ann. Phytatrie. Phytopharmacie*, 6, 157-164.
- PONCHET (J.) et PIGNAT (H. C.). 1962. — Effet des moisissures sur la conservation des grains de blé et d'orge humides. *Ann. Epiphyties*, 13, 1, 47-57.
- S.P.I.E.A. 1967. — La fumure azotée optimum du blé en France de 1964 1966. *Bull. Engrais*, 496, p. 29, fév. 1967.
- SOURIES (L.) et al. 1961. — La productivité de l'azote appliqué sur blé d'hiver et ses variations dans la région toulousaine. *C. R. Acad. Agric.*, mai 1961, 458-463.
- 1960. — Étude physiologique de la verse du blé. *Ann. Physiol. Végétale*, 3, 143-169.
- VINCENT (A.). 1965. — Actions physiologiques du froid sur le blé. *Bull. Anc. Elèves Ec. Fr. Meun.* 205, 7-8.
- VINCENT (A.) et GOUJON (Cl.). 1964. — Résistance au froid chez le blé. I. Association entre vernalisation et résistance par endurissement. *Ann. Amél. Plantes*, 14, 1, 39-56.
- X... 1969. — Le blé. Quelques nouveautés techniques en matière de production et d'utilisation. *Bull. Techn. Inf.* 244, oct.-nov. 1969, p. 190.