

## CRITÈRES INDUSTRIELS ET CRITÈRES DE SÉLECTION POUR APPRÉCIER LA VALEUR D'UTILISATION DES BLÉS TENDRES (1)

A. BOURDET, Renée BERRIER et J.-C. AUTRAN

avec la collaboration technique de Raymonde CLAUD

*Laboratoire de Recherches sur la Qualité des Blés, I. N. R. A.,  
École nationale supérieure de Meunerie et des Industries céréalières,  
16, rue Nicolas Fortin  
75013 Paris*

---

### RÉSUMÉ

L'appréciation de la valeur boulangère de différents types de blé tendre a été effectuée soit directement à l'aide d'essais de cuisson, soit indirectement par diverses méthodes physiques, chimiques, rhéologiques et enzymatiques, les unes relevant du contrôle industriel classique, les autres spécialement adaptées à de faibles quantités de matériel.

Deux types d'essais de cuisson ont été utilisés : l'un réalisé au fournil expérimental sur 2 kg de farine selon la technique française de pétrissage intensifié ; l'autre est un test de laboratoire à échelle réduite qui utilise seulement 40 g de farine.

Après avoir précisé comment se répartissaient, entre les divers blés, les valeurs fournies par les différents tests directs ou indirects, on compare l'influence exercée sur le volume des pains par un traitement mécanique ou chimique des pâtes et discute de leur « tolérance » avant la mise au four.

Les résultats fournis par les deux méthodes de cuisson sont comparés, et on présente les corrélations associant significativement ou non les différents tests indirects au volume des pains obtenus selon chaque procédé.

On discute enfin de la signification technologique qu'il convient d'attribuer aux critères industriels classiques et aux microtests destinés à la sélection, et on souligne l'intérêt que présenterait, à ce niveau, un microtest de cuisson servant de référence pour apprécier de façon plus générale le potentiel technologique des blés.

Mots clés : *blés tendres, valeur d'utilisation, méthodes d'appréciation, essais de cuisson, sélection.*

---

(1) Travail réalisé sous l'égide et avec l'aide de la Délégation générale à la Recherche scientifique et technique, dans le cadre de l'action concertée n° 68-01-135.

## I. — INTRODUCTION

Il en est des blés tendres comme de toute matière première destinée à être transformée : leur valeur d'utilisation diffère selon la nature des produits finis à obtenir. Tel blé convenant à la boulangerie répondra mal ou pas du tout aux besoins de la biscuiterie ou de la biscotterie et inversement.

Si les influences exercées sur les caractéristiques intrinsèques de cette matière première lors de sa production (sol, climat, méthodes culturales), puis de sa transformation, ne sauraient être négligées, il est de plus en plus évident, aux yeux des utilisateurs, que le problème de la qualité technologique des blés se situe d'abord au niveau variétal.

Pour que la production puisse disposer de semences détenant toutes les caractéristiques technologiques souhaitées par les différents secteurs de l'utilisation, il est essentiel que soient mis en œuvre, et aussi précocement que possible dans les programmes de sélection, des critères capables de rendre compte du potentiel technologique des futures variétés.

Parce que la boulangerie constitue le domaine principal d'utilisation, c'est dans l'optique particulière de l'aptitude des blés à la panification qu'a été entreprise la présente étude. En se référant au comportement à la cuisson des principales variétés de blé actuellement cultivées, elle se proposait de préciser la signification technologique des critères de qualité les plus couramment utilisés en meunerie et en boulangerie, comparativement à certaines microméthodes, dont un essai de cuisson miniaturisé, plus particulièrement destinées aux études de sélection.

## II. — MATÉRIELS ET MÉTHODES

## A. — Nature des échantillons étudiés

Les travaux ont porté sur 17 variétés françaises de blé tendre représentant au total 28 échantillons répartis sur trois années de production : 16 concernent la récolte 1968, 2 celle de 1969 et 10 la récolte 1970. En voici la liste, qui comporte 13 variétés d'hiver et 4 de printemps (\*) et précise le nombre d'échantillons correspondants (tabl. 1).

TABLEAU I  
Nature des échantillons de blé étudiés

Variétés	Récolte 1968	Récolte 1969	Récolte 1970	Variétés	Récolte 1968	Récolte 1970
Aronde*	1			Magdalena		1
Atys*		1		Major		3
Capitole	2	1		Montjoie		1
Cappelle	2			Ouest	1	
Champlein	2			Progress*	1	
Dragon			2	Rex*	2	
Étoile de Choisy	1			Splendeur	1	
Flinor			1	Wimax	1	2
Joss	2					

Selon les quantités de grain disponibles (de 10-12 kg à 200-300 kg), la préparation des farines a été réalisée au moulin type semi-industriel (taux d'extraction TE = 72-75 p. 100), soit au moulin Bradenber Senior (TE = 70 p. 100 environ), soit encore, pour les 10 échantillons de la récolte 1970, au moulin d'essai Miag (TE = 74 - 76 p. 100).

Pour certaines méthodes applicables à des moutures intégrales des grains, le broyage a été effectué sur quelques dizaines de grammes au broyeur à marteaux de laboratoire type Culatti.

## B. — Méthodes utilisées

L'appréciation de la qualité a été effectuée soit directement à l'aide d'essais de cuisson, soit indirectement à l'aide de diverses méthodes, les unes relevant du contrôle industriel classique, les autres spécialement adaptées à de faibles prises d'échantillons.

## 1. Essais de cuisson.

Ils ont été réalisés sur les mêmes échantillons selon deux méthodes : l'une, dite de pétrissage intensifié, conçue dans l'optique particulière de la technique actuelle de panification française et récemment modifiée dans le cadre du C. N. E. R. N. A. (1969) ; réalisée au fournil expérimental, elle nécessite de 1,5 à 2 kg de farine. L'autre est une méthode de laboratoire à échelle réduite, élaborée par nos soins, qui n'utilise que 40 g de farine (BOURDET et BERRIER, 1971).

## a) Panification fournil.

Elle réclame comme principaux équipements des pétrins type Artofex à mouvement cycloïdaux et à deux rapports de vitesse (50 et 70 tr/mn), une chambre de fermentation, un four de cuisson de grande capacité avec dispositif de production de buée, un appareil de mesure du volume des pains.

On incorpore à la farine 2 p. 100 de son poids de levure, 2,2 p. 100 de sel et une quantité d'eau telle que la consistance de la pâte obtenue, déterminée préalablement au farinographe après 12 minutes de pétrissage, soit voisine de 300 UB. La confection de la pâte destinée à l'essai comporte un pétrissage d'une durée totale de 20 minutes se décomposant en une première phase de 3 minutes à vitesse lente, d'une deuxième phase de 12 minutes à vitesse rapide suivie d'un repos de 3 minutes enfin d'une dernière phase de 5 minutes à vitesse rapide. Le nombre total de brassages est de 1 400.

La première fermentation en masse (dite « pointage »), réalisée à 27°C et vers 70 p. 100 d'humidité relative, contrôlée par un mesureur de pousse, a une durée de 1 heure à 1 heure 30. La pâte est ensuite divisée en 6 pâtons de chacun 350 g qui subissent un repos d'environ 15 minutes avant d'être façonnés et soumis à une seconde fermentation à 27°C sur couche (dite « apprêt ») dont la durée peut varier de 1 heure 45 à 2 heures 30 selon les farines.

La cuisson, réalisée directement sur sole à 260°C en présence d'un excès de vapeur d'eau, est de 25 minutes. La mesure du volume des pains intervient 1 heure après la sortie du four.

## b) Panification de laboratoire à échelle réduite.

L'équipement utilisé, en rapport avec la prise d'essai, se compose de micropétrins type Mixographe, munis de broches, à cuve fixe (170 ml) et à tête mobile de vitesse constante (90 tr/mn), d'une étuve de fermentation à température et hygrométrie contrôlées, d'un four de cuisson type Chopin de faible capacité (cuisson simultanée possible de 5 à 6 pâtons), de moules métalliques de forme tronc-pyramidale (250 ml) et d'un dispositif de mesure du volume des pains.

Les doses de levure et de sel sont les mêmes que précédemment et les taux d'hydratation des farines sont déterminés au préalable à l'aide du microfarinographe (10 g) pour une même consistance de 300 UB. Le pétrissage est réalisé en continu pendant 9 minutes soit 810 tours au total.

Le pâton (60 à 70 g selon les farines) subit une première fermentation de 1 heure à 27°C ; il est ensuite façonné manuellement, déposé dans le moule et soumis à une seconde fermentation de 2 heures 30 à 27°C.

La cuisson s'effectue directement dans le moule pendant 20 minutes à 250°C ; on mesure le volume du pain 2 heures après sa sortie du four.

Alors que, dans l'essai fournil, la pâte est constituée essentiellement de farine, eau, levure et sel, les essais à échelle réduite ont été conduits selon deux formules, l'une comportant une addition de saccharose (1,5 p. 100 de la farine), l'autre d'acide ascorbique (5 mg p. 100 g de la farine). L'adjonction de saccharose, sans influence appréciable à la dose utilisée sur les propriétés rhéologiques des pâtes, visait à prévenir les déficiences éventuelles des farines en sucres fermentescibles, de sorte que ce paramètre ne constituât pas un facteur limitant.

## I. — INTRODUCTION

Il en est des blés tendres comme de toute matière première destinée à être transformée : leur valeur d'utilisation diffère selon la nature des produits finis à obtenir. Tel blé convenant à la boulangerie répondra mal ou pas du tout aux besoins de la biscuiterie ou de la biscotterie et inversement.

Si les influences exercées sur les caractéristiques intrinsèques de cette matière première lors de sa production (sol, climat, méthodes culturales), puis de sa transformation, ne sauraient être négligées, il est de plus en plus évident, aux yeux des utilisateurs, que le problème de la qualité technologique des blés se situe d'abord au niveau variétal.

Pour que la production puisse disposer de semences détenant toutes les caractéristiques technologiques souhaitées par les différents secteurs de l'utilisation, il est essentiel que soient mis en œuvre, et aussi précocement que possible dans les programmes de sélection, des critères capables de rendre compte du potentiel technologique des futures variétés.

Parce que la boulangerie constitue le domaine principal d'utilisation, c'est dans l'optique particulière de l'aptitude des blés à la panification qu'a été entreprise la présente étude. En se référant au comportement à la cuisson des principales variétés de blé actuellement cultivées, elle se proposait de préciser la signification technologique des critères de qualité les plus couramment utilisés en meunerie et en boulangerie, comparativement à certaines microméthodes, dont un essai de cuisson miniaturisé, plus particulièrement destinées aux études de sélection.

## II. — MATÉRIELS ET MÉTHODES

## A. — Nature des échantillons étudiés

Les travaux ont porté sur 17 variétés françaises de blé tendre représentant au total 28 échantillons répartis sur trois années de production : 16 concernent la récolte 1968, 2 celle de 1969 et 10 la récolte 1970. En voici la liste, qui comporte 13 variétés d'hiver et 4 de printemps (\*) et précise le nombre d'échantillons correspondants (tabl. 1).

TABLEAU I  
Nature des échantillons de blé étudiés

Variétés	Récolte 1968	Récolte 1969	Récolte 1970	Variétés	Récolte 1968	Récolte 1970
Aronde*	1			Magdalena.....		1
Atys*		1		Major.....		3
Capitole.....	2	1		Montjoie.....		1
Cappelle.....	2			Ouest.....	1	
Champlein.....	2			Progress*.....	1	
Dragon.....			2	Rex*.....	2	
Étoile de Choisy...	1			Splendeur.....	1	
Flinor.....			1	Wimax.....	1	2
Joss.....	2					

Selon les quantités de grain disponibles (de 10-12 kg à 200-300 kg), la préparation des farines a été réalisée au moulin type semi-industriel (taux d'extraction TE = 72-75 p. 100), soit au moulin Bradenber Senior (TE = 70 p. 100 environ), soit encore, pour les 10 échantillons de la récolte 1970, au moulin d'essai Miag (TE = 74 - 76 p. 100).

Pour certaines méthodes applicables à des moutures intégrales des grains, le broyage a été effectué sur quelques dizaines de grammes au broyeur à marteaux de laboratoire type Culatti.

## B. — Méthodes utilisées

L'appréciation de la qualité a été effectuée soit directement à l'aide d'essais de cuisson, soit indirectement à l'aide de diverses méthodes, les unes relevant du contrôle industriel classique, les autres spécialement adaptées à de faibles prises d'échantillons.

## 1. Essais de cuisson.

Ils ont été réalisés sur les mêmes échantillons selon deux méthodes : l'une, dite de pétrissage intensifié, conçue dans l'optique particulière de la technique actuelle de panification française et récemment modifiée dans le cadre du C. N. E. R. N. A. (1969) ; réalisée au fournil expérimental, elle nécessite de 1,5 à 2 kg de farine. L'autre est une méthode de laboratoire à échelle réduite, élaborée par nos soins, qui n'utilise que 40 g de farine (BOURDET et BERRIER, 1971).

## a) Panification fournil.

Elle réclame comme principaux équipements des pétrins type Artofex à mouvement cycloïdaux et à deux rapports de vitesse (50 et 70 tr/mn), une chambre de fermentation, un four de cuisson de grande capacité avec dispositif de production de buée, un appareil de mesure du volume des pains.

On incorpore à la farine 2 p. 100 de son poids de levure, 2,2 p. 100 de sel et une quantité d'eau telle que la consistance de la pâte obtenue, déterminée préalablement au farinographe après 12 minutes de pétrissage, soit voisine de 300 UB. La confection de la pâte destinée à l'essai comporte un pétrissage d'une durée totale de 20 minutes se décomposant en une première phase de 3 minutes à vitesse lente, d'une deuxième phase de 12 minutes à vitesse rapide suivie d'un repos de 3 minutes enfin d'une dernière phase de 5 minutes à vitesse rapide. Le nombre total de brassages est de 1 400.

La première fermentation en masse (dite « pointage »), réalisée à 27°C et vers 70 p. 100 d'humidité relative, contrôlée par un mesureur de pousse, a une durée de 1 heure à 1 heure 30. La pâte est ensuite divisée en 6 pâtons de chacun 350 g qui subissent un repos d'environ 15 minutes avant d'être façonnés et soumis à une seconde fermentation à 27°C sur couche (dite « apprêt ») dont la durée peut varier de 1 heure 45 à 2 heures 30 selon les farines.

La cuisson, réalisée directement sur sole à 260°C en présence d'un excès de vapeur d'eau, est de 25 minutes. La mesure du volume des pains intervient 1 heure après la sortie du four.

## b) Panification de laboratoire à échelle réduite.

L'équipement utilisé, en rapport avec la prise d'essai, se compose de micropétrins type Mixographe, munis de broches, à cuve fixe (170 ml) et à tête mobile de vitesse constante (90 tr/mn), d'une étuve de fermentation à température et hygrométrie contrôlées, d'un four de cuisson type Chopin de faible capacité (cuisson simultanée possible de 5 à 6 pâtons), de moules métalliques de forme tronc-pyramidale (250 ml) et d'un dispositif de mesure du volume des pains.

Les doses de levure et de sel sont les mêmes que précédemment et les taux d'hydratation des farines sont déterminés au préalable à l'aide du microfarinographe (10 g) pour une même consistance de 300 UB. Le pétrissage est réalisé en continu pendant 9 minutes soit 810 tours au total.

Le pâton (60 à 70 g selon les farines) subit une première fermentation de 1 heure à 27°C ; il est ensuite façonné manuellement, déposé dans le moule et soumis à une seconde fermentation de 2 heures 30 à 27°C.

La cuisson s'effectue directement dans le moule pendant 20 minutes à 250°C ; on mesure le volume du pain 2 heures après sa sortie du four.

Alors que, dans l'essai fournil, la pâte est constituée essentiellement de farine, eau, levure et sel, les essais à échelle réduite ont été conduits selon deux formules, l'une comportant une addition de saccharose (1,5 p. 100 de la farine), l'autre d'acide ascorbique (5 mg p. 100 g de la farine). L'adjonction de saccharose, sans influence appréciable à la dose utilisée sur les propriétés rhéologiques des pâtes, visait à prévenir les déficiences éventuelles des farines en sucres fermentescibles, de sorte que ce paramètre ne constituât pas un facteur limitant.

En additionnant la pâte d'acide ascorbique, seul additif chimique de panification admis par la législation française, nous avons cherché à réaliser par cette voie l'amélioration obtenue par traitement mécanique en pétrissage intensifié.

Pour les deux méthodes, les résultats des essais sont exprimés par le volume des pains obtenus (ml) pour 100 g de farine telle quelle mise en œuvre.

### 2. Méthodes classiques de contrôle.

Les caractéristiques des grains et des farines, soit physiques (poids de 1 000 grains, vitrosité), soit chimiques (teneur en matières minérales et en protides totaux), soit rhéologiques (indices alvéographiques W, G, P et P/L), soit enzymatiques (indice de temps de chute), ont été déterminées selon les méthodes appliquées classiquement aux blés tendres, méthodes qui viennent d'être rassemblées et décrites en détail dans une brochure récemment éditée (MAUZE *et al.*, 1972).

### 3. Méthodes à échelle réduite.

Elles font appel à différentes caractéristiques rhéologiques, physico-chimiques et biochimiques des grains ou des farines.

#### a) Microfarinographe.

Utilisant des prises d'essai de 10 g, la méthode a été appliquée soit aux farines, soit aux moutures intégrales des grains correspondants.

Pour les pâtes de farine, on détermine la quantité d'eau nécessaire (taux d'hydratation) pour obtenir une consistance de 300 UB après 12 minutes de pétrissage, identique à celle utilisée pour les essais de cuisson.

Le procédé appliqué aux pâtes de grains broyés, selon le protocole défini par LECLERCQ (1961) pour des prises d'essai de 50 g, utilise au contraire une hydratation constante de 70 p. 100. On détermine ainsi la consistance (UB) de la pâte obtenue après un pétrissage de 12 minutes, et une surface S (cm<sup>2</sup>) extérieure à la courbe qui combine les mesures de consistance et de développement.

#### b) Indice de sédimentation.

Établie en 1947 par ZELNY, puis revue en 1957 (PINCKNEY *et al.*), la méthode utilise 3,2 g de farine préparés dans des conditions définies (taux d'extraction 15 p. 100 environ).

Elle est fondée sur la capacité de gonflement des protéines du gluten en milieu acide et consiste à mesurer le volume (ml) du sédiment d'une suspension de farine dans l'acide lactique, dans des conditions d'agitation et de repos normalisées.

#### c) Capacité d'absorption.

Comme la précédente, cette méthode, proposée par FINNEY et YAMAZAKI (1946), utilise la capacité d'hydratation des protéines en milieu acide.

Elle a été pratiquée sur grains broyés. La prise d'essai (2 g) est mise en suspension dans une solution d'acide lactique 20 p. 100 ; après 15 minutes de repos, on centrifuge 10 minutes à 25 000 g et élimine le surnageant. La quantité d'eau retenue est déterminée par la différence de poids avant et après l'opération. Les résultats sont exprimés en pourcentages.

#### d) Composition protéique du gluten.

Le protocole expérimental inspiré d'OSBORNE (FEILLET, 1965 ; BOURDET, 1966), permettant de déterminer les principaux groupes protéiques sur la base de leurs caractères de solubilité, a été adapté à de faibles prises d'essai et simplifié pour permettre des déterminations de série. Cette version utilise la glycolmonochlorhydrine (GMC) au lieu de l'éthanol pour solubiliser la fraction gliadine, ce qui a pour avantage de supprimer toute agitation et d'abrèger les opérations. La validité de la méthode a été contrôlée quantitativement par comparaison avec des extraits éthanoliques classiques et qualitativement par électrophorèse.

Voici l'essentiel de ce protocole appliqué à 1 g (s.s.) de grain broyé : extraction des protéines solubles par NaCl 0,5 M, pH 6,8 (5 ml) 1 heure au froid, puis des gliadines par GMC 25 p. 100 (15 heures + 5 heures + 1 heure) à température ambiante. On décante séparément et directement dans un matras les extraits NaCl et GMC pour dosage de l'azote. La gluténine est calculée par différence entre N total grain — (N NaCl + N GMC). Chaque détermination implique trois dosages d'azote ; on peut travailler par séries de 8 échantillons.

## III. — RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les différentes méthodes de nature physique, chimique, rhéologique ou enzymatique donnent d'intéressantes indications sur les caractéristiques des blés et des farines. Elles ne fournissent toutefois qu'une information incomplète sur leur comportement au stade de la cuisson.

Parce qu'il traduit de façon globale l'influence des divers facteurs connus et inconnus en cause, l'essai de cuisson apparaît donc comme la méthode la plus objective pour apprécier la valeur d'utilisation des blés.

Dans le cadre particulier de cette étude concernant la valeur boulangère, nous exposerons successivement les résultats des essais de cuisson standards et miniaturisés, ceux relatifs aux tests de contrôle usuels, puis ceux fournis par les méthodes à échelle réduite. Nous examinerons enfin dans quelle mesure ces différentes données sont associées entre elles.

### A. — Critères directs d'appréciation. Essais de cuisson

#### a) Répétabilité et reproductibilité des résultats.

Critère objectif d'appréciation, l'essai de cuisson ne peut constituer une référence valable que dans la mesure où il offre une répétabilité et une reproductibilité suffisantes.

Dans la méthode de panification réalisée au fournil, on retient comme valeur caractéristique d'un échantillon le volume moyen des 6 pains obtenus. Les pâtons subissant des temps de fermentation variables avant la mise au four, la dispersion des 6 valeurs est, dans les meilleures conditions, de  $\pm 3$  à  $\pm 5$  p. 100 pour un même fournil.

TABEAU 2

Variation du volume des pains obtenus à partir d'un même échantillon de farine (essai fournil)

Fournil B	Volume moyen des 6 pains (ml)						Volume moy. (ml)	Coefficient de variation p. 100
	754	764	797	858	857	815		
Fournils	Volume moyen par fournil (ml)				757	$\pm 5,8$		
	A	B	C	D				
	778	807,5	736	707				

Lorsqu'un même échantillon est panifié par plusieurs fournils, une nouvelle dispersion entre les volumes moyens (de l'ordre de  $\pm 6$  p. 100 en moyenne) vient s'ajouter à la précédente, comme l'ont montré des circuits d'analyse comportant plusieurs participants (B. I. P. E. A., 1970 à 1972).

Nous indiquons ci-dessus (tabl. 2), à titre d'exemple, quelques résultats significatifs empruntés à un de ces circuits montrant les variations de volume des pains

obtenus à partir d'un même échantillon de farine, par un même fournil d'une part, entre quatre fournils d'autre part. Les volumes indiqués (ml) correspondent à une prise d'essai de 350 g de pâte (210 à 215 g de farine selon l'hydratation), mais sont rapportés à 100 g de farine telle quelle.

Compte tenu de ces variations, les résultats relatifs aux 28 échantillons rapportés dans cette étude ne concernent qu'un seul et même fournil dont la compétence et l'expérience en matière d'essais de panification s'appuient sur une pratique quasi quotidienne.

Les conditions de l'essai miniaturisé ne permettent, pour un échantillon donné, de confectionner qu'un seul pâton à la fois. Des répétitions successives sur différents types de blé ont permis de s'assurer, comme l'indiquent les valeurs suivantes, que la variation entre les volumes atteignait au plus  $\pm 2,5$  à  $\pm 3$  p. 100 quelle que soit la nature des additifs (tabl. 3).

TABLEAU 3

Variation du volume des pains pour différents types de blé (micro-essai)

Variétés	Nbre répét.	Volume pain/40 g farine					Moyenne	Coeff. de variation p. 100
Étoile de Choisy ..	5	180	180	180	190	180	182	$\pm 2,4$
Cappelle .....	5	240	240	240	240	240	240	0
Capitole .....	5	280	270	285	270	280	277	$\pm 2,4$

#### b) Résultats comparés des essais fournil et laboratoire.

Parce qu'il a été conçu dans ce but, l'essai de cuisson réalisé au fournil vise essentiellement à apprécier le comportement des différents types de farine dans les conditions qui sont celles de la technique française de panification. Il est donc la résultante de caractéristiques fermentaires et plastiques données, ces dernières étant valorisées sous l'influence du pétrissage intensifié.

L'essai de cuisson miniaturisé, pratiqué selon les deux formules indiquées, repose, comme dans le premier cas, sur une amélioration des propriétés plastiques, à cette différence près qu'une action chimique (acide ascorbique) se substitue au traitement mécanique, non réalisable à cette échelle avec l'équipement utilisé. Il vise en outre, en éliminant les variations possibles sur le plan fermentaire (addition de saccharose), à apprécier certains aspects particuliers de ces propriétés plastiques et notamment l'aptitude plus ou moins marquée des pâtes à se développer sous l'influence d'une poussée gazeuse prolongée, caractéristiques de très grande importance en technologie boulangère.

Les résultats obtenus sur les mêmes 28 échantillons selon ces deux méthodes sont résumés dans le tableau 4. On notera que les micro-essais comportant une addition de saccharose ont été réalisés à deux durées d'apprêt (2 heures 30 et 3 heures).

On constate que les volumes moyens des pains obtenus dans les différentes condi-

tions du micro-essai restent inférieurs à celui fourni par le pétrissage intensifié.

Les distributions relatives des valeurs par rapport à la moyenne, calculées à partir des écarts-types, font apparaître, en revanche, que les volumes des pains se répartissent sur une échelle notablement plus large dans le cas des micro-essais (16,5 à 20,6 p. 100) que dans le cas des essais fournil (9,9 p. 100).

TABLEAU 4

Résultats comparés des essais de cuisson en version classique et micro-essais

N = 28	Volumes des pains (ml/100 g farine)			
	Fournil	Micro-essais		
		+ ac. ascorbique	+ saccharose	
			2 h 30	2 h 30
Extrêmes .....	535-825	475-825	350-750	325-750
Moyennes .....	688	617	592	600
Distribution relative p. 100	$\pm 9,9$	$\pm 16,5$	$\pm 17,9$	$\pm 20,6$

Il n'apparaît pas que le fait d'utiliser des moules soit plus favorable à la différenciation des échantillons que la cuisson traditionnelle sur sole. Au contraire, comme l'indiquent les valeurs suivantes empruntées à une étude antérieure ayant concerné 13 échantillons panifiés dans les conditions du pétrissage intensifié (BOURDET *et al.*, 1971), la distribution relative des volumes se révèle plus faible lorsque la cuisson

TABLEAU 5

Variation du volume des pains obtenus en moules ou sur sole

N = 13	Volumes extrêmes (ml)	Volume moyen (ml)	Distribution relative p. 100
Moules	408-554	506	$\pm 8,6$
Sole	341-603	537	$\pm 14,6$

est réalisée en moules que lorsqu'elle est faite sur sole. Il en est de même en ce qui concerne le volume moyen des pains obtenus (tabl. 5).

Il semble donc que la technique du pétrissage intensifié tende à niveler les différences d'aptitude boulangère entre les divers types de blés ; les conditions utilisées

en micro-essais, indépendamment de l'emploi de moules, tendent au contraire à les accroître, offrant ainsi une meilleure différenciation.

Les volumes des pains obtenus en micro-essais en présence d'acide ascorbique sont significativement associés à ceux auxquels conduit l'addition de saccharose, que la durée d'apprêt soit de 2 heures 30 ( $r = + 0,55$ ) ou de 3 heures ( $r = + 0,52$ ).

En revanche, une corrélation à la limite de signification ( $r = + 0,37$  pour  $N = 28$  et sécurité 95 p. 100) associe les volumes des pains obtenus en pétrissage intensifié et ceux des micro-essais, et ceci uniquement pour la formule acide ascorbique. C'est en effet seulement en présence de cet améliorant, pour les essais à échelle réduite, que le volume moyen des pains (617 ml) est le plus proche de celui des essais réalisés au fournil (688 ml).

#### c) Influence de l'acide ascorbique sur le volume des pains.

Les interprétations qui suivent montrent en fait que l'influence de l'acide ascorbique n'est pas identique pour tous les types de blé.

Si le volume du pain est, pour une très large part, l'expression des propriétés plastiques associées à telle ou telle variété, on peut considérer, dès l'instant où l'approvisionnement en sucres fermentescibles se trouve assuré, que la formule comportant une addition de saccharose constitue, du point de vue des caractéristiques plastiques, l'essai de référence. On peut alors, par comparaison à cet essai témoin, préciser la réaction des différentes variétés.

On constate ainsi que l'incorporation d'acide ascorbique se traduit par une amélioration de volume pour 17 échantillons (61 p. 100 des cas), par un volume inchangé pour 4 échantillons (14 p. 100 des cas) alors que les 7 autres accusent une diminution.

L'accroissement de volume est en moyenne de 18 p. 100. Il apparaît très important pour des variétés (récolte 1968) comme *Joss* (33 p. 100), *Étoile de Choisy* (36 p. 100) et *Champlein* (47 p. 100) ; il se situe entre 11 et 25 p. 100 pour *Capitole*, *Cappelle*, *Major*, *Dragon* et *Aronde*, entre 4 et 10 p. 100 pour *Magdalena*, *Montjoie*, *Flinor* et un échantillon de *Dragon*.

On n'observe pas de modifications de volume pour les variétés *Alys*, *Splendeur* et deux autres échantillons (*Capitole* et *Cappelle*).

Dans les cas où il y a diminution de volume, le déficit moyen est d'environ 16 p. 100. Avec *Ouest* (28 p. 100) et *Wimax* (33 p. 100), l'action de l'acide ascorbique apparaît particulièrement défavorable. La perte en volume se situe entre 7 et 20 p. 100 pour *Rex*, *Progress* et deux échantillons de *Wimax* d'autres provenances.

L'addition d'acide ascorbique apparaît donc en définitive particulièrement favorable pour les variétés « faibles ». Son action est assez peu marquée sur la plupart des variétés de force moyenne ou élevée. Elle se révèle, en revanche, nettement défavorable pour certaines variétés d'hiver (*Ouest*, *Wimax*) ou de printemps (*Progress* et *Rex*).

Lorsque les résultats obtenus avec l'acide ascorbique (apprêt 2 heures 30) sont comparés avec ceux fournis par la formule saccharose (apprêt 3 heures), la proportion des échantillons améliorés passe de 61 à 43 p. 100, celle des échantillons inchangés ou amoindris de 39 à 57 p. 100. Sur cette base, l'accroissement moyen de volume passe de 18 à 27 p. 100 et la diminution moyenne de 16 à 12 p. 100. Dans leur ensemble, les observations précédentes sont confirmées.

#### d) Influence de la durée de deuxième fermentation (apprêt) sur le volume des pains.

L'obtention, après une fermentation de 3 heures, d'un pain de volume égal ou supérieur à celui obtenu pour une fermentation de 2 heures 30 est l'indice de propriétés plastiques satisfaisantes, donc d'une bonne tolérance. À l'inverse, la production d'un pain de volume plus faible après 3 heures qu'après 2 heures 30 caractérise les pâtes « non tolérantes » dont les caractéristiques plastiques ne supportent pas un apprêt prolongé.

Sur les 28 échantillons ainsi testés, 20 (soit 72 p. 100) fournissent après 3 heures un pain de volume soit inchangé, soit plus élevé qu'après 2 heures 30 ; 8 seulement (soit 28 p. 100) produisent dans les mêmes conditions un pain de volume plus faible. Ce comportement des pâtes à la cuisson est d'ailleurs plus ou moins marqué selon les variétés.

Sur les 20 échantillons pouvant être qualifiés de *tolérants*, l'accroissement de volume entre 2 heures 30 et 3 heures peut varier de 8 à 24 p. 100 (moyenne 12 p. 100) pour 12 d'entre eux. En voici la liste, par gain de volume décroissant : *Major* 70, *Aronde* 68, *Champlein* 68, *Splendeur* 68, *Major* 70, *Cappelle* 68, *Capitole* 68, *Ouest* 68, *Dragon* 70, *Montjoie* 70, *Flinor* 70, *Capitole* 68.

Le volume du pain demeure inchangé pour les 8 échantillons suivants : *Alys* 69, *Capitole* 69, *Cappelle* 68, *Dragon* 70, *Joss* 68, *Magdalena* 70, *Wimax* 68 et 70.

Les 8 échantillons s'étant révélés *non tolérants* accusent une diminution de volume moyenne de 11 p. 100 (extrême 7 à 23 p. 100). En voici la liste, par perte de volume croissante : *Étoile de Choisy* 68, *Wimax* 70, *Progress* 68, *Major* 70, *Rex* 68 (2 éch.), *Champlein* 68, *Joss* 68.

Ainsi, une proportion importante de variétés peuvent subir un apprêt prolongé sans que le produit de cuisson en soit amoindri. Pour d'autres, au contraire, un apprêt prolongé apparaît défavorable.

Selon leurs caractéristiques culturelles (lieu de culture, année de récolte), certaines variétés comme *Joss*, *Champlein* et *Wimax* peuvent se révéler plus ou moins tolérantes.

#### e) Aptitudes boulangères des variétés.

Compte tenu des observations précédentes, il est possible de dresser la liste des variétés manifestant des aptitudes à la panification satisfaisantes pour la boulangerie c'est-à-dire réagissant favorablement à l'acide ascorbique tout en présentant une bonne tolérance à l'apprêt.

Ces variétés, au nombre de 9 sur les 17 examinées (soit 15 échantillons sur 28) figurent dans le tableau 6 ainsi que les volumes moyens des pains obtenus dans les trois conditions des micro-essais, comparativement à ceux relatifs aux essais fournil utilisant le pétrissage intensifié.

En micro-essais, avec addition de saccharose, les volumes des pains sont plus élevés pour un apprêt de 3 heures qu'un de 2 heures 30. La présence d'acide ascorbique pour un apprêt de 2 heures 30 améliore encore le volume dans la majorité des cas, celui fourni par *Montjoie* et *Flinor* restant inchangé.

Des essais actuellement en cours se proposent de préciser la réaction des mêmes variétés à l'acide ascorbique, en présence ou en l'absence de saccharose pour des durées d'apprêt supérieures à 2 heures 30.

Comparativement aux résultats des micro-essais avec acide ascorbique, ceux obtenus en pétrissage intensifié se révèlent supérieurs dans 3 cas (*Cappelle, Major, Aronde*), inférieurs dans 4 cas (*Montjoie, Dragon, Flinor, Magdalena*) et identiques dans 2 cas (*Capitole et Atys*).

TABLEAU 6

Volume moyen des pains obtenus à partir de différentes variétés de blé dans les conditions du pétrissage intensifié et des micro-essais

Variétés	Nbre éch.	Volume moyen des pains (ml/100 g farine)			
		+ sucre 2 h 30	+ sucre 3 h	+ ac. asc. 2 h 30	Pétr. int.
<i>Cappelle</i> .....	2	588	612	618	778
<i>Major</i> .....	3	567	617	628	681
<i>Montjoie</i> .....	1	600	650	650	591
<i>Aronde</i> .....	1	550	625	675	718
<i>Dragon</i> .....	2	612	662	695	665
<i>Flinor</i> .....	1	650	700	700	627
<i>Capitole</i> .....	3	650	683	717	720
<i>Atys</i> .....	1	700	700	825	826
<i>Magdalena</i> .....	1	750	750	825	798

On peut alors admettre que les variétés réagissent au pétrissage intensifié de façon différente qu'elles ne le font vis-à-vis de l'acide ascorbique et que les phénomènes responsables de l'accroissement de volume observé pour les deux procédés sont vraisemblablement eux-mêmes de nature différente.

Il convient enfin de signaler que, conjointement au facteur variétal, le passé cultural des blés conditionne également leur comportement en panification. C'est ce que montrent les exemples suivants empruntés à des échantillons des variétés *Joss* et *Champlein* de même année de récolte mais d'origine culturale différente (tabl. 7).

Les deux échantillons de chaque variété réagissent favorablement à l'acide

TABLEAU 7

Influence de l'origine du blé sur le volume du pain

Variété	Origine	Volume moyen des pains (ml/100 g farine)			
		+ sucre 2 h 30	+ sucre 3 h	+ ac. asc. 2 h 30	Pétris. int.
<i>Joss</i>	La Minière....	375	375	500	639
	Versailles....	425	325	487	653
<i>Champlein</i>	La Minière....	375	425	550	741
	Pontivy.....	550	425	575	682

ascorbique mais, dans les deux cas, seuls ceux cultivés à La Minière manifestent une bonne tolérance à l'apprêt.

On notera au passage l'écart important entre les volumes obtenus par addition d'acide ascorbique (micro-essais) et par pétrissage intensifié (fournil). Ceci met en évidence l'influence particulièrement favorable de ce dernier traitement au niveau des blés faibles dans les conditions de cette étude.

## B. — Critères indirects d'appréciation

### I. Tests classiques de contrôle.

#### a) Tests physiques, chimiques et enzymatiques.

Voici, sous forme condensée, les résultats obtenus à partir des 28 échantillons examinés (tabl. 8).

Des critères tels que le poids de 1 000 grains et la teneur en protides des grains évoluent dans des limites assez étroites et en conséquence différencient relativement peu les échantillons. La faible distribution des teneurs en protides est, de ce point de vue, bien caractéristique de nos productions en blés tendres.

TABLEAU 8

Critères physiques, chimiques et enzymatiques d'appréciation des blés et farines (tests classiques de contrôle)

	Poids de 1 000 grains (g)	Taux de vitrosité p. 100	Mat. minérales farines (p. 100 s. s.)	Protides grains (N × 5,7) (p. 100 s. s.)	Temps de chute (sec.)
Minimum.....	35,5	8	0,41	10,7	189
Maximum.....	50	80	0,74	14,3	453
Moyenne.....	43	45,6	0,54	12,6	349
Distribution relative p. 100.....	± 9,8	± 40	± 14,8	± 9,1	± 19,7

L'échelle s'élargit dans le cas de la teneur en matières minérales des farines, indice de leur pureté au plan industriel, et du temps de chute, test rapide et pratique rendant compte de l'activité  $\alpha$ -amylasique des blés et des farines.

C'est en définitive le taux de vitrosité des grains, autre critère concernant le meunier, qui offre la différenciation la plus large entre les échantillons.

#### b) Test rhéologique : alvéographe.

Les différentes données de l'alvéographe, travail de déformation de la pâte (W), indices de gonflement (G) et de ténacité (P) ainsi que le rapport de configuration de la courbe (P/L) ont toujours constitué, pour le meunier et le boulanger, des indications utiles.

Voici l'essentiel des résultats fournis selon le protocole classique (hydratation constante) d'une méthode largement pratiquée dans la plupart des secteurs concernés par la qualité des blés tendres (tabl. 9).

TABLEAU 9

Variation des indices alvéographiques. Essais à hydratation constante (tests classiques de contrôle)

	W	G	P	P/L
Minimum .....	63	16,4	26	0,18
Maximum .....	404	28,4	154	2,40
Moyenne .....	214	22,1	75,7	0,29
Distribution relative p. 100 ....	± 48	± 16	± 53	± 70

Tous ces indices, à l'exception de G, conduisent à une très large différenciation entre les échantillons.

## 2. Tests à échelle réduite pour la sélection.

### a) Tests rhéologiques et physico-chimiques.

Nous indiquons ci-dessous les résultats concernant respectivement le microfarinographe (grains broyés ou farines), l'indice de sédimentation (farine standards) et la capacité d'absorption (grains broyés) (tabl. 10).

TABLEAU 10

Tests rhéologiques et physico-chimiques d'appréciation des blés (tests à échelle réduite pour la sélection)

	Microfarinographe			Indice de sédimentation (ml)	Capacité d'absorption p. 100
	Grains		Farines		
	Consistance (UB)	S (cm <sup>2</sup> )	Hydratation p. 100		
Minimum .....	260	2,7	56	17	65
Maximum .....	830	35,2	80	67	113
Moyenne .....	547	9,5	64,4	35,4	84,8
Distribution relative p. 100 .....	± 30	± 68	± 9,6	± 48	± 18

Alors que le taux d'hydratation des farines conduisant à des pâtes de consistance constante présente une amplitude de variation assez faible, les critères consistance et surface pour les pâtes de blé broyé confectionnées à hydratation constante font apparaître une distribution plus élargie.

Pour ces dernières conditions, après examen d'une centaine d'échantillons et en travaillant sur 50 g de grain broyé, LECLERCQ (1961) avait établi que S était associé au W alvéographique par une corrélation significative ( $r = + 0,90$ ). Dans nos conditions et sur un nombre plus limité d'échantillons, cette corrélation est également significative, mais à un degré moindre ( $r = + 0,56$ ).

Pour ce qui est des deux autres tests faisant appel aux propriétés d'imbibition des protéines, on constate que la méthode de sédimentation fournit une distribution des valeurs plus large que celle utilisant la centrifugation. La capacité d'absorption en milieu acide des moutures entières de grains est, par ailleurs, associée significativement au taux d'hydratation des farines par une corrélation de  $r = + 0,79$ .

### b) Test biochimique. Composition protéique du gluten.

L'application de la méthode précédemment décrite à des moutures entières de grain a conduit aux résultats suivants exprimant, soit les teneurs en gliadines et gluténines des échantillons (mg N/100 g s.s.), soit l'importance relative de ces deux types de protéines par rapport aux protéines totales (p. 100 de N<sub>T</sub>), soit la valeur du rapport gluténines/gliadines (tabl. 11).

TABLEAU 11

Composition protéique du gluten. Teneurs en gliadines et en gluténines

	mg N/100 g s. s.		p. 100 N <sub>T</sub>		Gluténines Gliadines
	Glia.	Glut.	Glia.	Glut.	
Minimum .....	703	64,2	32,4	29	0,64
Maximum .....	1 092	1 076	45,5	42,9	1,25
Moyenne .....	862	800	38,8	36	0,94
Distribution relative p. 100..	± 13,2	± 13,8	± 8,7	± 8,5	± 16,4

L'ampleur des distributions apparaît la même pour les deux protéines, qu'il s'agisse de leur importance pondérale ou de leurs proportions relatives. Les variations du rapport gluténines/gliadines différencient davantage les échantillons.

### C. — Signification technologique des critères indirects d'appréciation

L'interprétation statistique des précédents résultats a permis de préciser la signification technologique des différents critères classiques ou miniaturisés examinés en se référant aux données fournies par les essais de cuisson.

Pour chacune des conditions utilisées, pétrissage intensifié pour les essais « fournil », addition d'acide ascorbique ou de saccharose pour les essais miniaturisés, le

critère commun de référence est le volume des pains (ml) rapporté à 100 g de farine telle quelle.

Pour les 28 échantillons étudiés, les limites de signification des corrélations indiquées dans le tableau 12 sont respectivement de 0,37 et 0,48 aux deux niveaux de sécurité 95 p. 100 (italiques) et 99 p. 100 (gras).

En se référant aux essais de cuisson ayant utilisé le pétrissage intensifié, il apparaît qu'aucun des critères classiques d'appréciation, à l'exception du temps de chute, qui exprime essentiellement des caractéristiques enzymatiques, n'est significativement associé au volume du pain. Il en est de même pour les différents microtests, quelle que soit leur nature.

TABLEAU 12

Coefficients de corrélation associant différents tests classiques et micro-tests au volume des pains (essais fournil et micro-essais)

	Essais fournil	Micro-essais			
		Pétrissage intensifié	+ ac. asc. 2 h 30	+ sucre 2 h 30	
Critères classiques	Poids 1 000 grains .....	0,13	<i>0,45</i>	0	
	Vitrosité grains .....	0,20	0,34	0	
	Mat. minérales farines .....	0	0,23	0,30	
	Protides grains .....	0,13	0,33	-0,02	
	Alvéographe	W .....	0,15	<b>0,48</b>	<b>0,67</b>
		G .....	0,04	0,02	-0,47
		P .....	0,10	<i>0,40</i>	<b>0,66</b>
		P/L .....	0,11	0,21	<b>0,57</b>
	Temps de chute .....	<b>-0,83</b>	<b>-0,59</b>	<b>0,55</b>	
	Microtests	<i>Microfarinographe</i>			
Grains		Consistance .....	0,10	<i>0,39</i>	<i>0,40</i>
		S .....	0,33	0,17	<b>0,54</b>
Farines hydratation .....		0,14	<i>0,40</i>	<i>0,40</i>	
Indice ZELENY .....		0,13	<b>0,58</b>	<b>0,50</b>	
Absorption acide .....		0,13	<b>0,53</b>	<b>0,48</b>	
Gliadines p. 100 s. s. ....		0,20	-0,01	-0,24	
Gluténines p. 100 s. s. ....		0,08	<i>0,45</i>	0,27	
Gluténines/Gliadines .....	-0,10	<i>0,42</i>	<i>0,41</i>		

Si, en ce qui concerne des critères tels que le poids de 1 000 grains, le taux de vitrosité et la teneur en cendres, davantage associés à des caractéristiques meunières, ces constatations ne surprennent pas, il en va différemment de ceux qui sont couramment utilisés à des fins boulangères.

Le fait qu'aucun des indices fournis par l'alvéographe ne soit en relation avec les résultats de la panification expérimentale confirme toutefois les observations qui ressortaient d'une étude antérieure (BOURDET *et al.*, 1971) ayant utilisé le pétrissage intensifié, alors que, dans les conditions du pétrissage dit normal, les indices W, G et L, présentaient des corrélations significatives à 95 p. 100 avec le volume du pain pour deux modes de cuisson (moules et sole).

Les mêmes remarques s'appliquent à la teneur en protides qui ne présentait

pas davantage, comme dans le cas présent, de corrélation significative dans les conditions du pétrissage intensifié, mais qui, au contraire, était associée significativement au volume du pain, pour le procédé de pétrissage normal, que la cuisson soit effectuée en moules ou sur sole.

La seule corrélation significative (et inverse) concernant le temps de chute, mise ici en évidence, pourrait être reliée à celles déjà observées dans les essais antérieurs pour l'indice maltose et l'amylographe, autres formes d'expression de l'activité amylolytique, qui apparaît ainsi comme une caractéristique de qualité boulangère importante dans le cas particulier du pétrissage intensifié.

Quand on prend pour référence les essais de cuisson à échelle réduite, le nombre des critères significativement associés au volume du pain apparaît, en revanche, notablement plus important.

Au niveau des tests courants, ce sont surtout les critères en relation avec les propriétés plastiques (alvéographe) et enzymatiques (temps de chute) qui conduisent à des corrélations significatives. C'est le cas des indices W et P, pour les deux types de micro-essais, auxquels viennent s'adjoindre l'indice de gonflement G (corrélation inverse) et le rapport P/L, pour la formule contenant du saccharose.

Le temps de chute est également très significatif pour les deux formules. Dans celle où les seuls sucres fermentescibles sont apportés par la farine (acide ascorbique), la corrélation est négative, comme pour le pétrissage intensifié. Elle devient au contraire positive lorsqu'un apport en sucre fermentescible vient masquer les différences d'activité amylolytique propres aux farines.

Aucune signification n'est mise en évidence dans les autres cas (caractéristiques physiques ou chimiques), exception faite du poids de 1 000 grains avec la formule acide ascorbique.

Au niveau des tests à échelle réduite, qui concernent principalement certaines propriétés rhéologiques et certaines caractéristiques propres aux protéines, plusieurs corrélations significatives sont également mises en évidence.

Les indications fournies par le microfarinographe sur les pâtes de grain broyé (consistance) ou de farine (hydratation) sont significatives à 95 p. 100. Pour l'indice S déterminé sur grain, la corrélation est significative seulement dans le cas des essais avec addition de sucre.

Les propriétés de gonflement des protéines, exprimées par les indices ZELENY et d'absorption acide, apparaissent très représentatives du volume des produits de cuisson obtenus selon les deux formules.

Enfin, et contrairement à la teneur en protéines totales, certaines caractéristiques de composition protéique du gluten apparaissent bien détenir une signification technologique. Si rien n'est mis en évidence pour ce qui est des teneurs en gliadines, et que les teneurs en gluténines ne sont significatives que pour la formule acide ascorbique, on constate que le rapport de ces deux groupes protéiques l'est à 95 p. 100 pour les conditions de l'essai de cuisson miniaturisé.

En définitive, pour les conditions expérimentales mises en œuvre dans cette étude, les critères capables de rendre compte significativement (sécurité 99 p. 100) de la valeur boulangère des blés exprimée par le volume des pains obtenus, varient en nombre et en nature selon la technique de panification pratiquée.

Dans les conditions du pétrissage intensifié utilisées au fournil expérimental, le seul critère significatif est de nature amylolytique (temps de chute).

Dans le cas des essais de cuisson miniaturisés réalisés au laboratoire en présence de deux types d'adjuvants, non seulement la signification de ce critère est confirmée mais également celle du test de contrôle courant (alvéogramme) fondé sur les caractéristiques rhéologiques.

Ces mêmes essais à échelle réduite mettent de plus en évidence la signification d'autres critères, faisant appel à certaines caractéristiques rhéologiques (S micro-farinographe) ou aux propriétés d'imbibition des protéines (indices de sédimentation et d'absorption acide) pouvant être mis à profit dans les études de sélection, en raison des faibles quantités de matière première qu'implique leur mise en œuvre.

#### IV. — CONCLUSIONS

Une constatation particulièrement importante au plan industriel ressort de la présente étude. En se référant au volume des pains obtenus, aucun des critères couramment utilisés en meunerie et en boulangerie, à l'exception du temps de chute, n'apparaît rendre compte du comportement des blés en panification dans les conditions qui sont actuellement celles de la boulangerie française.

Non seulement l'essai de cuisson conçu dans cette optique ne présente pas toutes les caractéristiques de reproductibilité souhaitables, mais il tend à une certaine uniformisation du volume des pains, n'offrant qu'une différenciation très relative entre les divers types de blé. En fait, il constitue actuellement le seul critère significatif utilisable industriellement dans la mesure où les matières premières, blés et farines, ne dépassent pas un certain niveau de « force » et présentent des aptitudes assez voisines.

Si, en revanche, on se réfère aux résultats d'essais de cuisson à plus petite échelle, utilisant des conditions expérimentales sensiblement différentes qui offrent une reproductibilité satisfaisante, on aboutit à des échelles de valeurs notablement plus ouvertes permettant une bonne différenciation des types de blé, allant des plus faibles aux plus forts.

On constate en outre que, dans ces conditions, plusieurs des critères examinés à l'aide de tests classiques ou de microtests sont, à des degrés divers, significativement associés au volume des pains ; c'est en particulier le cas du test rhéologique de l'alvéographe couramment utilisé par l'industrie.

Ces divergences apparentes trouvent leur explication dans le fait que les deux types d'essais de cuisson ne visent pas le même but.

La panification expérimentale au fournil, qui reproduit strictement les conditions de la pratique, cherche seulement à tester la valeur boulangère commerciale des blés et des farines ; or, indépendamment de caractéristiques fermentaires définies, celle-ci concerne une gamme relativement limitée de caractéristiques plastiques, au-delà de laquelle le produit fini se trouve pénalisé. C'est un fait bien connu que la technique française de panification ne peut valablement panifier en l'état des blés de force élevée, mais qu'elle les utilise seulement comme additifs destinés à améliorer les blés trop faibles.

L'essai de cuisson miniaturisé, conçu en tant que méthode réalisable au laboratoire, se propose d'apprécier la force potentielle des lignées en cours de sélection,

caractéristique tribulaire du patrimoine génétique. Son domaine d'application concerne donc non seulement la panification mais, de façon plus générale, les divers secteurs d'utilisation des blés tendres.

En éliminant l'influence des caractéristiques fermentaires de nature non génétique, il permet de tester significativement les propriétés plastiques propres à chaque type de blé, et notamment la tolérance des pâtes avant la mise au four, d'une particulière importance en boulangerie. Le fait que l'acide ascorbique, adjuvant couramment utilisé en panification, permette dans la plupart des cas une valorisation de ces propriétés plastiques comparable à celle du pétrissage intensifié, conduit par ailleurs à concevoir un essai de cuisson associant les deux additifs examinés séparément dans cette étude.

C'est dans cette optique que sont actuellement poursuivis nos travaux. Ils visent principalement à définir un essai de cuisson capable d'apprécier spécifiquement les caractéristiques de force intrinsèque des blés et pouvant, aux stades précoces de la sélection, servir de référence à des microtests d'appréciation indirecte, d'emploi simple et rapide, compatible avec des analyses de série.

La détermination alvéographique des caractéristiques plastiques des blés, qui a constitué au cours des dernières décennies le test de base des programmes de sélection en France, mais qui ne peut intervenir qu'à un stade déjà avancé en raison des quantités de matériel qu'elle réclame, ne détient plus désormais, avec l'évolution des technologies, la signification qui lui était attribuée du seul point de vue boulauger.

D'où l'intérêt que présenterait pour la sélection un test de référence rendant compte spécifiquement des aptitudes plastiques des blés dans les conditions d'évolution des pâtes conduisant à la cuisson, contrairement au critère rhéologique classique qui exprime seulement ces caractéristiques plastiques aux tous premiers stades de la préparation d'une pâte non soumise aux transformations fermentaires.

On peut d'ailleurs concevoir que l'intérêt d'un tel essai de référence ne se limiterait pas seulement au seul secteur de la sélection. De réalisation moins lourde et plus aisée que l'essai fourni actuel, il peut être conduit, comme toute méthode de laboratoire, dans des conditions parfaitement contrôlées. Offrant une bonne reproductibilité, il permet un contrôle strict des différents paramètres expérimentaux et une exploitation significative des résultats obtenus.

Il pourrait donc être également mis à profit par les producteurs dans l'évaluation des nouvelles variétés et l'appréciation des récoltes, par les meuniers pour tester les lots réceptionnés et assurer la production de farines de propriétés uniformes et constantes, par les boulangers enfin pour déterminer les meilleures conditions de travail permettant d'obtenir le meilleur produit.

*Reçu pour publication en octobre 1972.*

#### REMERCIEMENTS

Nous adressons nos remerciements aux divers organismes qui, à des titres divers dans le cadre de l'action concertée précitée, ont aidé à la réalisation de ce travail : à la Station d'Amélioration des Plantes de l'I. N. R. A. au C. N. R. A. et à l'Association professionnelle pour l'Amélioration

des Plantes (A. P. A. P.) pour la préparation et la fourniture des matériels d'étude, à la Société A. R. I. A. des Grands Moulins de Paris pour la préparation des farines industrielles, à l'École nationale supérieure de Meunerie et des Industries céréalières pour la réalisation des essais de cuisson au fournil expérimental.

## SUMMARY

### INDUSTRIAL AND BREEDING CRITERIA USED FOR ASSESSING THE BAKING QUALITY OF SOFT WHEATS

The baking value determination of 28 samples of wheat, highly differentiated by their rheological characteristics, was undertaken either directly with baking tests, or indirectly by several methods, some commonly used in industrial control, others made suitable for low quantities of grain.

The baking tests were carried out according to two methods: one, requiring 2 kg flour, is performed according to the french process using over-mixing; the other, perfected for the laboratory, requires only 40 g flour, ascorbic acid or sucrose being added.

The reproducibility of each baking process is discussed and the effects on bread volume of mechanical or chemical treatment of doughs as their fermentation tolerance before baking are compared.

Mention is made of the distribution, between types of wheat, of the various classical tests (1000 grains weight, vitreousness index, ash and protein content, falling number, alveogram) and the microtests liable to be used in breeding (microfarinograph on wheat meal and flours, sedimentation value and water retention capacity, composition of gluten proteins in gliadin and glutenin).

The results from both baking processes are compared and correlations between bread volumes from both conditions and the various indirect tests used are calculated.

Discussion is presented about the technological meaning of common methods used in the industry and the microtests more particularly intended for breeding studies. The interest of a microbaking test, used as a reference at this stage to appreciate the technological potentialities of wheats, is emphasized.

## RESUMEN

### CRITERIOS INDUSTRIALES Y CRITERIOS DE SELECCION PARA LA APRECIACION DEL VALOR DE UTILIZACION DE LOS TRIGOS CANDEALES

Con objeto de apreciar el valor de panificación de distintos tipos de trigo candeal, se ha procedido a ensayos de cocción, ya sea directamente, o bien indirectamente, por aplicación de distintos métodos físicos, químicos, reológicos y enzimáticos, relativos, algunos de los mismos, al control industrial convencional, mientras que otros han sido adaptados especialmente a cantidades reducidas de material.

Han sido utilizados dos tipos de ensayos de cocción, el primero realizado en un horno experimental mediante 2 kg de harina según la técnica francesa de amasado intensificado, y el otro relativo a una prueba de laboratorio a escala reducida, utilizándose únicamente 40 g de harina.

Después de haberse precisado cómo se reparten, entre los distintos trigos, los valores indicados por las distintas pruebas directas o indirectas, se procede a la comparación de la influencia ejercida respecto al volumen de los panes por un tratamiento mecánico o químico de las pastas y se entra en materia respecto a su «tolerancia» antes de la hornada.

Los resultados proporcionados por ambos métodos de cocción son comparados y se presentan las correlaciones en que se integran significativamente o no las distintas pruebas indirectas al volumen de los panes obtenidos según cada procedimiento.

Finalmente, se entra en materia respecto a la significación tecnológica que conviene atribuir a los criterios industriales convencionales y a las micropruebas destinadas a la selección, y se hace patente el interés que presentaría, a este nivel, una microprueba de cocción destinada a servir de referencia para apreciar de forma más general el potencial tecnológico de los trigos.

## RIASSUNTO

### CRITERI INDUSTRIALI E CRITERI DI SELEZIONE PER APPREZZARE IL VALORE D'IMPIEGO DEL GRANO TENERO

L'apprezzamento del valore di diversi tipi di grano tenero in panetteria è stato effettuato sia direttamente mediante delle prove di cottura sia indirettamente mediante diversi metodi fisici, chimici, reologici e enzimatici; gli uni si rifanno al controllo industriale classico, gli altri sono particolarmente adattati a piccole quantità di materiale.

Sono stati effettuati due tipi di prove; il primo eseguito in forno sperimentale su 2 kg di farina secondo la tecnica francese di impastatura intensificata e il secondo è una prova di laboratorio su scala ridotta che utilizza soltanto 40 g di farina.

Dopo aver precisato come si suddividono, tra i vari tipi di grano, i valori forniti dalle diverse prove dirette o indirette, si confronta l'influenza esercitata sul volume dei pani mediante un trattamento meccanico o chimico della pasta e viene discussa la loro «tolleranza» prima della messa in forno.

Vengono confrontati i risultati dati dai due metodi di cottura e vengono presentati correlazioni che associano in modo significativo o no le varie prove indirette al volume delle pani ottenuti secondo ogni procedimento.

Si discute infine sul significato tecnologico che bisogna attribuire ai criteri industriali classici e alle microprove destinate alla selezione. Viene sottolineato l'interesse che, a questo livello, presenterebbe una microprova di cottura che potrebbe servire come riferimento per apprezzare in modo più generale il potenziale tecnologico del grano.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- B. I. P. E. A. (Bureau interprofessionnel d'Études analytiques). Groupe de travail « Essais de Panification ». Circuits d'analyses avril 1970 à janvier 1972 (non publié).
- BOURDET A., 1966. Influence des conditions de production, de récolte et de stockage sur la composition biochimique des céréales. III. Azote total et protéines. *Ann. Nutr. Aliment.*, **20** (2), 177-219.
- BOURDET A., BERRIER R., LECLERCQ J.-R., 1971. Signification technologique des critères dont dispose la sélection pour apprécier l'aptitude boulangère des variétés nouvelles. *La Meunerie franç.*, (275), 9-19; (276), 27-37.
- BOURDET A., BERRIER R., 1972. La panification expérimentale au fournil et au laboratoire dans l'appréciation des blés tendres. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, (1), 65-74.
- C. N. C. E. R. N. A., 1969 (Centre national de Coordination des Études et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation). Commission des Industries des Céréales. Groupe « Essais de Panification ». Méthode directe, pétrissage intensifié (non publié).
- FEILLET P., 1965. Contribution à l'étude des protéines du blé. Influence des facteurs génétiques, agronomiques et technologiques. Thèse de Docteur-Ingénieur, Paris. *Ann. Technol. agric.*, **14** (4-5), 94 p.
- FINNEY K. F., YAMAZAKI W. T., 1946. Water retention capacity as an index of the loaf volume potentialities and protein quality of hard red winter wheats. *Cereal Chem.*, **23**, 416-427.
- LECLERCQ J.-R., 1961. La force boulangère des blés et son appréciation au cours de la sélection. *Ann. Technol. agric.*, **10** (3), 257-288.
- MAUZE C., RICHARD M., SCOTTI G., 1972. Guide pratique du Contrôle de la Qualité des Blés. Institut technique des Céréales et des Fourrages. Janvier, 176 p.
- PINCKNEY A. J., GREENAWAY W. T., ZELENY L., 1957. Further developments in the sedimentation tests for wheat quality. *Cereal Chem.*, **34**, 16-25.
- ZELENY L., 1947. A simple sedimentation test for estimating the bread baking and gluten qualities of wheat flour. *Cereal Chem.*, **24**, 465-475.