

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

CONTRAT :

ÉTUDE DES APTITUDES DES BLES TENDRES POUR
LEUR UTILISATION EN AMIDONNERIE - GLUTENNERIE.

J.C. AUTRAN, B. LAIGNELET
AVEC LA COLLABORATION TECHNIQUE DE
R. BERRIER, C. CANTIN

Compte rendu des travaux effectués au
LABORATOIRE DE TECHNOLOGIE DES CEREALES - I.N.R.A.
9, place Viala
34060 MONTPELLIER CEDEX

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

CONTRAT :

ÉTUDE DES APTITUDES DES BLES TENDRES POUR
LEUR UTILISATION EN AMIDONNERIE - GLUTENNERIE.

J.C. AUTRAN, B. LAIGNELET
AVEC LA COLLABORATION TECHNIQUE DE
R. BERRIER, C. CANTIN

Compte rendu des travaux effectués au
LABORATOIRE DE TECHNOLOGIE DES CÉREALES - I.N.R.A.
9, place Viala
34060 MONTPELLIER CEDEX

COMPTÉ RENDU DES TRAVAUX

- I - Influence de différents paramètres de laboratoire sur l'extractibilité et les caractéristiques du gluten extrait manuellement.
- II - Microtests de prévision du rendement et de la qualité du gluten.
- III - Microtests d'appréciation de la qualité d'un gluten pilote ou industriel.
- IV - Recherche des bases biochimiques de l'extractibilité et de la qualité du gluten.

MATERIEL ETUDIE

. Glutens industriels

- TENSTAR 0 1. 2, 3. 4 (1982)
- TENSTAR Mai, juin, juillet, septembre, octobre 1982
- ROQUETTE 00247 A et 80649, "Roquette industriel", "Roquette INRA" 1 à 7.

(III), (IV)

. Glutens pilotes (Nantes)

- Capitole, Lutin, Talent, 481 st., 481 rec. (1982)
- Corin, Castan, Hardi, Lutin, Capitole, Arminda, DNS, M. Huntsman, Talent, Fidel, Top (1983)

(III), (IV)

. Farine GMP de variétés pures

- Corin, Castan, Hardi, Lutin, Capitole, Arminda, DNS, M. Huntsman, Talent, Fidel, Top (1983)

(I), (II), (IV)

. Farines Nantes de variétés pures

- Capitole, Lutin, Talent, 481, Top, Hardi, Roazon (1982)

(II)

. Farines Roquette

- 0246 Z et 80648, "Roquette" (1982)

(II)

. Farines Tenstar

- Mai, Juin, Juillet, Septembre, Octobre (1982)

(II)

. Farines laboratoire Montpellier

- Clément, Cappelle Florence-Aurore (1981)

(I)

I - INFLUENCE DE DIFFERENTS PARAMETRES DE LABORATOIRE SUR L'EXTRACTIBILITE ET LES CARACTERISTIQUES DU GLUTEN EXTRAIT MANUELLEMENT.

1.1. Méthodes

- . Extraction manuelle des glutens à partir de la farine (MAUZE et coll., 1972),
- . Détermination de la quantité de gluten (M.H. et M.S.) et de l'hydratation du gluten,
- . Prélèvement de plusieurs éprouvettes de 1 g M.H.
- . Mise en forme de ces éprouvettes par thermoformage (DAMIDAUX, 1979; HOULIAROPOULOS, 1982),
- . Mesure des caractéristiques de fermeté (e_1) et de recouvrance élastique ($e_2 - e_1$) au moyen du viscoélastographe.

1.2. Paramètres étudiés

- . Hydratation du pâton,
- . Temps de repos du pâton,
- . Caractéristique de l'eau d'extraction (pH, nature de l'eau, température),
- . Temps de thermoformage,
- . Charge d'écrasement au viscoélastographe,
- . Répétabilité des mesures.

1.3. Résultats

1.3.1. Hydratation du pâton

On a fait varier la quantité d'eau ajoutée à la farine afin que la pâte formée contienne de 30 à 50 p 100 d'eau (exprimé en matière humide). Ces limites ont été choisies car en dessous de 30 p 100 la pâte devient extrêmement sèche et au dessus de 50 p 100 elle devient très collante.

Les valeurs obtenus au Viscoélastographe pour les cinq niveaux d'hydratation utilisés sont données au tableau I.

Quelle que soit la variété utilisée, on constate que le degré d'hydratation du pâton n'influence pas de façon importante les propriétés viscoélastiques du gluten.

Il est intéressant de noter que la quantité de gluten extrait, dans le cas de Clément, semble augmenter avec l'hydratation, alors que cette évolution est moins sensible pour les deux autres variétés.

Finalement, nous avons retenu comme hydratation optimale celle de 40 p 100 (en M.H.). Malgré la faible influence du taux d'hydratation, ce pourcentage peut être considéré comme suffisant pour obtenir une bonne formation de la pâte.

1.3.2. Temps de repos du pâton

Les résultats illustrés figure 1 et regroupés dans le tableau II mettent en évidence l'influence du temps de repos du pâton (après sa formation

et avant l'extraction) sur les propriétés viscoélastiques et la quantité extraite du gluten.

Au point de vue quantitatif, le comportement des 3 variétés ne semble pas identique. Ainsi, l'extractibilité du gluten, exprimée par le

rapport
$$\frac{\text{teneur en gluten sec (p 100 M.S.)}}{\text{teneur en protéines (p 100 M.S.)}} \times 100$$

augmente chez Florence Aurore (de 105 à 116 p 100 après une heure de repos) mais diminue pour Cappelle et Clément (de 126 à 111 p 100 et de 114 à 101 p 100 respectivement). Cela peut s'expliquer par une différence dans le temps minimum de pénétration de l'eau (plus grand chez un blé vitreux comme Florence-Aurore) mais peut être aussi par un phénomène de dégradation enzymatique du réseau glutineux au cours du repos : la moins grande cohésion des glutens de Clément ou de Cappelle rendrait ces derniers plus sensibles que celui de Florence-Aurore.

Au point de vue viscoélastique, on observe qu'un temps de repos de la pâte entre 0 et 60 minutes, entraîne une baisse régulière de la fermeté et de la recouvrance des 3 variétés étudiées, cette baisse étant plus sensible pour Florence-Aurore et Cappelle et se produisant essentiellement au cours des 30 premières minutes. On observe également que la discrimination des 3 variétés est plus nette lorsque l'extraction du gluten s'effectue sans repos préalable du pâton.

En conséquence, malgré que le temps de repos semble entraîner l'accroissement de l'amplitude des résultats au plan de la teneur en gluten (et c'est sans doute la raison pour laquelle un repos du pâton est recommandé dans certaines méthodes d'extraction (A.A.C.C.), c'est l'absence de repos qui a été retenue dans notre protocole compte tenu de la meilleure discrimination obtenue au plan de la viscoélasticité.

1.3.3. Caractéristiques de l'eau d'extraction

C'est un point qui a été jusqu'ici peu étudié. Compte tenu des travaux de notre laboratoire ayant mis en évidence une influence considérable du pH et de la nature de l'eau dans le domaine de la cuisson des pâtes alimentaires, nous avons jugé utile d'examiner différents paramètres tels que la présence de sel (NaCl à 2 p 100) dans l'eau d'empâtage et dans l'eau de lixiviation, le pH, la nature (eau distillée ou eau minérale) et la température de ces eaux.

- Tout d'abord, on a pu noter que l'addition de chlorure de sodium n'influence pas de façon sensible les propriétés viscoélastiques du gluten. En présence de NaCl 2 p 100, le gluten devient même moins collant ce qui permet de la manipuler avec plus de facilité et d'obtenir des résultats plus précis. Toutefois, l'utilisation de sel lors de la préparation du gluten introduit un biais dans les études biochimiques, notamment les études de solubilisation des fractions protéiques par différents solvants.

- Le rôle de la nature de l'eau d'extraction a été étudié en utilisant tout d'abord deux eaux différentes : l'eau désionisée à pH = 5,5 et l'eau minérale à pH = 7,4. Les résultats obtenus sont regroupés au tableau III.

La quantité du gluten extrait reste à peu près constante quelle que soit l'eau utilisée. On note cependant qu'en ce qui concerne les propriétés viscoélastiques, les valeurs obtenues sont plus élevées avec de l'eau désionisée qu'avec de l'eau minérale. Pour juger de l'influence respective du pH et de la

nature de l'eau, on a alors acidifié de l'eau minérale jusqu'à un pH de 5,5 identique à celui de l'eau désionisée. Mais cela n'a pas été retenu dans le protocole final car, outre la perte de 1 à 2 p 100 de la quantité de gluten extrait, la différenciation du blé moyen et du blé impanifiable est apparue moins bonne, en dépit de l'augmentation importante de la recouvrance absolue (de 1,41 mm à 1,95 mm) du blé Florence-Aurore.

- La température de l'eau d'empâtage et de lixiviation ne semble pas également jouer un rôle important sur les propriétés viscoélastiques du gluten.

Effectivement, pour une gamme relativement large de températures aucune influence significative n'a été enregistrée. A titre d'exemple nous notons que pour une variation de température de l'eau d'extraction de 20 à 40°C, la recouvrance absolue du gluten varie de 1,68 à 1,59 mm, de 0,87 à 0,82 mm et de 0,27 à 0,38 mm pour Florence Aurore, Cappelle et Clément respectivement. De même, la quantité de gluten extrait reste constante.

En tenant compte de tous ces résultats nous avons alors décidé d'utiliser dans le cadre de toute notre expérimentation l'eau désionisée à température ambiante.

1.3.4. Influence du temps de thermoformage

Pour les trois variétés utilisées l'évolution des propriétés viscoélastiques du gluten a été déterminée en faisant varier la durée de thermoformage entre 0 et 300 secondes. Les résultats sont regroupés figure 2.

L'épaisseur résiduelle du gluten augmente avec le temps de cuisson. Il est intéressant de noter que la vitesse d'augmentation n'est pas identique pour les trois variétés.

La recouvrance absolue augmente tout d'abord, passe par un maximum et puis baisse lentement. Ce maximum s'établit avec un temps de cuisson plus prolongé dans le cas de Clément.

Sur le plan variétal nous arrivons à mieux différencier les glutens des trois variétés dans la zone des durées de cuisson : 45 à 60 secondes. Le temps de cuisson de 60 secondes a été retenu, car il permet d'une part une bonne discrimination des variétés, tant du point de vue de la recouvrance absolue que de la fermeté, et d'autre part une meilleure mise en forme du gluten.

1.3.5. Influence de la charge d'écrasement au Viscoélastographe

En utilisant une durée de thermoformage de 60 secondes, nous avons observé l'évolution des propriétés viscoélastiques du gluten en fonction de la charge d'écrasement au Viscoélastographe.

On a fait varier la charge utilisée de 400 à 1 000 grammes. Les résultats obtenus sont donnés figure 3.

On constate dans l'ensemble une baisse régulière des valeurs obtenues, quelle que soit la variété utilisée, avec l'augmentation de la charge. Contrairement au cas des blés durs (DAMIDAUX, 1979) où la recouvrance absolue chute davantage chez une variété de mauvaise qualité culinaire que chez une bonne variété, on observe ici que la baisse est moins sensible chez Clément que chez Cappelle ou Florence-Aurore. Cela provient sans doute du fait que

chez Clément, les valeurs de la recouvrance absolue sont si faibles qu'elles ne peuvent plus évoluer que dans des limites très restreintes.

Finalement, la charge de 600 grammes a été retenue car elle correspond à la plus grande amplitude de variation entre les trois variétés étudiées.

1.3.6. Répétabilité et précision des mesures effectuées sur le gluten thermoformé

Après examen de tous les paramètres mentionnés ci-dessus, on peut déjà noter que les deux valeurs mesurées : recouvrance absolue ($e_2 - e_1$) et fermeté e_1 évoluent toujours dans le même sens. Sur le plan variétal l'éventail des variations enregistrées est plus élevé pour la recouvrance absolue. Ce paramètre recouvrance absolue semblerait donc plus adapté que le paramètre fermeté en matière d'appréciation des différences variétales de qualité. (Il n'en est pas toujours ainsi lorsqu'il s'agit d'apprécier l'influence des facteurs technologiques) (HOULIAROPOULOS, 1982).

Il était cependant nécessaire de compléter le travail en évaluant la répétabilité des résultats lors de l'utilisation du protocole défini précédemment.

Dix extractions de gluten ont donc été réalisées sur chacune des 3 variétés et, pour chaque extraction, deux valeurs de la recouvrance absolue ont été obtenues. Pour chaque variété, la valeur moyenne, l'écart-type et le coefficient de variation ont été calculés et portés dans le tableau IV.

Ce tableau confirme tout d'abord la signification des différences variétales mesurées. L'écart-type observé est en effet toujours inférieur à 0,1 mm, ce qui montre que même pour Florence-Aurore où la fluctuation est la plus grande, les valeurs de $e_2 - e_1$ sont fournies à $\pm 0,2$ mm lorsqu'une seule extraction est faite ($P = 0,95$) et à $\pm 0,14$ mm lorsque 2 extractions sont faites. Pour une variété moyenne ou faible, la fluctuation étant moins élevée, le résultat est fourni avec une précision encore meilleure.

Le fait que la fluctuation des résultats soit très différente entre les 3 variétés reste cependant à signaler car dans le cas des blés durs (DAMIDAUX, 1979), l'écart type est de même ordre chez Agathe (bonne) et chez Durtal (mauvaise). La très faible fluctuation relevée ici chez Clément serait selon nous simplement associée au fait que la recouvrance absolue est extrêmement réduite et ne peut plus évoluer que dans des limites très étroites. Bien qu'on puisse difficilement généraliser le résultat obtenu sur un échantillon d'une variété, on pourrait penser que la variété Clément se situe, chez les blés tendres, à un niveau nettement plus bas que Durtal chez les blés durs.

II - RECHERCHE D'UN MICROTEST DE PREVISION DU RENDEMENT ET DE LA QUALITE DU GLUTEN.

On donne une farine. Il s'agit de prévoir à partir d'un micro-échantillon si cette farine est apte à la glutennerie, c'est-à-dire si au stade pilote et surtout au stade industriel, elle permettra l'extraction d'un gluten de "qualité" avec un rendement élevé.

L'étalonnage du microtest ne peut se faire que si l'on dispose de renseignements précis sur le rendement et la qualité des glutens pilotes

ou industriels obtenus à partir de la même série de farine. Dans l'état actuel des travaux, nous ne disposons pas de suffisamment d'information pour réaliser cette interprétation. Nous ne proposerons donc qu'un classement des échantillons pour chacun des microtests étudiés et chacune de leurs variantes. Le choix du microtest optimum ne pourra se faire que lors de la synthèse finale des résultats.

Les principes qui nous ont guidés lors de la recherche de ce microtest sont les suivantes :

. extraction manuelle du gluten avec détermination du rendement d'extraction R et des caractéristiques viscoélastiques e_1 et $e_2 - e_1$ dans les conditions standards définies au I.

. essai d'amplification des écarts observés en appliquant un traitement mécanique (pétrissage, laminage) plus ou moins intense à la pâte avant l'extraction du gluten. Ceci pour se rapprocher des conditions d'extraction industrielles, plus drastiques que l'extraction manuelle, et pour appréhender une notion de stabilité des propriétés viscoélastiques face à un traitement qui dégrade la pâte.

. Dans les deux cas, synthèse de l'aspect quantitatif (rendement d'extraction) et de l'aspect qualitatif (propriétés viscoélastiques) en effectuant les calculs $R \times e_1$ et $R \times (e_2 - e_1)$ de manière à différencier un gluten de rendement élevé et améliorant, d'un gluten dont le caractère améliorant proviendrait d'un faible rendement ayant concentré des "meilleures" fractions.

2.1. Résultats

2.1.1. Extraction manuelle du gluten et appréciation des propriétés viscoélastiques dans les conditions standards au Viscoélastographe

TABLEAU V

Résultats de % gluten sec (R), % gluten humide, % eau du gluten, fermeté (e_1), recouvrance élastique ($e_2 - e_1$), $R \times e_1$ et $R \times (e_2 - e_1)$, pour les différentes séries d'échantillons analysés :

- Farines Montpellier de variétés pures (utilisées pour l'optimisation du test antérieurement au contrat),

- Echantillons 1982 de farines Nantes et industrielles utilisées lors de la mise au point du pilote de Nantes,

- Echantillons de farines GMP de 12 variétés pures (fin 1982 et début 1983).

Chaque résultat est la moyenne des valeurs trouvées sur 2 (ou 3) pastilles de gluten.

2.1.2. Extraction manuelle du gluten après traitement mécanique de la pâte.

2.1.2.1. Pétrissage de la pâte

On prépare un pâton à partir de 10 g de farine et de la quantité d'eau nécessaire pour avoir 40 % d'hydratation m.s. La pâte est pétrie au micro-farinographe Brabender (HOULIAROPOULOS, 1982).

Des essais préliminaires (tableau VI) de pétrissage à des temps de 0 à 15 mn ont mis en évidence des modifications dans l'extractibilité, l'hydratation et les caractéristiques viscoélastiques des glutens, très variables selon la variété : l'extractibilité diminue fortement chez Clément mais non chez Florence-Aurore, la fermeté décroît chez Florence-Aurore parallèlement à un accroissement de l'hydratation, alors que c'est l'inverse chez Clément. D'après ces résultats, on a considéré qu'un temps de pétrissage de 12 à 15 mn était nécessaire (et suffisant) pour induire des transformations importantes dans la pâte permettant de mieux discriminer les variétés.

Les résultats concernant les séries de farines 1982 et de variétés pures 1983 sont données sur le tableau VII.

Chaque résultat représente la moyenne des valeurs obtenues sur 2 (ou 3) pastilles de gluten.

2.1.2.2. Laminages de la pâte

On prépare un pâton à partir de 10 g de farine et de la quantité nécessaire d'eau pour avoir 38 % d'hydratation m.s. (MALAK, 1981).

Le laminage est effectué sur un laminoir DE LELLIS (diamètre des rouleaux 5 cm, 50 t/mn) avec un écartement de 0.5 mm. Après chaque passage la pâte est repliée sur elle-même. Ces conditions ont été retenues après des essais préliminaires (cf. thèse de MALAK). Elles semblent conduire à une différenciation optimale des échantillons.

Les résultats concernant les séries de farines 1982 et de variétés pures 1983 sont données sur le tableau VIII.

Chaque résultat représente la moyenne des valeurs obtenues sur 2 (ou 3) pastilles de gluten.

2.2. Discussions

2.2.1. Extraction du gluten dans les conditions standards

Il est difficile d'analyser de la même façon les résultats des différentes séries de farines données dans le tableau V car ces résultats ont été obtenus à des époques différentes, les premiers lors de la mise au point du test (séries 1982), les derniers pour juger comparativement les variétés (série 1983). C'est d'ailleurs sur cette série que nous concentrerons plus particulièrement notre interprétation.

Les différents critères retenus permettent tous d'effectuer un classement des échantillons. Certains sont cependant beaucoup plus discriminants que d'autres. Ainsi, les valeurs extrêmes observées et les rapports entre ces

valeurs sont les suivants :

	sur les 11 variétés 1983		sur l'ensemble des échantillons	
	extrêmes	rapport	extrêmes	rapport
% gluten humide	23.0 - 33.6	1.46	15.4 - 41.8	2.71
% gluten sec R	7.9 - 12.5	1.63	7.9 - 14.6	1.84
% hydratation gluten	62.8 - 67.0	1.06	56.5 - 70.3	1.24
Fermeté e_1	1.6 - 2.19	1.37	1.21- 2.80	2.31
Recouvrance $e_2 - e_1$	0.50- 1.66	3.32	0.28- 1.94	6.92
$R \times e_1$	12.96- 27.38	2.11	11.91- 32.36	2.71
$R \times (e_2 - e_1)$	4.05- 20.75	5.12	2.75- 21.82	7.93

La recouvrance élastique, et particulièrement si on intègre les valeurs de rendement d'extraction, apparait ainsi comme le paramètre le plus discriminant. Comme il existe une corrélation entre la valeur de e_1 et de $(e_2 - e_1)$ ($r = 0,73$ pour les 11 variétés) ou de $R \times e_1$ et de $R \times (e_2 - e_1)$ ($r = 0,89$), on peut en première approximation se contenter du seul paramètre recouvrance élastique.

On peut noter qu'il existe déjà une certaine corrélation entre la teneur en gluten sec et la recouvrance élastique ($r = 0,67$ pour les 11 variétés) ou la fermeté ($r = 0,55$) (Les glutens extraits avec un faible rendement sont également ceux qui ont les plus faibles caractéristiques viscoélastiques, ce qui n'était pas évident a priori). Cela semble expliquer pourquoi la corrélation recouvrance/fermeté est plus élevée lorsqu'on tient compte du paramètre rendement d'extraction.

Il est également intéressant de noter qu'il y a une tendance à avoir une relation inverse entre l'hydratation du gluten humide et les caractéristiques viscoélastiques, notamment la fermeté ($r = 0,61$) (Plus un gluten est hydraté, moins il est ferme). C'est un point fondamental sur lequel nous reviendrons dans le chapitre des bases biochimiques.

Les classements des variétés en fonction des différents paramètres retenus ne sont pas identiques mais présentent de nombreuses analogies. Ainsi les valeurs du DNS sont toujours les plus élevées, celles de Maris Huntsman, Corin et Talent, toujours parmi les plus faibles, celles de Capitole, Hardi Lutin, toujours dans la zone moyenne. On peut, par contre, noter que 4 variétés: Top Castan, Arminda et Fidel ont des rangs plus variables, mais chacune pour des raisons différentes : le gluten de Castan est extrait avec un rendement élevé et est très élastique, mais sa fermeté est médiocre. Top est également assez élastique mais présente un mauvaise fermeté. Arminda est très ferme et élastique mais se trouve pénalisée par son mauvais rendement d'extraction. Fidel est très ferme mais moyenne aux plans rendement et élasticité.

Ces différents classements sont donnés sur le tableau IX, qui fournit également l'ordre dans lequel se situent les variétés d'après le volume des pains en microcuisson (BOURDET).

2.2.2. Extraction du gluten après traitement mécanique de la pâte

2.2.2.1. Après pétrissage de la pâte

a) Farines 1982

Il est clairement confirmé que le pétrissage entraîne dans tous les cas une diminution de l'extractibilité du gluten. Cette diminution n'est cependant pas du même ordre selon l'échantillon. Pour certains (Tenstar SEPTEMBRE) le gluten devient pratiquement inextractible après 15 mn, d'autres (Tenstar OCTOBRE) sont beaucoup plus résistants à la dégradation mécanique. Le classement des variétés est donc nettement différent, selon qu'on se place aux temps 0, 12 ou 15 mn. Comme cela ressort du tableau X.

Ainsi, au temps 0, les résultats de gluten sec R conduisent au classement suivant :

R.80648 - R.0246Z > T.Mai - T. Juin - T.Octobre - T.Juillet > T.Septembre

Après 12 mn, le classement devient :

R.0246Z > R. 80648 > T. Octobre - T. Mai > T.Juillet - T. Juin > T.Septembre

Et après 15 mn :

R.0246Z > T.Octobre > T.Juillet > T.Mai - R.80648 > T.Juin - T.Septembre

Si l'on estime le % de diminution de l'extractibilité (gluten sec) après 15 mn en calculant $\frac{R. - R_{15}}{R.}$, on met en évidence (à partir de ces 7 farines

dont l'extractibilité du gluten est au départ du même ordre) deux groupes nettement séparés.

1) T.Juin, T.Septembre, R.80648 et T.Mai dont les pertes d'extractibilité sont respectivement de 69, 67, 66 et 60 %.

2) T.Juillet, T.Octobre et R.0246Z, dont les pertes ne sont respectivement que de 38, 32 et 32 % et qui apparaissent donc mieux résister à ce type de traitement mécanique.

En ce qui concerne la fermeté des glutens extraits, la tendance générale est une légère diminution, d'ailleurs associée à une plus grande hydratation de ces glutens. On ne retrouve donc pas vraiment d'augmentation de fermeté comme cela avait été observé dans les essais préliminaire avec la variété impanifiable Clément chez laquelle les derniers % de gluten qui restaient extractibles semblaient concentrer des fractions les plus fermes.

La recouvrance élastique diminue également entre 0 et 12 mn de pétrissage mais se stabilise ou remonte parfois vers 15 mn.

En fonction des valeurs de la recouvrance, le classement des échantillons s'effectue comme suit au temps 0 :

T.Mai - R.80648 - R.0246Z - T.Juin > T.Septembre > T.Octobre - T.Juillet

et après 12 mn de pétrissage :

T.Juin > R.80648 > T.Mai - R.0246Z > T.Septembre - T.Octobre > T.Juillet

montrant que T.Mai, R.80648, R.0246Z et T.Juin sont les plus élastiques (et également les plus fermes) mais que certains (T.Juin) se classent mieux après traitement alros que d'autres (R.0246Z) tendent à régresser.

Dans l'ensemble, en l'absence de pétrissage, le groupe des 4 farines R.0246Z, R.80648, T.Mai et T.Juin donnent des valeurs les plus élevées pour les paramètres e_1 , $e_2 - e_1$, $R \times e_1$ et $R \times (e_2 - e_1)$ et donc, que l'on tienne compte ou non des aspects quantitatifs R.

Il en est pratiquement de même avec les paramètres e_1 et $e_2 - e_1$ après pétrissage. Par contre, comme l'extractibilité des glutens est plus gravement affectée par T.Mai, T.Juin, T.Septembre et R.80648, il n'en est plus de même si l'on examine les paramètres $R \times e_1$ ou $R \times (e_2 - e_1)$ après pétrissage et seul R.0246Z conserve des valeurs élevées. T.Mai, T.Juin et R.80648 sont alors souvent dépassées par T.Juillet et T.Octobre en raison de la bonne stabilité du rendement d'extraction de ces derniers.

b) Variété pures 1983

Même observation en ce qui concerne la forte diminution de l'extractibilité du gluten au cours du pétrissage.

Le classement observé avant pétrissage (Tableau IX) se trouve ainsi complètement bouleversé après pétrissage (tableau X). En particulier, les farines Castan et DNS qui donnaient le maximum de rendement en gluten ont, après pétrissage de 15 mn, des glutens pratiquement inextractibles. Inversement, le classement de variétés comme Lutin, Hardi ou Top n'est pas affecté, tandis que Capitole, qui apparaît la mieux classée après pétrissage, semble donc celle qui "tolère" le mieux ce type de traitement mécanique.

Dans l'ensemble des échantillons c'est donc le comportement de Castan et DNS, dont les pertes à l'extractibilité après pétrissage sont respectivement de 84 et 100 % (analyses réalisées en quadruple), qui tranche sur celui de tous les autres (pertes allant de 55 à 31 %, sauf Capitole : 19 %).

2.2.2.2. Après laminages de la pâte

a) Farines 1982 (cf. tableaux VIII et XI)

Comme dans le cas du pétrissage, le laminage entraîne une forte diminution de la quantité de gluten extractible. La sensibilité à ce traitement est cependant très différente selon les échantillons. Le plus sensible est Tenstar Juin (71 % de pertes après 30 laminages). Les plus résistants Roquette 0246Z (26 %) et Tenstar Juillet (27 %).

Au niveau des propriétés viscoélastiques, les différences sont généralement non significatives (à l'exception de Tenstar Septembre) de sorte que la diminution du rendement d'extraction du gluten ne semble pas affecter la fermeté ou l'élasticité de ce dernier. Un gluten se trouvant à la limite de l'extractibilité possède encore des propriétés viscoélastiques comparables à celles du gluten extrait d'une pâte non dégradées.

b) Variétés pures 1983

On observe également une forte diminution de l'extractibilité du gluten. Le phénomène est extrêmement net chez des variétés à forte teneur initiale

en gluten. Ainsi Castan et DNS n'ont plus, après 30 laminages de gluten extractible, tandis que chez Capitole, les pertes ne sont que de 24 %.

Les propriétés viscoélastiques ne sont pas non plus influencées de façon très significative (très légère tendance à l'accroissement de la fermeté après laminages) mais l'hydratation du gluten extrait après laminage est généralement plus élevée (+ 1 à 6 %). L'une des conséquences est d'ailleurs la disparition de la corrélation négative fermeté/hydratation observée sur les glutens extraits sans traitement mécanique (+ 0,39 ou lieu de - 0,61).

Les corrélations Rendement/Recouvrance est Recouvrance/Fermeté sont par ailleurs beaucoup plus faibles (0,32 et 0,31) qu'avant pétrissage (0,67 et 0,89) indiquant bien que ces différentes variétés réagissent de façon très différente aux traitements appliqués.

2.2.2.3. Conclusions sur les effets des traitements mécaniques

Le tableau XII rassemble des différentes pertes à l'extractibilité du gluten après pétrissage ou laminages de la pâte.

On avait déjà observé que le classement des échantillons après traitement ne correspondait absolument plus au classement initial des glutens d'où une notion de stabilité des propriétés à prendre nécessairement en compte. Il apparaît en outre que pétrissage ou laminage ne conduisent pas tout à fait au même classement, probablement en raison de la nature différente des forces (cisaillement ou compression) qui interviennent.

Ainsi, s'il est clair que les variétés à taux initial élevé de gluten (DNS ou Castan), jugées d'ailleurs comme des blés de force élevée, sont les moins tolérantes aux deux types de traitements, de même que Capitole, la farine témoin, Roquette 0246 Z ou Tenstar Juillet apparaissent comme les plus tolérantes, en revanche certains échantillons "résistent" beaucoup mieux au pétrissage qu'au laminage (Corin, Lutin, Arminda, Maris Hunstman) tandis que d'autres résistent mieux au laminage qu'au pétrissage (Tenstar Mai, Juillet et Septembre, Top).

D'où finalement, 3 types différents de classements (tableaux IX, X, XI) pour chacun des 7 critères étudiés, dont la valeur prédictive pour le rendement et la qualité d'un gluten pilote ou industriel ne pourra être jugée qu'en connaissance de l'ensemble des données technologiques.

Une partie des données obtenues ici seront reprises au dernier chapitre lors de la recherche des bases biochimiques de rendement et des propriétés viscoélastiques des glutens.

III - RECHERCHE D'UN MICROTEST D'APPRECIATION DE LA QUALITE D'UN GLUTEN PILOTE OU INDUSTRIEL.

Dans ce cas on donne un gluten séché ou lyophilisé (obtenu à partir d'une installation industrielle ou pilote avec un certain rendement). Il s'agit ici d'apprécier la "qualité" de ce gluten.

Il est certain que cette notion de qualité d'un gluten n'a souvent qu'une valeur relative car elle est fonction de l'utilisation que l'on va faire de ce gluten (épaississant en charcuterie, apport de protéines, améliorant en panification, etc...) et même, dans le cas des améliorants en panification, les

"qualités" recherchées dépendent des caractéristiques de la farines à corriger. Les années à "G alvéographes longs" il n'y a en général pas de problèmes pour trouver de "bons" gluten, tandis qu'une année à "G courts" les mêmes glutens ne seront plus considérés comme bons, la correction étant plus difficile à obtenir.

Devant cette difficulté, nous nous sommes limités à prendre simplement en compte certaines composantes importantes de la qualité, donc des paramètres très généraux et objectifs :

- aptitude à la réhydratation : % d'eau retenu après réhydratation à taux constants,
 - fermeté
 - recouvrance élastique
 - évolution de la fermeté en fonction du taux de réhydratation.
- } après réhydratation à taux constant

Les résultats ont été comparés à ceux obtenus sur des glutens extraits manuellement, soit "verts", soit lyophilisés avec ou sans délipidation partielle au pentane. On pouvait penser que la délipidation, en changeant l'aptitude à la réhydratation aurait pu permettre de proposer un classement des échantillons différent des autres.

3.1. Aptitude à la réhydratation

Des essais préliminaires de réhydratation de glutens séchés ou lyophilisés (HOULIAROPOULOS, 1982) ont montré qu'on pouvait reconstituer un gluten humide quasiment manipulable en ajoutant des quantités d'eau pouvant aller de 1 à 2 g par gramme de gluten sec. En fait, les valeurs extrêmes de 1 g et de 2 g n'ont pas été retenues ici car conduisant respectivement à des glutens très sous hydratés ou à un net excès d'eau. On n'a donc retenu que les volumes 1,2 ; 1,4 ; 1,6 ; 1,8 ml (voir § 3.3).

Pour juger des % d'eau retenus par chacun des glutens après réhydratation, on a utilisé une quantité d'eau élevée (1,8 g/g sec) et égale pour tous les glutens.

Pratiquement, 1,8 ml d'eau distillée est ajouté à 1 g de gluten sec dans un mortier. Le mélange est homogénéisé avec un pilon et le gluten ainsi reformé est placé immédiatement dans le moule pour le thermoformage (cf. § 1.3.4.). On ne laisse pas reposer le gluten, on ne le repétrit pas entre les doigts. Il ne doit pas s'écouler plus d'une minute entre l'addition de l'eau et la mise en moule.

Les tableaux XIII et XIV fournissent les résultats de % d'eau retenus respectivement pour les glutens industriels et pilotes comparativement aux % d'hydratation des glutens verts correspondants.

Les % d'eau retenus varient entre

58,5	et 64,0	pour les glutens "laboratoires"	non delipidés
58,5	et 65,0	" " " "	délipidés
60,5	et 62,5	" " "pilotes"	non délipidés
60,5	et 64,5	" " "industriels"	non délipidés
61,5	et 63,5	" " " "	délipidés

valeurs moins élevées que celles des glutens verts laboratoires sur variétés pures (62,1 à 67,0) mais du même ordre que celles des glutens verts laboratoires sur farine industrielle (57,6 à 64,5).

On n'a par ailleurs pu mettre en évidence aucune corrélation entre les résultats des différents % d'eau retenus en fonction de l'extraction (laboratoire, pilote ou industrielle) ou de la délipidation.

Les classements des échantillons en fonction du critère % d'eau retenu changent donc totalement selon la nature du traitement d'extraction ou de délipidation. Par exemple, par % d'eau retenus croissants :

labo, non délip. : DNS < Arminda - Fidel < Témoin < Capitole - Lutin < Hardi - Top < Castan - Talent < Corin < Maris Huntsman

labo, délip. : DNS < Arminda - Témoin < Fidel - Castan - Capitole < Talent - Lutin < Top < Hardi < Corin < Maris Huntsman

pilotes non délip. : Fidel < Maris Huntsman < Corin - Castan - Top - Talent < Hardi - Lutin - Capitole - DNS < Arminda

labo, verts : Fidel < DNS < Témoin - Lutin - Top < Castan < Arminda < Capitole - Hardi - Talent - Maris Huntsman < Corin

3.2. Caractéristiques viscoélastiques après réhydratation

Les glutens réhydratés comme ci-dessus (§ 3.1.) sont soumis à l'analyse au viscoélastographe : détermination de la fermeté et de la recouvrance élastique dans les conditions utilisées pour les glutens verts.

Ces résultats figurent également sur les tableaux XIII et XIV et les coefficients de corrélation entre les paramètres viscoélastiques ont été calculés (tableau XV).

Plusieurs observations peuvent être effectuées :

- On retrouve au sein de chaque série d'échantillons, une corrélation assez élevée (0,73 à 0,81) entre les paramètres fermeté et recouvrance élastique, comme cela avait été signalé pour les glutens verts.

- Les corrélations sont élevées entre les paramètres des glutens verts et des glutens lyophilisés non délipidés (0,86 à 0,93) ainsi qu'entre la fermeté seule (0,90) ou la recouvrance seule (0,92) des glutens délipidés et non délipidés. Il en est encore de même pour la recouvrance entre glutens verts et délipidés. Par contre, la délipidation semble apporter d'importantes modifications de la fermeté (corrélation de 0,57 seulement entre glutens verts et délipidés).

- Les corrélations calculées à partir des résultats des glutens pilotes sont beaucoup plus faibles sauf pour ce qui est de la recouvrance élastique seule (0,62 à 0,67). Dans l'ensemble, les valeurs dans cette série sont plus faibles et beaucoup moins différenciées que dans les autres séries.

Il apparaît donc dans l'ensemble que :

- l'existence d'une corrélation assez élevée entre fermeté et recouvrance peut permettre de comparer les échantillons sur la base de ce dernier paramètre qui présente l'avantage d'une plus large discrimination.

Exemples :

	<u>extrêmes e₂-e₁</u>	<u>rapports</u>	<u>extrêmes e₁</u>	<u>rapports</u>
Verts	1,66-0,50	3,3	2,19-1,60	1,4
Lyoph. non délip.	1,51-0,29	5,2	2,18-1,57	1,4
Lyoph. délip.	1,44-0,43	3,3	2,21-1,54	1,4
Pilotes	1,03-0,53	1,9	2,03-1,61	1,3

Toutefois, dans les échantillons ayant subi des traitements (délipidation, extraction dans des conditions plus sévères comme chez les glutens pilotes et industriels), la fermeté et la recouvrance peuvent évoluer différemment de sorte que les deux paramètres sont dans ce cas nécessaires pour juger des échantillons.

- En ce qui concerne l'aptitude des différents microtests à apprécier la "qualité" des glutens pilotes ou industriels, on peut observer que les classements des échantillons sont assez cohérents entre les séries de glutens ayant subi une extraction manuelle, même après lyophilisation, réhydratation et avec ou sans délipidation (coefficients de corrélation 0,92 et 0,93). Par contre, les classements sont en moins bon accord avec celui de la série pilote.

Exemples (classement par recouvrance élastique décroissante) :

Verts : DNS > Castan > Témoin > Arminda > Capitole - Top - Fidel > Hardi > Lutin
Corin - Talent > MH

Non délip. : DNS - Castan > Capitole > Arminda > Fidel - Témoin > Top > Hardi >
Talent > Lutin > Corin > MH

Délip. : Témoin - DNS - Castan > Arminda > Capitole > Fidel > Top - Talent -
Lutin - Hardi > Corin > MH

Pilotes : Arminda > Top > Castan - Lutin - Capitole - Hardi - Fidel - DNS
> Corin - Talent - MH

Cela vient essentiellement du déclassement des variétés (considérées comme de force élevée) Castan et surtout DNS par rapport aux autres dès qu'on s'écarte de l'extraction manuelle. Cela avait déjà été observé dans le chapitre des traitements mécaniques (2.2.2.) Des observations semblables peuvent être faites sur les glutens industriels (Tableau XIII). Par contre les glutens des variétés faibles ou impanifiables apparaissent toujours les plus faibles.

On doit donc observer qu'il n'y a pas plein accord entre la mesure des caractéristiques viscoélastiques effectuées sur glutens verts, sur glutens lyophilisés réhydratés et sur glutens pilotes. Le choix du meilleur microtest ne pourra donc se faire qu'au cours de la synthèse finale des résultats.

- On remarque enfin que la relation négative précédemment rapportée entre fermeté et % d'eau retenu est ici beaucoup plus nette sur les glutens lyophilisés et réhydratés (même délipidés) qu'elle n'était sur les glutens verts. Par contre, la relation est bouleversée dès lors qu'il y a eu traitement mécanique plus intense de la pâte.

Exemples :

Coefficients de corrélation entre fermeté et % d'hydratation ou % d'eau fixé

glutens verts - 0,58
 glutens lyoph. délip. -0,93
 glutens lyoph. non délip. -0,89
 glutens pilotes + 0,31

3.3. Evolution de la fermeté pour des taux variables de réhydratation

Pour tenter d'approfondir la relation négative : fermeté du gluten - % d'eau que peut retenir ce gluten, laquelle nous apparaît susceptible d'expliquer certaines bases biochimiques de la qualité des "bons" ou des "mauvais" glutens, on a travaillé ici à taux d'hydratation variables (cf. § 3.1.).

A 1 gramme de gluten sec, on a donc rajouté des volumes d'eau distillée de 1,2 - 1,4 - 1,6 - 1,8 - 2,0 ml, puis soumis à l'analyse des propriétés viscoélastiques après thermoformage dans les conditions standards. On a mesuré pour chaque % d'eau ajouté, les paramètres e_1 , $e_2 - e_1$ et % d'eau retenu. Les résultats obtenus sur les glutens industriels 1982 sont donnés sur le tableau XVI. La lourdeur de la manipulation et l'information limitée qui en ressort nous ont décidé à ne pas la recommencer sur la série des 11 variétés.

On observe cependant sur le tableau XVI (cette fois au sein d'un échantillon avec des taux d'hydratation différents et non plus entre échantillons) qu'il existe une corrélation négative élevée entre e_1 et % d'eau retenu (-0,925 à - 0,995) pour la série Tenstar, toutefois plus faible (-0,435 à -0,730) pour les glutens Roquette, ce que nous ne savons pas expliquer. On a calculé également les pentes des droites fermeté/% d'eau retenu, ce qui permet de mettre en évidence de légères différences entre les échantillons.

Par ordre décroissant des pentes, on a ainsi :

Ro 80649 > T. Septembre > T. Mai > T. Juillet > T. Octobre > T. Juin.

Les échantillons dont la pente est la moins négative seraient ceux dont la fermeté chute le moins pour des % d'eau retenus élevés. Ceux dont la pente est la plus négative seraient ceux qui tolèrent le moins un excès d'eau c'est-à-dire ceux dont les constituants sont les moins aptes à retenir l'eau sans perdre leur niveau de viscoélasticité.

La pente fermeté/eau retenu ne traduit cependant la totalité du phénomène. Si l'on considère en outre la quantité d'eau effectivement gagnée par le gluten lorsqu'on passe d'une addition de 1,2 à 2,0, on observe que les 2 glutens Roquette ne fixent que peu d'eau supplémentaire (% 4 et + 5 %) parallèlement à une certaine stabilité de la fermeté, tandis que 4 des glutens Tenstar gagnent 8 à 10,5 % d'eau (tout en perdant 0,43 à 0,49 mm de fermeté). Seul T. Juillet se comporte différemment en ne gagnant que 5,5 % d'eau et ne perdant que 0,25 mm de fermeté.

3.4. Conclusion sur la recherche d'un microtest d'appréciation de la qualité des glutens pilotes ou industriels

Les différents critères retenus conduisent à des classements différents des échantillons. Comme dans le chapitre 2, il est certain que le choix du critère le plus approprié pour apprécier la qualité des glutens pilotes ou industriels ne pourra se faire que lors de la synthèse finale des résultats.

On peut cependant rappeler que :

- les paramètres recouvrance et fermeté sont le plus souvent liés, mais de façon moins étroites lorsqu'on a utilisé des conditions d'extraction plus sévères,

- fermeté et % d'eau retenu sont antagonistes dans les séries de glutens extraits manuellement et lyophilisés ou au sein d'un échantillon lorsque des taux de réhydratation différents sont utilisés. Cela est moins net dans les autres cas,

- la délipidation n'apparaît pas bouleverser les classements. Les glutens industriels délipidés sont souvent plus élastiques et légèrement plus fermes et retiennent en général moins d'eau. Chez les glutens extraits manuellement et lyophilisés, les différences sont par contre peu significatives,

- il n'y a pas plein accord entre les mesures des caractéristiques viscoélastiques effectuées sur les glutens laboratoires "verts", sur ces mêmes glutens lyophilisés réhydratés et sur les glutens pilotes. Les mesures sur glutens verts surestiment nettement les blés dits de force élevée par rapport à l'extraction pilote qui les dégrade davantage que des variétés moyennes comme Arminda, Top ou Lutin.

IV - RECHERCHE DES BASES BIOCHIMIQUES DE L'EXTRACTIBILITE ET DE LA QUALITE DU GLUTEN

En complément de précédentes analyses destinées à la prévision ou à l'appréciation du rendement et de la qualité des glutens, il nous est apparu indispensable de chercher à progresser dans l'explication des phénomènes observés. Cette dernière partie est donc consacrée à la recherche des bases biochimiques de l'extractibilité et de la qualité du gluten. Il est probable qu'une meilleure compréhension de ces bases biochimiques pourra permettre à plus long terme de mieux maîtriser les problèmes, soit par un choix plus appropriés de variétés "glutinières", soit par le biais de micro méthodes biochimiques de prévisions ou d'appréciation, plus performantes ou plus efficaces que les méthodes actuelles.

Deux approches différentes ont été successivement imaginées :

- l'une, qu'on pourrait qualifier de "statique" (que l'on citera ici seulement pour mémoire), limitée à la recherche de relation entre les données de qualité et la composition protéique (électrophorétique).

- l'autre, davantage "dynamique", au cours de laquelle on a étudié les modifications apportées au gluten par différents traitements : mécaniques, thermiques, de lyophilisation, d'extraction sélective, de délipidation, en vue de différencier les échantillons du point de vue de la capacité à interagir de

de leurs constituants, notamment protéiques et lipidiques. Au niveau des extractions, une place importante a été accordée au problème des interactions de type hydrophobe lesquelles occupent une place privilégiée dans nos hypothèses et nos schémas explicatifs.

4.1. Recherche de relations entre composition protéique et données de qualité du gluten.

Une recherche similaire a déjà été réalisée par SOZINOV et POPERELLA (1976) et BRANLARD et ROUSSET (1980) qui ont utilisé comme références des critères classiques de qualité des blés et farines. Leurs résultats font état de relations entre certaines données de qualité et la présence ou l'absence de certains constituants (ou "blocs" de constituants) gliadines.

En ce qui concerne plus particulièrement les caractéristiques du gluten, le travail a été abordé par HOULIAROPOULOS (1982). Contrairement aux résultats de DAMIDAUX, sur le gluten de blé dur, il n'a pas été possible, à partir des glutens de blé tendre de mettre en évidence de relation très significative avec les données électrophorétiques des gliadines.

Les électrophorèses des gliadines ont été pratiquées sur les échantillons du Contrat (figure 4) et les formules des diagrammes (selon la présentation BUSHUK) sont données Tableau XVII.

Mais ces résultats n'ont permis jusqu'ici que de vérifier l'identité des variétés reçues. Aucune relation intéressante avec l'extractibilité ou des propriétés viscoélastiques des glutens n'a été trouvée.

4.2. Etude des modifications apportées au gluten par différents traitements :

4.2.1. Traitements mécaniques : pétrissage ou laminages

Ces traitements ont déjà été mentionnés au § 2.1.2.. On a observé dans tous les cas une diminution de l'extractibilité du gluten, plus ou moins rapide selon les échantillons et pouvant aller jusqu'à l'impossibilité d'extraire un gluten lorsque le traitement est suffisamment intense. En ce qui concerne les caractéristiques viscoélastiques, on note des augmentations ou des diminutions selon la variété, généralement plus nettes pour la recouvrance que pour la fermeté, mais on ne peut pas établir de règle générale. Ainsi pour une variété comme Capitole dont l'extractibilité n'est que peu affectée, on note un accroissement de la recouvrance après laminage, mais une diminution après pétrissage. Pour des variétés dont l'extractibilité est fortement diminuée, on trouve soit des accroissements de la recouvrance (Fidel, Maris Huntsman) soit des diminutions (Top, Lutin). En ce qui concerne la fermeté, il y a le plus souvent diminution, à peine significative, parallèlement à une assez nette augmentation de l'hydratation du gluten.

On n'est pas parvenu à relier ces évolutions à des caractéristiques d'électrophorégrammes des fractions protéiques des produits modifiés. La figure 5 illustre par exemple le fait qu'un gluten normalement extrait de la farine ou extrait d'une pâte ayant subi 5, 10 ou 15 mn de pétrissage (et se trouvant alors à la limite de l'inextractibilité) renferme les mêmes "sous-unités" gliadine. Il en est de même dans le cas du laminage (HOULIAROPOULOS, 1982, MALAK, 1981).

Il n'a pas été procédé ici à des études de taille des agrégats protéiques, mais des changements dans la solubilité des fractions protéiques (NaCl-, éthanol-, SDS-, SDS + ME- solubles) ont été observés par HOULIAROPOULOS (1982) sur Clément et Florence-Aurore (Tableau XVIII). Ces deux variétés n'ont pas entièrement le même comportement, mais on peut toutefois noter au cours du pétrissage une diminution des fractions SDS-solubles et un accroissement des "gliadines" éthanol-solubles comme s'il y avait "dépolymérisation" d'agrégats de nature hydrophobes au profit de gliadines libres. Chez Florence-Aurore (mais non chez Clément), il y aurait parallèlement évolution vers d'autres agrégats SDS + ME solubles.

De ces observations, il ressort que les méthodes classiques d'électrophorèse ne constituent pas des outils appropriés pour étudier les modifications subies par le gluten. Il semblerait que ce soit plutôt la taille des agrégats protéiques qui soit en cause dans ces changements. Tout en gardant une composition identique en "sous unités", la pâte pétrie peut ainsi perdre son aptitude à la formation d'un gluten en raison des modifications profondes subies par ses agrégats protéiques. Certaines variétés résistent toutefois mieux que d'autres, leurs agrégats ayant probablement une taille ou une solidité plus grande (plus grand nombre - plus grande aptitude à interagir des régions hydrophobes ?). Pour ce qui concerne enfin les changements dans les propriétés rhéologiques du gluten extrait, il semblerait que les traitements mécaniques induisent (sans qu'il y ait sélection de sous unités protéiques particulières) la formation de différents types d'agrégats, de type plus extensible, ou au contraire, plus ferme et élastique (cf. ci-dessous).

4.2.2. Traitements thermiques

L'évolution des propriétés viscoélastiques du gluten et des électrophorégrammes gliadines a été suivie au cours d'un traitement thermique. Pour cela l'échantillon de gluten (1 gramme m.h.) a été soumis à un thermoformage dans l'eau bouillante, identique à celui utilisé préalablement à la détermination de la viscoélasticité, mais pendant des durées beaucoup plus importantes.

Des expériences préliminaires ayant montré qu'aucune modification n'apparaissait dans l'électrophorégramme pour des temps de thermoformages inférieurs à 10 minutes (résultat en accord avec ceux de JEANJEAN et al., 1980), l'expérience a été poursuivie pendant des durées de 0 à 90 minutes. Ce dernier temps peut apparaître hors de proportion avec les temps de cuisson utilisés dans la pratique boulangère, mais il faut considérer que l'action de la chaleur sur une éprouvette de gluten enfermée dans un moule et donc isolée de l'eau bouillante est finalement assez peu dénaturante. Nous verrons d'ailleurs qu'après 90 minutes dans ces conditions, la dénaturation des gliadines est du même ordre que celle subie après 10 minutes de cuisson directe d'une pâte alimentaire dans l'eau bouillante (AUTRAN et al., 1981a).

L'évolution des propriétés viscoélastiques est illustrée sur la figure 6. On observe que le fermeté s'accroît régulièrement avec la durée du traitement, les valeurs de Florence Aurore restant toujours supérieures à celles de Clément. La recouvrance absolue, par contre, augmente dans un premier temps puis diminue régulièrement. Le maximum est atteint beaucoup plus vite chez Florence-Aurore (5 mm) que chez Clément (15-20 mm) mais pour le blé de force, le gain de recouvrance absolue observé est beaucoup plus faible (+ 0,30 mm) que chez le blé impanifiable (+ 1,87 mm). D'ailleurs, après 12 mn de cuisson, la recouvrance du gluten de Clément l'emporte sur celle de Florence-Aurore.

Après mesure des propriétés viscoélastiques, les pastilles de gluten ont été lyophilisées puis réduites en poudre dans un broyeur à billes. La fraction gliadine a ensuite été extraite de ces glutens par l'éthanol, (successivement à 68 p 100 et 60 p 100), lyophilisée et analysée par électrophorèse en gel de polyacrylamide, tampon lactate d'aluminium. A titre d'exemple, les diagrammes obtenus pour les différents temps de cuisson du gluten sont donnés comparativement à des glutens natifs, sur les figures 7 (variétés Florence Aurore) et 8 (variété Clément).

On observe que le comportement des deux variétés est pratiquement identique. Les diagrammes sont inchangés jusqu'à un temps de cuisson de 20 mn, ce qui témoigne d'une bonne résistance de ces fractions gliadines à la dénaturation thermique. A partir de 30 mn, il y a un affaiblissement des fractions alpha, bêta et gamma, particulièrement chez Clément. Ces fractions disparaissent (c'est-à-dire qu'elles ne sont plus extraites par l'éthanol dilué) pour des temps de cuisson de 60 ou 90 mn.

Ces résultats mettent en évidence des différences de résistance à la dénaturation thermique entre les différentes fractions. Les alpha, bêta et gamma semblent perdre leur solubilité à partir de 30 mn, tandis que les oméga demeurent extractibles même à 90 mn. Cela est en accord avec les observations de WRIGLEY et al. (1980) qui ont traité ses suspensions de farine jusqu'à 18,5 heures à 130°C et de BOOTH et al. (1980). On est alors amené à supposer que des traitements thermiques prolongés favorisent des changements de structure, notamment par l'établissement de nouvelles liaisons intermoléculaires, probablement disulfures. C'est également l'hypothèse de JEANJEAN et al. (1980) qui ont observé après chauffage du gluten une diminution de la solubilité dans l'éthanol dilué parallèlement à un accroissement de la solubilité dans le mercapto-éthanol. Les alpha, bêta et gamma gliadines semblent donc posséder une aptitude plus grande à former des liaisons disulfures que les fractions oméga. Ces dernières sont d'ailleurs, pour la plupart, dépourvues de soufre (CHARBONNIER et al., 1980) et leur structure en pelote statistique (KASARDA et al., 1976a) les rends très peu réactives et très peu sensibles à la dénaturation thermique. L'intensité relative des bandes électrophorétiques oméga a même tendance à augmenter au cours du traitement ce qui pourrait s'expliquer par une plus grande affinité pour le colorant bleu de Coomassie. On peut cependant difficilement expliquer par les résultats de cette expérimentation les différences d'aptitudes technologiques entre Clément et Florence-Aurore. On peut tout au plus estimer que les gliadines de Clément sont un peu plus sensibles que celles de Florence-Aurore à la dénaturation thermique, c'est-à-dire qu'elles semblent former un peu plus rapidement des agrégats inextractibles par l'alcool dilué. Cela ne peut cependant pas être rapproché des évolutions respectives de leur comportement viscoélastique.

4.2.3. Lyophilisation

Dans un travail préliminaire sur des farines (mouture laboratoire) des 3 variétés Clément, Cappelle et Florence-Aurore, on a étudié l'évolution des caractéristiques rhéologiques de glutens lyophilisés lorsqu'on fait varier le taux de réhydratation, comparativement à celles des glutens verts (Tableau).

Quelle que soit la variété, il en ressortait que la fermeté du gluten rehydraté était nettement supérieure à celle du gluten natif. Cet accroissement apparaissait d'autant plus élevé que la variété était de faible qualité. A titre d'exemple, les valeurs de la fermeté du gluten natif : 1,95; 1,64; 1,17 mm respectivement pour Florence-Aurore, Cappelle et Clément, passent à 2,14-2,29; 2,03-2,39; 1,66-1,88 mm après lyophilisation. Par ailleurs, lorsque

La quantité d'eau ajoutée pour réhydrater le gluten augmente, il y a dans l'ensemble augmentation de la quantité d'eau retenue et parallèlement, baisse de la fermeté. La recouvrance absolue du gluten n'est pas modifiée de façon significative pour Florence-Aurore mais s'accroît sensiblement pour Cappelle et Clément. Le classement des glutens reste ainsi le même mais les écarts entre les variétés diminuent après lyophilisation.

A partir des 12 farines semi-industrielles de variétés pures 1983, l'étude de l'influence de la lyophilisation a été reprise. A partir de cette série, on n'a pas retrouvé les accroissements de fermeté et de recouvrance mentionnés ci-dessus. On a au contraire une grande stabilité des valeurs e_1 et $e_2 - e_1$ même à partir de glutens lyophilisés et partiellement délipidés (voir ci dessus tableau XIV).

Coefficients de corrélation	$e_2 - e_1$: vert/lyoph. non délip.	0,93
	$e_2 - e_1$: vert/lyoph. délip.	0,82
	$e_2 - e_1$: lyoph. délip./lyoph. non déli.	0,92
	e_1 : vert/lyoph., non délip.	0,86
	e_1 : vert/ lyoph. délip.	0,87
	e_1 : lyoph. non delip./lyoph. déli.	0,90

et cela malgré un % d'eau retenu toujours plus faible (- 0,8 à -5,1 %) que l'hydratation initiale des glutens verts.

Pour expliquer ce comportement, on pourrait imaginer que la dessiccation du gluten au cours de la lyophilisation entraîne le développement de structures tertiaires dans lesquelles les protéines, se trouvant dans des environnements de plus en plus pauvres en eau, tendent à exposer leurs régions hydrophobes vers l'extérieur, et cela de façon en partie irréversible puisque le gluten lyophilisé ne peut plus refixer la même quantité d'eau. Nous n'expliquerons cependant pas comment avec moins d'eau, les glutens conservent ici leurs valeurs de fermeté.

4.2.4. Extraction par les savons

Ce type de traitement a été utilisé à la suite des travaux de KOBREHEL (1980) montrant que les différences d'extractibilité des protéines de la farine en présence de sels de sodium d'acides gras (savons) paraissent rendre compte de la "force" des farines et de certaines différences de fonctionnalité des protéines au cours des traitements.

Les conditions retenues sont les suivantes :

Une série d'échantillons de 1 gramme de farine sont mis en suspension, chacun dans 10 ml d'eau distillée mais avec une dose de savon différente pour chacun d'eux (ici, myristate de sodium). Les doses de savons sont de 0, 20, 40, 60, 80 et 100 mg par gramme de farine. La suspension est agitée (agitateur rotatif de tubes, 60 t/mn, 1 nuit à 20°C, puis centrifugée 20 mn à 40 000 g. On dose l'azote du surnageant et du culot par Kjeldahl et on calcule le % de protéines solubilisées pour chacune des doses de savons.

La même manipulation est reproduite sur des glutens avec 200 mg de gluten pour 10 ml d'eau et des doses de savons de 0, 10, 20, 40 et 60 mg. Le maximum de solubilité étant généralement atteint pour des doses moyennes (40-60 mg), nous avons parfois jugé inutile d'extraire par les doses les plus élevées (80 ou 100 mg).

Les résultats obtenus sont portés sur les 4 tableaux suivants :

- tableau XX : extraction sur farines
- tableau XXI : extraction sur glutens extraits manuellement, lyophilisés, non délipidés
- tableau XXII : extraction sur glutens extraits manuellement, lyophilisés, délipidés
- tableau XXIII : extraction sur glutens pilotes.

Les observations suivantes peuvent être faites :

- Le % de protéines extraites des farines, s'accroît rapidement lorsqu'on fait croître les doses de savon, depuis 15-20 % (protéines solubles dans l'eau) jusqu'à 85-90 %. Les maxima d'extraction sont atteints vers 60-80 mg de savon/g de farine et une baisse d'extractibilité est parfois observée au delà, ce qui confirme les travaux de KOBREHEL.
- Chez les glutens "laboratoire", le % de protéines extraites suit une évolution parallèle à celle des farines mais depuis 10-20 % jusqu'à 90-99 %.
- Chez les glutens pilotes, le % de solubles dans l'eau est plus faible: 4,4 à 8,1 % (sauf Top : 12,4 %).

Il est par ailleurs important d'observer que :

- le classement des farines fondé sur les % des protéines extraites par les savons est en accord avec celui des rendements d'extraction en gluten sec à partir de ces mêmes farines.

En effet, par % croissants de protéines extraites aux doses 40, 60 ou 80 mg (ou somme : 40 + 60 + 80), on trouve :

DNS < Hardi < Top < Castan - Lutin < Fidel - Témoin < Talent - Arminda - Capitole < Corin < Maris Huntsman

et par ordre décroissant des rendements en gluten sec R on trouvait (cf. tableau IX)

DNS > Castan > Lutin - Hardi - Talent - Top - Fidel > Capitole > MH - Corin - Arminda

ou des valeurs $R \times e_2 - e_1$:

DNS > Castan > Témoin > Top - Capitole - Fidel - Hardi > Arminda > Lutin > Talent > Corin > Maris Huntsman

Les coefficients de corrélation entre l'extractibilité des protéines des farines par les savons et les caractéristiques des glutens extraits manuellement de ces mêmes farines sont d'ailleurs les suivants :

% protéines extraites par :	R	e_1	$e_2 - e_1$	Re_1	$R(e_2 - e_1)$	% hydrat. gluten	(Vol. pains)
20 mg	-0,52	-0,14	-0,31	-0,40	-0,25	+ 0,41	-0,27
40 mg	-0,94	-0,64	-0,56	-0,83	-0,73	+0,52	-0,46
60 mg	-0,67	-0,61	-0,63	-0,73	-0,82	+0,42	-0,65
80 mg	-0,72	-0,64	-0,78	-0,77	-0,82	+0,62	-0,74
valeurs à 40 + 60 +80mg	-0,87	-0,60	-0,71	-0,86	-0,82	+0,56	-0,66

Cela précise donc que le % de protéines extrait de farine pour des doses moyennes de savons est fortement associé au rendement du gluten qu'on peut en extraire, ainsi qu'aux autres caractéristiques rhéologiques précédemment définies. Pour des doses plus faibles de savons, la corrélation n'est plus significative, (bien que la différenciation soit plus large), pour des doses plus élevées, il en est de même car on atteint un palier qui "écrase" les résultats. Une illustration en est donnée sur la figure 9. Une plus grande signification est peut être à accorder à la moyenne des % extraits à 40, 60 et 80 mg qui compense les fluctuations expérimentales de chacun des 3 dosages.

En ce qui concerne les glutens extraits manuellement mais lyophilisés dont les propriétés rhéologiques sont fortement associées à celle des glutens verts ($r = 0,93$ pour la recouvrance), la relation entre l'extractibilité par les savons et les propriétés rhéologiques est beaucoup moins significative ($r = -0,20$ et $r = -0,62$ entre le % de protéines extraites et la recouvrance des glutens respectivement non délipidés et délipidés).

La lyophilisation, dont on a vu (§ 4.3.2.) qu'elle n'entraînait pas de bouleversement dans les propriétés rhéologiques, change donc apparemment certaines des propriétés des protéines puisque ces dernières voient leur extractibilité par les savons modifiée (les variétés les plus fermes, ou élastiques, comme DNS, ne sont pas celles qui exigent le plus de savons pour les solubilisation de leurs protéines). Cela est peut être lié à la perte de l'aptitude à fixer l'eau rapportée ci-dessus (corrélation % eau/solubilité dans les savons = - 0,21 au lieu de + 0,56 dans les glutens verts).

Parallèlement, la délipidation, qui ne bouleverse pas non plus les propriétés rhéologiques entraîne un autre type de changement dans les protéines puisque chez les glutens lyophilisés et délipidés, la relation extractibilité par les savons/recouvrance est partiellement retrouvée ($r = 0,62$) ainsi que la relation % eau/solubilité dans les savons ($r = + 0,54$), mais sans qu'on ne retrouve pour autant les valeurs d'extractibilité par les savons des glutens verts ($r = 0,16$ seulement).

Enfin, au sein des glutens pilotes, dont les propriétés viscoélastiques sont moins bien associées à celle des glutens verts ($r = 0,67$), il n'a pas été possible de relier significativement l'extractibilité par les savons à la recouvrance, ni à la fermeté, ni au % d'eau retenu ($r = -0,03$ à $-0,33$).

On observe d'ailleurs que les évolutions des extractibilité par les savons entre les glutens laboratoires et pilotes sont divergentes (accroissements chez Fidel et Castan, mais aussi chez Corin; diminution chez DNS, Capitole, Hardi, mais aussi chez Maris Huntsman).

Dans l'état actuel des choses, il n'est donc pas possible - dans le cas des glutens pilotes - d'apprécier les propriétés viscoélastiques par le biais de l'extractibilité par les savons, pas plus que d'expliquer avec certitude, les raisons de cet échec. C'est dans ce domaine qu'à notre avis les recherches devraient être poursuivies. En particulier, comme après traitement mécanique de la pâte, le classement des glutens extraits semble se rapprocher de celui des glutens pilotes, peut être serait-il intéressant d'étudier l'extractibilité par les savons sur des glutens extraits après traitements mécaniques.

4.2.5. Influence de la délipidation

L'influence de la délipidation n'a été examinée dans ce travail que sur les glutens et non pas sur les farines préalablement à l'extraction du gluten.

Ainsi que cela ressort des tableaux XXIV et XXV, la délipidation faite par la mise en suspension des glutens secs dans le pentane et centrifugation n'a été que très faible. Elle n'a concerné que ce que l'on appelle habituellement les lipides libres et représente en moyenne 8,2 p 100 des lipides totaux avec de fortes fluctuations d'un échantillon à l'autre : ainsi DNS ne contient pratiquement pas de lipides libres alors que Corin, Hardi et Top en sont particulièrement riches. Cette faible teneur en lipides libres est en accord avec les résultats de la littérature. La teneur en lipides totaux 4,5 p 100 en esters méthyliques d'acides gras ce qui correspond à 5,5-6,0 p 100 en lipides - présente également de grandes fluctuations et elle est particulièrement basse pour DNS et Top et élevée pour Fidel; on n'observe aucune corrélation avec des caractéristiques de qualité du gluten.

On peut faire l'approximation que les lipides retenus dans le gluten représentent 35-45 p 100 des lipides de la farine, le reste ayant été entraîné avec l'amidon. L'étude de la composition en acides gras et en particulier la haute teneur en acide palmitique, révèle que les phospholipides doivent être en proportion importante dans les lipides totaux.

Si on ne trouve pas de corrélation entre les caractéristiques du gluten, et les teneurs en lipides totaux, libres ou liés, il n'en reste pas moins que de l'examen des tableaux XIII et XIV en éliminant une faible quantité de lipides libres, on augmente globalement e_1 et $e_2 - e_1$ et le % d'eau retenu sans cependant atteindre les niveaux constatés sur les glutens verts. Ainsi la délipidation est capable d'induire des modifications des caractéristiques des glutens.

4.2.6. Hypothèse sur la formation et les propriétés du complexe gluten

Pour essayer d'expliquer la formation du gluten ainsi que ses propriétés viscoélastiques, il nous est apparu indispensable de remonter à l'origine des protéines de réserve du blé. Il faut rappeler que celles-ci sont progressivement synthétisées au cours de la maturation du grain et se trouvent soumises vers la fin de la maturation à des environnements de plus en plus pauvres en eau. Il n'est pas impossible que la fonction de réserve de ces protéines et l'évolution particulière qu'elles subissent soit en rapport avec leurs propriétés fonctionnelles.

Au cours de cette évolution des protéines, il est notamment imaginable que se développe une structure tertiaire dans laquelle les régions hydrophobes

aient plutôt tendance à être exposées vers l'extérieur des molécules. D'où l'hypothèse selon laquelle, dans le contexte de l'albumen en fin de maturation, ces protéines pourraient présenter une aptitude particulière à former entre elles des liaisons hydrophobes, par exemple lors de leur accumulation dans les corpuscules protéiques. Comme il est généralement admis que des agrégats de très haut poids moléculaire préexistent dans le grain, on peut être amené à penser que de tels complexes reposent sur des interactions de type hydrophobes, sans qu'interviennent nécessairement à ce stade des liaisons covalentes (disulfures). Ce schéma serait d'ailleurs en accord avec le fait que la gluténine peut être solubilisée à 100 % dans l'eau, sans réducteur, simplement en présence de savons.

Lorsqu'on constitue alors un pâton en hydratant modérément de la farine (40-45 %) et qu'on malaxe ce pâton sous un filet d'eau, il est probable qu'on amène tout le matériel susceptible de constituer des liaisons hydrophobes à se rassembler autour de ces molécules géantes de gluténines pour donner le complexe gluten. Le fait qu'une grande partie des lipides de la farine se retrouvent dans le gluten vient d'ailleurs à l'appui de ce schéma. La relation trouvée entre rendement en gluten et quantité de savon nécessaire pour extraire les protéines est un autre élément qui va dans le même sens. Par contre, les protéines de type albumines ou globulines, dont le caractère hydrophobe est nettement moins marqué, ne s'incorporent pas au réseau et sont naturellement éliminées lors de la lixiviation.

Pourquoi le complexe protéique (ou lipo-protéique) ainsi formé est-il doué de propriétés visco-élastiques ?

Compte tenu de la méthode d'appréciation utilisée dans ce travail (viscoélastographe) nous devons nous pencher sur les deux caractéristiques suivantes :

- la fermeté des gluten, qui traduit sa résistance à la déformation sous l'effet d'un écrasement,
- la recouvrance élastique du gluten, qui traduit son élasticité, son aptitude à reprendre sa forme initiale après écrasement.

En ce qui concerne la fermeté nous avons pu noter à plusieurs reprises la relation paraissant exister avec l'hydratation (corrélation négative fermeté/hydratation ou % d'eau retenu). Cela peut amener à penser qu'un gluten peu ferme est un gluten dont les constituants ont une forte aptitude à fixer l'eau qu'on lui apporte tandis qu'un gluten très ferme est simplement un gluten dont la formation est possible avec des constituants n'ayant qu'une aptitude modifiée à fixer l'eau.

Ainsi lorsqu'on surhydrate l'albumen du grain, ou la farine (dans laquelle on a supposé que les protéines de réserve avaient plutôt tendance à exposer leurs régions hydrophobes vers l'extérieur), on favorise probablement une exposition de ces mêmes groupements vers l'intérieur, car, s'il en était pas ainsi, la farine ne pourrait absorber l'eau. Le gluten qu'on en extrait est alors naturellement moins ferme. C'est un phénomène qui pourrait être rapproché de l'apparition de structure fibillaires très extensibles observées par KASARDA et al. (1976) après hydratation de particules d'albumen.

En conséquence, les glutens possédant une fermeté élevée pourraient être ceux dont les constituants protéiques ont une hydrophobicité de surface plus élevée, laquelle limiterait l'absorption d'eau. Cela pourrait être un caractère propre à la variété, mais on ne peut pas éliminer l'influence de facteur agro-climatiques. En particulier, les conditions de fin de maturation pourraient changer le degré d'exposition vers l'extérieur des groupements des molécules protéiques, induire ainsi des structures plus ou moins hydrophobes et

conduire à des échantillons plus fermes ou au contraire plus extensibles (sans affecter d'ailleurs la décomposition en sous-unités protéiques de base, telles qu'elles apparaissent sur un électrophorégramme de gliadines).

En ce qui concerne la recouvrance élastique, une corrélation très élevée a été notée avec la fermeté dans le cas de glutens extraits dans les mêmes conditions proches de l'état natif. Par contre, si l'on fait subir aux pâtes ou aux glutens différents traitements : mécaniques, thermiques, séchage, lyophilisation, il n'y a pas toujours de corrélation entre recouvrance et fermeté.

L'étude de certaines modifications provoquées par les traitements mécaniques a permis en outre de préciser ces hypothèses.

On peut ainsi penser à des dépolymérisations d'agrégats initialement présents dans la farine, avec apparition de complexes de taille inférieure, d'où une perte progressive de l'aptitude à rassembler le matériel protéique et donc une baisse de l'extractibilité du gluten, particulièrement chez les variétés (dont les constituants seraient associés par des liaisons faibles ou en nombre insuffisant).

On ne peut cependant exclure qu'il y ait parallèlement une sorte de restructuration du réseau protéique du seul fait de la pénétration de l'eau au moment de l'hydratation et du pétrissage. Il est possible que cette évolution soit inverse de celle imaginée au cours de la maturation du grain, c'est-à-dire cette fois, tendance à exposer vers l'extérieur les résidus polaires et à enfermer les régions hydrophobes. Il est également possible que certaines variétés se comportent différemment à ce niveau, notamment dans cette étude : CASTAN et DNS qui, bien qu'initialement les plus fermes et élastiques, soient les premières à perdre leur gluten au cours des traitements mécaniques.

On a enfin essayé de relier les différences observées à la présence ou l'importance relative de certaines fractions protéiques ou de certains constituants électrophorétiques.

Il a bien sûr été rapporté que les fractions de type éthanol-soluble ont un effet négatif sur la fermeté et l'élasticité, tandis que les gluténines classiques ont généralement un effet positif. Au sein de ces fractions tout ce qu'on peut dire ici est les fractions alpha, bêta et gamma gliadines, qui perdent plus rapidement leur propriété de solubilité au cours de traitements thermiques, semblent posséder une plus grande aptitude à entrer dans des complexes insolubles au cours des traitements technologiques que les fractions oméga-gliadines. Ces dernières résistent remarquablement à la dénaturation thermique, ce qui traduit plutôt une absence de réactivité et probablement un rôle négatif en technologie.

Si l'on cherche à remonter aux constituants électrophorétiques, il faut observer a priori qu'on ne peut espérer tout au plus découvrir que des relations avec le potentiel de qualité des variétés et non avec la qualité des échantillons, puisque ces électrophorégrammes constituent des "empreintes digitales" des variétés. Il est en fait apparu, contrairement au cas des blés durs, que les caractéristiques viscoélastiques du gluten des blés tendres, ne pourraient être reliées de façon simple à la présence ou à l'absence de quelques constituants. C'est donc une recherche qui reste à poursuivre, en privilégiant l'étude de la "réactivité" des constituants, de leur aptitude à participer à des agrégats, ce qui devrait inclure l'étude des associations lipo-protéiques, mais aussi en s'intéressant à des fractions jusqu'ici négligées ou difficiles à analyser telles que les gluténines de faibles poids moléculaires "LMW-glutenins".

CONCLUSIONS

1. Un protocole expérimental utilisant le Viscoélastographe a permis une appréciation des caractéristiques rhéologiques des glutens. Plusieurs paramètres expérimentaux ont été optimisés en vue d'obtenir la différenciation la plus large de variétés ayant des potentiels de qualité très différents.

2. Recherchant une microméthode de prévision du rendement d'extraction et de la qualité des glutens, on a proposé plusieurs variantes de la méthode au Viscoélastographe :

- la mesure de la fermeté e_1 ou de la recouvrance élastique $e_2 - e_1$ des glutens laboratoires verts,
- la prise en compte de l'aspect quantitatif (rendement d'extraction laboratoire R) en calculant R_{e_1} et $R(e_2 - e_1)$,
- l'amplification des valeurs précédentes en soumettant la pâte à des traitements mécaniques (pétrissage, laminage), ceci pour se rapprocher des conditions d'extraction industrielles et pour appréhender une notion de tolérance, de stabilité, des propriétés viscoélastiques.

Chacune de ces méthodes conduit à un classement déterminé des échantillons.

Dans les conditions les moins drastiques, ce sont les blés de force élevée (DNS, Castan) qui donnent les valeurs les plus élevées de rendement et de viscoélasticité, tandis que les impanifiables donnent les valeurs les plus faibles.

Par contre, après traitements mécaniques, le gluten de DNS et CASTAN devient rapidement inextractible tandis que d'autres variétés, font preuve d'une remarquable tolérance, Capitoile au niveau du rendement d'extraction, Fidel pour la recouvrance, Arminda pour la fermeté.

En tout état de cause, le choix d'une méthode de prévision ne pourra se faire que lors de la synthèse finale des résultats lorsque les rendements et la qualité des glutens pilotes seront connus.

3. En ce qui concerne l'appréciation de la qualité des glutens pilotes ou industriels, différents critères ont été proposés :

- mesure de fermeté e_1 ou de recouvrance élastique $e_2 - e_1$ après réhydratation à % d'eau constant,
- % d'eau retenu après réhydratation à taux constant,
- % de perte de la fermeté lorsqu'on hydrate à des taux variables.

On a ainsi pu noter que les valeurs de recouvrance et de fermeté très liées chez les glutens verts, tendent à diverger lorsque les glutens sont traités (extraction plus sévère, séchage, ...).

Les paramètres fermeté et % d'eau retenu sont antagonistes dans les séries de glutens extraits manuellement et lyophilisés, ou au sein d'un échantillon réhydraté à des taux différents. Cela est moins net dans les autres cas. Ainsi,

il n'y a pas plein accord entre les mesures des caractéristiques viscoélastiques effectuées : sur les glutens laboratoires verts, sur ces mêmes glutens lyophilisés réhydratés et sur les glutens pilotes. Les mesures sur glutens verts surestiment nettement les blés dits de force élevée par rapport à l'extraction pilote qui les dégrade davantage que des variétés moyennes.

4. La recherche de bases biochimiques explicatives des phénomènes observés constitue un domaine extrêmement complexe.

Il est évident que la simple décomposition des fractions protéiques en leurs sous-unités, telles qu'elles apparaissent sur les électrophorégrammes, est insuffisante. Cela est d'autant plus net que des produits ayant subi des traitements mécaniques intenses et ayant perdu leur aptitude à former un gluten, conservent des électrophorégrammes identiques à ceux de la farine.

Il est vraisemblable que la nature et la taille des agrégats protéiques ou lipoprotéiques fondés sur des interactions de type hydrophobe soient davantage en cause.

L'analyse des différences d'extractibilité par les savons constitue un outil permettant de mieux approcher ces agrégats. En particulier, le taux de protéines extraites par des doses moyennes (40 - 80 mg de savon par g. de farine) rend bien compte de l'aptitude des farines de laboratoire à donner un gluten de propriétés viscoélastiques élevées avec un rendement élevé. Par contre, lorsqu'on s'adresse à des produits plus ou moins transformés : glutens extraits au laboratoire mais lyophilisés, glutens obtenus dans un extracteur pilote (lesquels ne répondent plus exactement aux relations fermeté/recouvrance ou fermeté/hydratation), l'appréciation de la qualité par l'intermédiaire d'un simple test biochimique tel que l'extractibilité par les savons s'avère plus difficile.

TABLEAU I

INFLUENCE DE L'HYDRATATION SUR LA QUANTITE ET LES PROPRIETES VISCOELASTIQUES
DU GLUTEN EXTRAIT

Hydratation (% m.h.)	FLORENCE AURORE			CAPPELLE			CLEMENT		
	e ₁ (mm)	e ₂ - e ₁ (mm)	teneur en gluten sec (% m.s.)	e ₁	e ₂ - e ₁	teneur en gluten sec (% m.s.)	e ₁	e ₂ - e ₁	teneur en gluten sec (% m.s.)
30	2.18	1.67	13.38	1.65	0.91	11.65	1.23	0.29	9.38
35	2.13	1.75	13.84	1.62	0.86	12.46	1.20	0.26	9.72
40	2.05	1.49	14.65	1.55	0.81	12.11	1.21	0.28	9.84
45	2.00	1.43	14.88	1.54	0.84	12.46	1.24	0.30	10.07
50	2.12	1.61	14.62	1.47	0.82	12.46	1.32	0.39	10.76

TABLEAU 1 A : REPETABILITE DE L'INSTALLATION PITOLE

ECHANTILLON	RETENTION D'EAU %	e ₁	e ₂ - e ₁
R 08	57,5	2,18	1,27
R 09	57,2	2,30	1,91
R 10	57,9	2,14	0,98
R 11	58,6	2,14	1,04
R 12	57,7	2,16	1,11
R 13	57,9	2,18	1,19
R 14	58,2	2,18	1,16
R 15	57,9	2,13	1,17
R 16	58,1	2,18	0,95
R 17	58,2	2,19	1,06
Moyenne	57,9	2,18	1,13
Ecart type	0,39	0,048	0,138
C.V.	0,7	2,2	12,2

TABLEAU II

QUANTITE DU GLUTEN EXTRAIT EN FONCTION DU TEMPS DE REPOS DU PATON FORME

Temps de repos (mn)	FLORENCE AURORE	CAPPELLE	CLEMENT
	Teneur en gluten sec (% m.s.)	Teneur en gluten sec (% m.s.)	Teneur en gluten sec (% m.s.)
0	13.84	12.69	10.27
15	14.88	12.00	9.92
30	14.88	12.11	9.80
45	15.11	11.76	9.46
60	15.34	11.19	9.11

TABLEAU III

INFLUENCE DE LA NATURE D'EAU D'EXTRACTION SUR LA QUANTITE
ET LES PROPRIETES VISCOELASTIQUES DU GLUTEN EXTRAIT

	EAU DISTILLEE (pH=5,5)			EAU MINERALE (pH=7,4)			EAU MINERALE ACIDIFIEE (pH=5,5)		
	e ₁ (mm)	e ₂ - e ₁ (mm)	teneur en gluten sec (% m.s.)	e ₁ (mm)	e ₂ - e ₁ (mm)	teneur en gluten sec (% m.s.)	e ₁ (mm)	e ₂ - e ₁ (mm)	teneur en gluten sec (% m.s.)
FLORENCE AURORE	2.01	1.41	14.42	1.86	1.03	14.42	2.15	1.95	12.64
CAPPELLE	1.56	0.85	12.11	1.46	0.60	11.76	1.28	0.67	9.66
CLEMENT	1.14	0.26	9.92	1.14	0.24	9.69	0.98	0.26	8.51

TABLEAU IV

ECART TYPE ET COEFFICIENT DE VARIATION DE
LA VISCOELASTICITE DU GLUTEN THERMOFORME

	<u>FLORENCE AURORE</u>	<u>CAPPELLE</u>	<u>CLEMENT</u>
Nombre d'extraction (n)	10	10	10
Valeur moyenne ($e_1 - e_2$) (mm)	1.70	0.80	0.31
Ecart type (σ)	0.09	0.05	0.03
Coefficient de variation	5	6	10

TALBEAU V

CARACTERISTIQUES DES GLUTENS EXTRAITS MANUELLEMENT DANS LES CONDITIONS STANDARDS

		% gluten humide	% gluten sec (R)	% hydratation	Viscoélasticité			
					Fermeté (e ₁)	Recouvrance (e ₂ - e ₁)	R x e ₁	R x (e ₂ - e ₁)
Farines Montpellier	CLEMENT	33.13	9.84	70.3	1.21	0.28	11.91	2.75
	CAPPELLE	38.1	12.11	68.2	1.55	0.81	18.77	9.81
	FLORENCE-AURORE	41.8	14.65	65.0	2.05	1.49	30.03	21.82
Farines Contrat Début 1982	CAPITOLE	24.4	10.6	56.5	2.80	1.94	29.68	20.56
	LUTIN	29.7	12.2	59.0	2.34	1.60	28.54	19.52
	TALENT	31.1	12.3	60.5	2.61	1.72	32.10	21.16
	481	25.1	10.1	59.7	2.43	1.70	24.54	17.17
	ROQUETTE	29.8	12.4	58.5	2.61	1.84	32.36	22.82
	TOP	15.4	6.5	57.8	2.81	1.91	18.26	12.42
	HARDI	23.3	9.8	58.0	2.74	1.92	26.85	18.82
ROAZON	20.05	8.6	58.1	2.57	1.65	22.10	14.19	
Farines Contrat courant 1982	TENSTAR MAI	24.8	9.5	61.6	2.21	1.63	21.00	15.49
	TENSTAR JUIN	23.9	9.3	61.1	2.17	1.53	20.18	14.23
	TENSTAR JUILLET	26.0	9.0	65.4	1.97	1.22	17.73	10.98
	TENSTAR SEPTEMBRE	22.3	8.45	57.6	2.13	1.49	18.0	12.59
	TENSTAR OCTOBRE	23.7	9.05	61.8	2.14	1.27	19.37	11.49
	ROQUETTE 80648	26.3	10.4	60.4	2.22	1.63	23.09	16.95
	ROQUETTE 0246Z	25.8	10.2	60.4	2.27	1.57	23.15	16.01
Farines GMP 12 variétés 1983	CORIN	24.3	8.0	67.0	1.78	0.72	14.24	5.75
	CASTAN	29.7	10.4	65.0	1.84	1.48	19.14	15.39
	HARDI	29.3	9.9	66.2	1.87	1.00	18.51	9.90
	LUTIN	28.1	10.0	64.4	1.87	0.90	18.70	9.00
	CAPITOLE	27.4	9.3	66.0	1.96	1.12	18.23	10.42
	ARMINDA	23.0	7.9	65.6	1.98	1.21	15.64	9.56
	DNS	33.6	12.5	62.8	2.19	1.66	27.38	20.75
	MARIS HUNTSMAN	24.1	8.1	66.4	1.60	0.50	12.96	4.05
	TALENT	29.4	9.9	66.3	1.79	0.71	17.72	7.03
	FIDEL	25.6	9.7	62.1	1.99	1.06	19.30	10.28
	TOP	25.7	9.8	64.6	1.67	1.09	16.37	10.68
	FARINE TEMOIN	27.7	9.9	64.2	1.90	1.29	18.81	12.77

TABLEAU VI

INFLUENCE DU PETRISSAGE SUR LES CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES DU GLUTEN DE BLE TENDRE

Temps de pétrissage au microfarinographe (mn)	FLORENCE AURORE				CLEMENT			
	Gluten sec (% m.s.)	Hydratation du gluten(%)	e ₁ (mm)	e ₂ - e ₁ (mm)	Gluten sec (% m.s.)	Hydratation du gluten(%)	e ₁ (mm)	e ₂ - e ₁ (mm)
0	16.15	63.4	1.82	1.51	9.57	72.7	1.17	0.36
5	17.79	69.8	1.59	1.11	8.58	72.6	1.24	0.40
10	17.50	71.1	1.38	0.75	4.91	70.6	1.30	0.39
15	16.90	72.0	1.30	0.64	1.99	67.9	1.47	0.40

TABLEAU VII

CARACTERISTIQUES DES GLUTENS EXTRAITS APRES PETRISSAGE DE LA PATE

Farines	Temps de pétrissage	% gluten humide	% gluten sec (R)	% hydratation	Viscoélastographe			
					Fermeté (e ₁)	Recouvrance (e ₂ - e ₁)	R x e ₁	R x (e ₂ - e ₁)
1 - MAI Tenstar	0	24.8	9.5	61.6	2.21	1.63	21.00	15.49
	12	21.1	6.5	69.2	2.10	1.05	13.65	6.83
	15	11.6	3.8	67.2	2.05	1.25	7.80	4.75
2 - JUIN Tenstar	0	23.9	9.3	61.1	2.17	1.53	20.18	14.23
	12	16.8	5.5	67.2	2.06	1.46	11.33	8.03
	15	8.9	2.9	67.4	-	-	-	-
3 - JUILLET Tenstar	0	26.0	9.0	65.4	1.97	1.22	17.73	10.98
	12	18.0	5.6	68.8	1.86	0.71	10.42	3.98
	15	17.3	5.6	67.6	1.86	1.00	10.42	5.60
4 - SEPTEMBRE Tenstar	0	22.3	8.45	57.6	2.13	1.49	18.00	12.59
	12	15.2	4.6	69.7	2.00	0.96	9.20	4.42
	15	8.7	2.8	67.8	-	-	-	-
	17	7.0	1.8	74.0	-	-	-	-
5 - OCTOBRE Tenstar	0	23.7	9.05	61.8	2.14	1.27	19.37	11.49
	12	21.6	6.7	69.0	1.85	0.87	12.40	5.83
	15	19.5	6.1	68.7	1.75	0.80	10.68	4.88
6 - ROQUETTE 80648	0	26.3	10.4	60.4	2.22	1.63	23.09	16.95
	12	21.5	7.1	66.9	2.08	1.32	14.77	9.37
	15	11.2	3.5	68.7	2.13	1.28	7.45	4.48
7 - ROQUETTE 0246Z	0	25.8	10.2	60.4	2.27	1.57	13.15	16.01
	12	26.0	8.6	66.9	2.00	1.05	17.20	9.03
	15	21.0	6.9	67.1	1.86	0.92	12.83	6.35
	17	17.3	5.6	67.6	1.79	0.82	10.02	4.59

NB = Repos pâte = 0

TABLEAU VII (suite)

CARACTERISTIQUES DES GLUTENS EXTRAITS APRES PETRISSAGE DE LA PATE

Farines	Temps de pétrissage	% gluten humide	% gluten sec (R)	% hydratation	Viscoélasticité			
					Fermeté (e ₁)	Recouvrance (e ₂ - e ₁)	R - e ₁	R x (e ₂ - e ₁)
CORIN	0	24.3	8.0	67.0	1.78	0.72	14.24	5.76
	15	17.5	5.5	68.5	1.74	0.75	5.57	4.12
CASTAN	0	29.7	10.4	65.0	1.84	1.48	19.14	15.39
	15	5.9	1.7	71.1	-	-	-	-
HARDI	0	29.3	9.9	66.2	1.87	1.00	18.51	9.90
	15	20.8	6.0	71.1	1.66	0.64	9.96	3.84
LUTIN	0	28.1	10.0	64.4	1.87	0.90	18.70	9.00
	15	20.7	6.6	68.1	1.76	0.60	11.62	3.96
CAPITOLE	0	27.4	9.3	66.0	1.96	1.12	18.23	10.42
	15	24.1	7.6	68.4	1.90	0.78	14.44	5.93
ARMINDA	0	23.0	7.9	65.6	1.98	1.21	15.64	9.56
	15	15.3	4.9	67.9	2.07	1.00	10.14	4.90
DNS	0	33.6	12.5	62.8	2.19	1.66	27.38	20.75
	15	0	0	-	-	-	-	-
MARIS HUNTSMAN	0	24.1	8.1	66.4	1.60	0.50	12.96	4.05
	15	16.1	5.3	67.1	1.73	0.84	9.17	4.45
TALENT	0	29.4	9.9	66.3	1.79	0.71	17.72	7.03
	15	14.4	4.4	69.4	1.63	1.09	7.17	4.80
FIDEL	0	25.6	9.7	62.1	1.99	1.06	19.30	10.28
	15	14.9	4.5	69.7	1.68	1.20	7.56	5.40
TOP	0	27.7	9.8	64.6	1.67	1.09	16.37	10.68
	15	16.0	5.0	68.7	1.65	0.70	8.25	3.50
TEMOIN	0	27.7	9.9	64.2	1.90	1.29	18.81	12.77
	15	20.5	6.6	67.8	1.70	0.65	11.22	4.29

TABLEAU VIII

CARACTERISTIQUES DES GLUTENS EXTRAITS APRES LAMINAGES DE LA PATE

Farines	Nombre de laminages	% gluten humide	% gluten sec (R)	% hydratation	Viscoélasticité			
					Fermeté (e ₁)	Recouvrance (e ₂ - e ₁)	R x e ₁	R x (e ₂ - e ₁)
1 - Tenstar MAI	0	24.8	9.5	61.6	2.21	1.63	21.00	15.49
	30	16.9	5.8	65.6	2.31	1.54	13.40	8.93
2 - Tenstar JUIN	0	23.9	9.3	61.1	2.17	1.53	20.18	14.23
	30	7.8	2.7	65.3	-	-	-	-
3 - Tenstar JUILLET	0	26.0	9.0	65.4	1.97	1.22	17.73	10.98
	30	19.6	6.6	66.3	2.14	1.14	14.12	7.52
4 - Tenstar SEPTEMBRE	0	22.3	8.45	57.6	2.13	1.49	18.00	12.59
	30	13.8	4.4	68.1	2.18	1.04	9.59	4.57
5 - Tenstar OCTOBRE	0	23.7	9.05	61.8	2.14	1.27	19.37	11.49
	30	18.5	6.1	67.0	2.10	1.36	12.81	8.30
6 - Roquette 80648	0	26.3	10.4	60.4	2.22	1.63	23.09	16.95
	30	10.0	3.5	65.0	2.35	1.55	8.22	5.42
7 - Roquette 0246Z	0	25.8	10.2	60.4	2.27	1.57	23.15	16.01
	30	20.9	7.5	64.1	2.27	1.50	17.02	11.25

TABLEAU VIII (suite)

CARACTERISTIQUES DES GLUTENS EXTRAITS APRES LAMINAGES DE LA PATE.

Farines	Nombre de laminages	% gluten humide	% gluten sec (R)	% hydratation	Viscoélasticité			
					Fermeté (e ₁)	Recouvrance (e ₂ - e ₁)	R x e ₁	R x (e ₂ - e ₁)
Corin	0	24.3	8.0	67.0	1.78	0.72	14.24	5.76
	30	11.3	3.7	67.2	2.03	0.75	7.51	2.77
Castan	0	29.7	10.4	65.0	1.84	1.48	19.14	15.39
	30	0	0	-	-	-	-	-
Hardi	0	29.3	9.9	66.2	1.87	1.00	18.51	9.90
	30	17.7	5.8	67.2	2.02	0.91	11.72	5.28
Lutin	0	28.1	10.0	64.4	1.87	0.90	18.70	9.00
	30	13.2	4.1	68.9	1.96	0.77	8.04	3.16
Capitole	0	27.4	9.3	66.0	1.96	1.12	18.23	10.42
	30	22.0	7.1	67.7	1.92	1.28	13.63	9.09
Arminda	0	23.0	7.9	65.6	1.98	1.21	15.64	9.56
	30	10.9	3.6	66.9	2.29	1.07	8.24	3.85
DNS	0	33.6	12.5	62.8	2.19	1.66	27.38	20.75
	30	0	0	-	-	-	-	-
Maris Huntsman	0	24.1	8.1	66.4	1.60	0.50	12.96	4.05
	30	8.5	2.6	69.4	-	-	-	-
Talent	0	29.4	9.9	66.3	1.79	0.71	17.72	7.03
	30	13.5	4.0	70.3	1.80	0.67	7.20	2.68
Fidel	0	25.6	4.7	62.1	1.99	1.06	19.30	10.28
	30	12.7	4.0	68.5	2.00	1.36	8.00	5.44
Top	0	27.7	9.8	64.4	1.67	1.09	16.37	10.68
	30	17.1	5.7	66.6	1.78	0.74	10.14	4.22
Témoin	0	27.7	9.9	64.2	1.90	1.29	18.81	12.77
	30	20.3	6.5	67.9	1.86	1.11	12.09	7.21

TABLEAU IX

CLASSEMENTS DES ECHANTILLONS EN FONCTION DES DIFFERENTS PARAMETRES D'APPRECIATION DU GLUTEN.
(extractions dans les conditions standards)

a) Farines 1982

$e_2 - e_1$	R.80648 - T.Mai > R.0246Z - T.Juin - T.Septembre > T.Octobre > T.Juillet
$R \times (e_2 - e_1)$	R.80648 - R.0246Z > T.Mai > T.Juin > T.Septembre > T.Octobre > T.Juillet
e_1	R.0246Z - R.80648 - T.Mai - T.Juin - T.Octobre - T.Septembre > T.Juillet
$R \times e_1$	R.0246Z - R.80648 > T.Mai - T.Juin - T.Octobre > T.Septembre - T.Juillet
Rendement gluten sec R	R.80648 - R.0246Z > T.Mai - T.Juin - T.Octobre - T.Juillet > T.Septembre
Rendement gluten humide	R.80648 - T.Juillet - R.0246Z > T.Mai > T.Juin - T.Octobre > T.Septembre
% hydratation	T.Juillet > T.Octobre - T.Mai > T.Juin > R.80648 - R.0246Z > T.Septembre

b) Variétés pures 1983

$e_2 - e_1$	DNS > Castan > Arminda - Capitole - Top - Fidel - Hardi > Lutin > Corin - Talent > MH
$R \times (e_2 - e_1)$	DNS > Castan > Top - Capitole - Fidel - Hardi - Arminda - Lutin > Talent > Corin > MH
e_1	DNS > Fidel - Arminda - Capitole - Hardi - Lutin - Castan - Talent - Corin > Top > MH
$R \times e_1$	DNS > Fidel - Castan - Lutin - Hardi - Capitole - Talent - Top > Arminda > Corin > MH
Rendement gluten sec R	DNS > Castan > Lutin - Hardi - Talent - Top - Fidel > Capitole > MH - Corin - Arminda
Rendement gluten humide	DNS > Castan - Talent - Hardi > Lutin - Top - Capitole > Fidel > Corin - MH > Arminda
% hydratation	Fidel < DNS < Lutin - Top - Castan < Arminda - Capitole - Hardi - Talent - MH < Corin
Volume des pains (cm^3)	DNS > Capitole > Hardi > Top > Castan - Fidel > Arminda > Corin > Lutin - MH > Talent 750 725 675 650 550 550 525 500 475 475 450

TABLEAU X

CLASSEMENT DES ECHANTILLONS EN FONCTION DES DIFFERENTS PARAMETRES D'APPRECIATION DU GLUTEN
(Extraction après 15 mn de pétrissage).

a) Farines 1982

$e_2 - e_1$	R. 80648 - T.Mai > T. Juillet - R.0246Z > T.Octobre
$R \times (e_2 - e_1)$	R.0246Z > T.Juillet > T.Octobre - T.Mai - R.80648
e_1	R.80648 - T.Mai > R.0246Z - T.Juillet > T.Octobre
$R \times e_1$	R.0246Z > T.Octobre - T.Juillet > T.Mai - R.80648
Rendement gluten sec R	R.0246Z > T.Octobre > T.Juillet > T.Mai - R.80648 > T.Juin - T.Septembre
Rendement gluten humide	R.0246Z > T.Octobre > T.Juillet > T.Mai - R.80648 > T.Juin - T.Septembre
% hydratation	R.80648 - T.Octobre - T.Septembre - T.Juillet - T.Juin - T.Mai - R. 0264Z

b) Variétés pures 1983

$e_2 - e_1$	Fidel > Talent - Arminda > MH > Capitole - Corin - Top - Témoin - Hardi - Lutin
$R \times (e_2 - e_1)$	Capitole > Fidel > Arminda - Talent - MH - Témoin - Corin - Lutin - Hardi - Top > DNS - Castan
e_1	Arminda > Capitole > Lutin - Corin - MH - Témoin - Fidel - Hardi - Top - Talent
$R \times e_1$	Capitole > Lutin - Témoin > Arminda - Hardi > MH > Top > Fidel - Talent > Corin
Rendement gluten sec R	Capitole > Lutin - Témoin > Hardi > Corin - MH > Top - Arminda > Fidel - Talent > Castan > DNS
Rendement gluten humide	Capitole > Hardi - Lutin - Témoin > Corin > MH - Top - Arminda - Fidel - Talent > Castan > DNS
% hydratation	Hardi - Castan > Fidel - Talent - Top - Corin - Capitole - Lutin - Arminda - Témoin > MH

TABLEAU XI

CLASSEMENT DES ECHANTILLONS EN FONCTION DES DIFFERENTS PARAMETRES D'APPRECIATION DU GLUTEN.
(Extraction après 30 laminages).

a) Farines 1982

$e_2 - e_1$	R.80648 - T.Mai - R.0246Z > T.Octobre > T.Juillet > T.Septembre
$R \times (e_2 - e_1)$	R.0246Z > T.Mai - T.Octobre > T.Juillet > R.80648 > T.Septembre
e_1	R.80648 - T.Mai - R.0246Z > T.Septembre - T.Juillet - T.Octobre
$R \times e_1$	R.0246Z > T.Juillet - T.Mai - T.Octobre > T.Septembre > R.80648
Rendement gluten sec R	R.0246Z > T.Juillet > T.Octobre - T.Mai > T.Septembre > R.80648 > T.Juin
Rendement gluten humide	R.0246Z > T.juillet > T.Octobre > T.Mai > T.Septembre > R.80648 > T.Juin
% hydratation	T.Septembre > T.Octobre - T.Juillet > T.Mai - T.Juin - R.80648 > R.0246Z

b) Variétés pures 1983

$e_2 - e_1$	Fidel > Capitole > Temoin - Arminda > Hardi > Lutin - Corin - Top - Talent
$R \times (e_2 - e_1)$	Capitole > Témoin > Fidel - Hardi > Top - Arminda > Lutin - Corin - Talent
e_1	Arminda > Corin - Hardi - Fidel - Lutin - Capitole - Témoin - Talent - Top
$R \times e_1$	Capitole > Témoin - Hardi > Top > Arminda - Lutin - Fidel > Corin - Talent
Rendement gluten sec R	Capitole > Témoin > Hardi - Top > Lutin - Fidel - Talent > Corin - Arminda > MH > Castan - DNS
Rendement gluten humide	Capitole > Témoin > Hardi - Top > Talent - Lutin - Fidel > Corin - Arminda > MH > Castan - DNS
% hydratation	Talent - MH - Lutin - Fidel - Témoin - Capitole - Corin - Hardi - Arminda - Top

TABLEAU XII

% DE PERTES A L'EXTRACTIBILITE DU GLUTEN APRES PETRISSAGE (15 mn)
OU LAMINAGES(30) DE LA PATE.

	<u>Pétrissage</u>	<u>Laminages</u>
MAI - Tenstar	60 %	39 %
JUIN - Tenstar	69	71
JUILLET - Tenstar	38	27
SEPTEMBRE - Tenstar	67	48
OCTOBRE - Tenstar	32	32
ROQUETTE 80648	66	66
ROQUETTE 0246Z	32	26
CORIN	31	54
CASTAN	84	100
HARDI	39	41
LUTIN	34	59
CAPITOLE	19	24
ARMINDA	38	54
DNS	100	100
MARIS HUNTSMAN	34	68
TALENT	55	55
FIDEL	53	59
TOP	49	42
TEMOIN	33	34

TABLEAU XIII

CARACTERISTIQUES VISCOELASTIQUES DES GLUTENS INDUSTRIELS, DELIPIDES OU NON DELIPIDES APRES REHYDRATATION (1,8 ml d'eau distillée/1 gramme) EN COMPARAISON AVEC CELLES DES GLUTENS VERTS EXTRAITS MANUELLEMENT.

	Verts			Indus. non délipidés			Indus. délipidés		
	e_1	$e_2 - e_1$	% hydratation	e_1	$e_2 - e_1$	% eau retenue	e_1	$e_2 - e_1$	% eau retenue
Tenstar MAI	2.21	1.63	61.6	1.71	0.63	64.5	1.83	0.91	62.0
Tenstar JUIN	2.17	1.53	61.1	1.63	0.74	64.5	1.77	0.85	62.5
Tenstar JUILLET	1.97	1.22	64.5	1.75	0.72	62.5	1.83	0.71	62.0
Tenstar SEPTEMBRE	2.13	1.49	57.6	1.66	0.71	64.5	1.93	1.15	62.0
Tenstar OCTOBRE	2.14	1.27	61.8	1.72	0.79	64.0	1.87	1.21	63.5
Roquette 00247 A	2.22	1.63	60.4	1.79	0.59	60.5	1.77	0.98	61.5
Roquette 80649	2.27	1.57	60.4	1.76	0.58	62.0	1.84	0.93	61.5

N.B. : Les valeurs de e_1 et de $e_2 - e_1$ représentent la moyenne de 4 mesures.

TABLEAU XIV

CARACTERISTIQUES VISCOELASTIQUES DES GLUTENS PILOTES DE VARIETES PURES, NON DELIPIDES, APRES REHYDRATATION (1,8 ml d'eau distillée/1gramme) EN COMPARAISON DES GLUTENS EXTRAITS AU LABORATOIRE (GLUTENS "VERTS", GLUTENS LYOPHILISES ET REHYDRATES AVEC OU SANS DELIPIDATION.

	GLUTENS "LABORATOIRE"									GLUTEN "PILOTES"		
	Verts			Lyophilisés, non délipidés, réhydratés			Lyophilisés, délipidés, réhydratés			Non délipidés, réhydratés		
	e1	e2-e1	% hydrat.	e1	e2-e1	% eau retenu	e1	e2-e1	% eau retenu	e1	e2-e1	% eau retenu
Corin	1,78	0,72	67,0	1,59	0,61	64,0	1,72	0,79	65,0	1,78	0,63	61,5
Castan	1,84	1,48	65,0	1,79	1,49	62,5	1,83	1,43	62,0	1,82	0,84	61,5
Hardi	1,87	1,00	66,2	1,93	0,82	62,0	1,75	0,84	64,5	1,77	0,81	62,0
Lutin	1,87	0,90	64,4	1,84	0,69	61,5	1,88	0,88	62,5	1,78	0,82	62,0
Capitole	1,96	1,12	66,0	1,96	1,28	61,5	1,84	1,12	62,0	1,88	0,82	62,0
Arminda	1,98	1,21	65,6	2,13	1,20	60,5	2,13	1,28	61,0	2,03	1,03	62,5
DNS	2,19	1,66	62,8	2,18	1,51	58,5	2,21	1,43	58,5	1,77	0,79	62,0
Maris Huntsman	1,60	0,50	66,4	1,57	0,29	64,5	1,54	0,43	66,5	1,78	0,53	61,0
Talent	1,79	0,71	66,3	1,63	0,81	62,5	1,67	0,89	62,5	1,61	0,53	61,5
Fidel	1,99	1,06	62,1	2,02	1,14	60,5	1,98	1,03	62,0	1,84	0,80	60,5
Top	1,67	1,09	64,6	1,82	0,96	62,0	1,80	0,89	63,0	1,88	0,90	61,5
Témoin	1,90	1,29	64,2	1,89	1,11	61,0	1,99	1,44	61,0	pas d'échantillons		

TABLEAU XVI

"PENTES" DE FERMETE EN FONCTION DU % DE REHYDRATATION DES GLUTENS INDUSTRIELS.

% d'eau ajoutée	Tenstar MAI			Tenstar JUIN			Tenstar JUILLET					
	e ₁	e ₂ -e ₁	% d'eau retenu	e ₁	e ₂ -e ₁	% d'eau retenu	e ₁	e ₂ -e ₁	% d'eau retenu			
120	2.16	1.09	57.0	2.11	1.12	57.0	2.03	0.93	57.0			
140	1.85	0.74	60.5	1.88	0.86	60.5	1.81	0.68	61.0			
160	1.73	0.66	62.5	1.69	0.71	64.0	1.67	0.59	62.0			
180	1.72	0.64	64.5	1.63	0.74	64.5	1.75	0.72	62.5			
200	1.67	0.55	66.5	1.62	0.72	65.5	1.78	0.69	62.5			
corr. e ₁ / % eau	-0.936			-0.995			-0.925					
Pente x 100	-5.05			-5.93			-5.37					
% d'eau ajoutée	Tenstar SEPTEMBRE			Tenstar OCTOBRE			ROQUETTE 00247A			ROQUETTE 80649		
	e ₁	e ₂ -e ₁	% d'eau retenu	e ₁	e ₂ -e ₁	% d'eau retenu	e ₁	e ₂ -e ₁	% d'eau retenu	e ₁	e ₂ -e ₁	% d'eau retenu
120	2.05	1.18	56.5	2.22	1.20	56.5	1.85	0.48	57.0	1.91	0.60	57.0
140	1.78	0.94	61.0	1.87	0.75	60.0	1.77	0.45	59.5	1.85	0.62	61.5
160	1.72	0.97	62.5	1.78	0.82	63.5	1.76	0.49	61.0	1.74	0.60	61.0
180	1.66	0.71	64.5	1.72	0.79	64.0	1.79	0.59	60.5	1.76	0.58	62.0
200	1.57	0.58	67.0	1.79	0.85	64.5	1.90	0.67	61.0	1.81	0.64	62.0
Corr. e ₁ / % d'eau	-0.986			-0.940			-0.435			-0.730		
Pente x 100	-4.54			-5.51			non signif.			-2.38		

Les valeurs de e₁ et de e₂-e₁ sont la moyenne de 2 à 4 mesures.

TABLEAU XVII - FORMULES (SELON LA PRESENTATION DE BUSHUK) DES ELECTROPHOREGRAMMES
DES GLIADINES DES 12 ECHANTILLONS DE FARINES 1983 DU CONTRAT
(cf. Figure 4).

CORIN						
12(1)	23(1)	36(2)	47(2)	60(4)	69(2)	
15(3)	28(3)	42(2)	50(3)	62(2)	74(3)	
18(2)	31(2)	44(5)	52(1)	64(4)	79(4)	
21(1)	34(1)	45(5)	55(3)	66(2)	82(4)	
CASTAN						
12(1)	34(1)	45(5)	55(3)	66(2)	79(2)	
15(3)	36(2)	49(2)	60(3)	69(2)	84(2)	
18(2)	42(1)	53(2)	62(1)	74(2)	90(1)	
28(4)	44(5)	54(2)	64(5)	76(1)		
HARDI						
12(1)	26(1)	36(2)	50(4)	62(3)	74(4)	85(2)
15(3)	28(3)	42(2)	52(2)	64(4)	77(4)	
18(2)	31(2)	44(5)	55(4)	66(1)	79(4)	
23(2)	34(1)	45(5)	61(3)	69(2)	82(4)	
LUTIN						
12(1)	24(1)	42(2)	49(1)	61(2)	69(3)	79(4)
15(3)	26(1)	44(5)	52(2)	63(4)	71(1)	82(4)
18(2)	27(1)	46(5)	56(4)	65(2)	74(4)	83(1)
22(2)	29(3)	47(1)	59(2)	68(2)	73(3)	
CAPITOLE						
12(1)	26(1)	36(2)	47(2)	57(2)	66(2)	79(4)
15(3)	28(3)	42(2)	50(4)	58(3)	71(2)	82(4)
18(2)	31(2)	44(5)	52(2)	60(3)	74(4)	85(2)
23(2)	34(1)	45(5)	54(3)	64(4)	77(3)	
ARMINDA						
12(1)	27(3)	42(2)	49(1)	58(2)	66(2)	78(3)
15(3)	30(2)	44(5)	52(2)	59(4)	69(3)	84(3)
18(2)	34(1)	45(5)	55(3)	60(2)	74(3)	87(2)
25(1)	36(2)	47(3)	57(4)	64(1)	76(3)	
DNS						
12(1)	23(1)	37(1)	50(4)	60(3)	71(1)	83(3)
17(3)	25(2)	44(3)	53(3)	64(4)	74(3)	87(2)
18(2)	29(3)	46(5)	55(1)	66(3)	78(1)	
22(2)	36(3)	47(5)	58(4)	69(1)	81(1)	
MARIS HUNTSMAN						
12(1)	28(3)	42(2)	49(2)	60(4)	74(4)	84(2)
15(3)	36(2)	44(5)	52(2)	64(4)	77(4)	
18(2)	38(1)	45(5)	55(4)	66(4)	79(4)	
25(1)	40(1)	47(3)	57(2)	69(3)	82(4)	
FIDEL						
11(2)	22(2)	29(1)	45(5)	56(3)	71(2)	82(3)
14(2)	23(1)	36(2)	47(1)	61(4)	74(3)	84(1)
16(1)	25(1)	42(2)	50(5)	64(4)	74(4)	
20(2)	28(3)	44(5)	52(3)	67(1)	79(3)	
TALENT						
12(1)	26(1)	34(1)	45(5)	55(3)	64(4)	77(3)
15(3)	28(3)	36(2)	47(3)	57(4)	67(2)	79(4)
18(2)	29(1)	42(2)	49(2)	60(4)	71(3)	82(4)
23(2)	31(2)	44(5)	52(3)	62(2)	74(4)	84(2)
TOP						
12(1)	26(1)	36(2)	47(2)	57(2)	66(2)	79(4)
15(3)	28(3)	42(2)	50(4)	58(3)	69(2)	82(4)
18(2)	31(2)	44(5)	52(2)	60(3)	74(4)	85(2)
23(2)	34(1)	45(5)	55(3)	54(4)	77(2)	
TEMOIN (diagramme très voisin de celui de CAPITOLE)						
12(1)	26(1)	36(2)	47(2)	57(2)	66(2)	79(4)
15(3)	28(3)	42(2)	50(4)	58(3)	71(2)	82(4)
18(2)	31(2)	44(5)	52(2)	60(3)	74(4)	85(2)
23(2)	34(1)	45(5)	54(3)	64(4)	77(2)	

TABLEAU XVIII

INFLUENCE DU PETRISSAGE SUR LA SOLUBILITE DES PROTEINES (1) DU GLUTEN
 Résultats exprimés en p. 100 des proteines totales

Fractions protéiques	FLORENCE AURORE				CLEMENT			
	Temps de pétrissage (mn)				Temps de pétrissage (mn)			
	0	5	10	15	0	5	10	15
NaCl-soluble	6,9	7,6	7,3	8,0	12,1	11,6	11,0	10,6
Ethanol-soluble	14,8	16,6	15,8	18,6	16,3	19,4	21,1	22,7
SDS-soluble	39,2	29,6	24,0	19,3	28,7	22,2	22,8	21,7
SDS + ME-soluble	37,0	45,2	48,4	52,7	32,1	30,1	27,4	24,6
Insoluble	2,4	2,7	4,8	2,1	12,4	16,6	20,2	19,1
	100,3	101,7	100,3	100,7	101,6	99,9	102,5	98,7

(1) protéines extraites selon LANDRY et MOUREAUX (1970)

TABLEAU XIX

CARACTERISTIQUES TECHNOLOGIQUES DU GLUTEN APRES LYOPHILISATION

Quantités d'eau ajoutées (en % m.s.)	FLORENCE AUREORE			CAPPELLE			CLEMENT		
	e ₁ (mm)	e ₂ - e ₁ (mm)	% d'eau retenu par le gluten	e ₁ (mm)	e ₂ - e ₁ (mm)	% d'eau retenu par le gluten	e ₁ (mm)	e ₂ - e ₁ (mm)	% d'eau retenu par le gluten
120	2.29	1.78	50.7	2.39	1.34	51.4	1.88	0.69	52.0
140	2.24	1.77	53.5	2.19	1.45	53.6	1.80	0.71	53.1
160	2.20	1.75	54.3	2.06	1.48	55.7	1.73	0.68	56.9
180	2.14	1.73	55.1	2.03	1.54	57.4	1.66	0.63	58.3
200	2.14	1.76	55.6	2.04	1.62	57.1	1.66	0.60	59.5
Témoin :									
gluten natif	1.95	1.63	65.0	1.64	1.03	68.2	1.17	0.36	70.3

TABLEAU XX : EXTRACTIBILITE DES PROTEINES DE FARINE PAR DES DOSES CROISSANTES DE SAVONS (MYRISTATE DE SODIUM)
SERIE DES 12 VARIETES 1983.

Doses (1)	mg. protéines extraites (2)	% de protéines de la farine	% d'extrac. tibilité	mg. protéines extraites	% de protéines de la farine	% d'extrac. tibilité	mg. protéines extraites	% de protéines de la farine	% d'extrac. tibilité	mg. protéines extraites	% de protéines de la farine	% d'extrac. tibilité
		<u>CORIN</u>			<u>CASTAN</u>			<u>HARDI</u>			<u>LUTIN</u>	
0	1.45	7.84	18.5	1.60	9.91	16.1	1.47	9.61	15.3	1.61	9.44	17.0
20	4.66		59.4	2.31		23.3	1.95		20.3	2.29		24.2
40	6.22		79.3	7.03		70.9	6.69		69.6	6.72		71.2
60	6.58		83.9	8.36		84.3	7.64		79.5	7.71		81.5
80	7.13		90.9	8.65		87.3	8.06		83.8	8.49		89.8
100	6.60		84.1	8.90		89.8	7.90		82.2	8.00		84.8
		<u>CAPITOLE</u>			<u>ARMINDA</u>			<u>DNS</u>			<u>MARIS HUNTSMAN</u>	
20	2.28	8.46	27.0	2.15	7.68	28.0	2.46	12.10	20.3	1.85	8.15	22.7
40	6.49		76.7	6.05		78.7	7.86		64.9	6.38		78.2
60	7.17		84.7	6.49		84.5	9.27		76.6	7.35		90.2
80	7.55		89.2	6.67		86.8	9.75		80.5	7.47		91.6
		<u>TALENT</u>			<u>FIDEL</u>			<u>TOP</u>			<u>TEMOIN</u>	
20	2.10	9.75	21.5	2.15	8.93	24.1	2.11	9.78	21.6	2.32	9.24	25.1
40	7.06		72.4	6.62		74.1	7.03		71.9	6.91		74.8
60	8.54		87.5	7.59		84.9	8.02		82.0	7.82		84.6
80	8.75		89.7	7.70		86.2	8.34		85.2	7.96		86.1

(1) mg de savon C₁₄ ajoutés à 1 g de farine m.h. + 10 ml eau

(2) mg de protéines extraites pour 100 mg de farine m.h.

TABLEAU XXI : EXTRACTIBILITE DES PROTEINES PAR DES DOSES CROISSANTES SE SAVONS (MYRISTATE DE SODIUM)

SERIE DES 12 GLUTENS EXTRAITS MANUELLEMENT DES FARINES DE VARIETES PURES 1983, LYOPHILISES, NON DELIPIDES.

Doses (1)	mg. protéines extraites (2)	% de protéines du gluten(3)	% d' extrac. tibilité	mg. protéines extraites	% de protéines du gluten	% d' extrac. tibilité	mg. protéines extraites	% de protéines du gluten	% d' extrac. tibilité	mg. protéines extraites	% de protéines du gluten	% d' extrac. tibilité
		<u>CORIN</u>			<u>CASTAN</u>			<u>HARDI</u>			<u>LUTIN</u>	
0	12.5	75.25	16.6	6.7	70.20	9.6	10.3	66.25	15.6	8.9	69.28	12.8
20	47.5		63.1	47.0		66.9	56.5		85.3	47.5		68.5
40	67.0		89.0	61.5		87.6	60.8		91.8	69.0		99.5
60	70.0		93.0	64.5		91.8	-		-	64.5		93.1
80	69.5		92.3	64.0		91.1	-		-	-		-
100	69.0		91.7	-		-	-		-	-		-
		<u>CAPITOLE</u>			<u>ARMINDA</u>			<u>DNS</u>			<u>MARIS HUNTSMAN</u>	
0	7.4	69.30	10.7	13.3	75.30	17.6	14.7	78.4	18.7	4.8	67.0	7.2
20	45.3		65.3	40.9		54.3	51.6		65.8	23.0		34.3
40	64.5		93.1	65.5		87.0	75.0		95.6	62.0		92.5
60	64.6		93.2	67.5		89.6	73.0		93.1	63.0		94.0
80	-		-	-		-	72.7		92.7	63.7		95.1
100	-		-	-		-	71.7		91.4	62.0		92.5
		<u>TALENT</u>			<u>FIDEL</u>			<u>TOP</u>			<u>TEMOIN</u>	
0	14.7	68.42	21.5	10.0	72.98	13.7	11.3	73.43	15.4	11.3	67.66	16.7
20	51.5		75.2	44.8		61.4	48.8		66.4	50.6		74.8
40	64.3		94.0	65.1		89.2	65.7		89.5	63.6		94.0
60	63.0		92.0	67.4		92.3	66.6		90.7	63.1		93.3

(1) mg de savon C₁₄ ajoutés à 200 mg de gluten m.h. + 10 ml eau

(2) mg de protéines extraites de 100 mg de gluten m.h.

(3) mg de protéines dosées dans 100 mg de gluten m.h.

TABLEAU XXII: EXTRACTIBILITE DES PROTEINES PAR DES DOSES CROISSANTES DE SAVONS (MYRISTATE DE SODIUM)

SERIE DES 12 GLUTENS EXTRAITS MANUELLEMENT DES FARINES DES VARIETES PURES 1983, LYOPHILISES, DELIPIDES.

Doses (1)	mg. protéines extraites (2)	% de protéines du gluten(3)	% d' extrac. tibilité	mg. protéines extraites	% de protéines du gluten	% d' extrac. tibilité	mg. protéines extraites	% de protéines du gluten	% d' extrac. tibilité	mg. protéines extraites	% de protéines du gluten	% d' extrac. tibilité
		<u>CORIN</u>			<u>CASTAN</u>			<u>HARDI</u>			<u>LUTIN</u>	
0	17.5	75.25	23.2	-	70.20	-	10.4	66.25	15.7	9.3	69.28	13.4
20	33.6		44.6	51.4		73.2	56.7		85.6	39.2		56.6
40	66.8		88.8	60.8		86.6	61.7		93.1	63.1		91.1
60	70.0		93.0	60.0		85.4	63.5		95.8	58.2		84.0
		<u>CAPITOLE</u>			<u>ARMINDA</u>			<u>DNS</u>			<u>MARIS HUNTSMAN</u>	
0	7.3	69.30	10.5	14.2	75.30	18.8	16.3	78.4	20.8	9.4	67.00	14.0
20	37.8		54.5	49.4		65.6	48.6		62.0	44.0		65.7
40	61.4		88.6	64.9		86.2	69.1		88.1	63.6		94.9
60	66.3		95.7	68.9		91.5	73.2		93.3	66.1		98.6
		<u>TALENT</u>			<u>FIDEL</u>			<u>TOP</u>			<u>TEMOIN</u>	
0	13.4	68.42	19.6	9.3	72.98	12.7	11.0	73.43	15.0	11.6	67.66	17.1
20	47.3		69.1	48.8		66.8	50.1		68.2	48.1		71.2
40	59.7		87.2	67.4		92.3	65.0		88.5	60.8		89.8
60	60.8		88.8	69.6		95.3	67.0		91.2	62.8		92.8

(1) mg de savon C₁₄ ajoutés à 200 mg de gluten m.h. + 10 ml eau

(2) mg de protéines extraites de 100 mg de gluten m.h.

(3) mg de protéines dosées dans 100 mg de gluten m.h.

TABLEAU XXIII: EXTRACTIBILITE DES PROTEINES DU GLUTEN PAR DES DOSES CROISSANTES DE SAVONS (MYRISTATE DE SODIUM)
SERIE DES 11 GLUTENS PILOTES 1983.

Doses (1)	mg. protéines extraites (2)	% de protéines du gluten(3)	% d' extrac. tibilité	mg. protéines extraites	% de protéines du gluten	% d' extrac. tibilité	mg. protéines extraites	% de protéines du gluten	% d' extrac. tibilité	mg. protéines extraites	% de protéines du gluten	% d' extrac- tibilité
		<u>CORIN</u>			<u>CASTAN</u>			<u>HARDI</u>			<u>LUTIN</u>	
0	4.9	79.15	6.2	4.35	75.15	5.8	5.8	81.05	7.1	4.6	75.95	6.1
10	40.3		60.0	37.8		50.3	40.3		49.8	36.8		48.5
20	70.0		88.4	65.8		87.6	68.5		84.6	65.5		46.2
40	75.0		94.7	68.7		91.5	69.9		86.2	67.6		89.0
60	74.1		93.7	71.4		95.0	69.7		86.0	-		-
		<u>CAPITOLE</u>			<u>ARMINDA</u>			<u>DNS</u>			<u>MARIS HUNTSMAN</u>	
0	3.4	75.7	4.5	3.5	78.50	4.4	5.9	73.10	8.1	2.8	76.65	3.6
10	29.5		39.0	26.3		33.5	20.4		28.0	36.5		47.6
20	63.6		84.1	67.8		86.4	62.5		85.5	72.4		94.5
40	52.6		69.5	63.0		80.3	49.2		67.4	66.9		87.3
		<u>TALENT</u>			<u>FIDEL</u>			<u>TOP</u>				
0	8.7	70.45	12.4	7.1	73.1	9.7	4.6	75.45	6.2			
10	22.4		31.8	29.3		40.1	45.9		60.8			
20	54.8		77.8	64.5		88.2	64.5		85.5			
40	58.6		83.2	71.6		98.0	57.5		76.3			

(1) mg de savon C₁₄ ajoutés à 200 mg de gluten m.h. + 10 ml eau

(2) mg de protéines extraites de 100 mg de gluten m.h.

(3) mg de protéines dosées dans 100 mg de gluten m.h.

TABLEAU XXIV

TENEUR ET COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES LIPIDES TOTAUX DES GLUTENS VERTS LYOPHILISES (EN ESTERS METHYLIQUES D'ACIDES GRAS mg/100 g MS).

Variété	Teneur	Pourcentage de				
		C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Arminda	5 100	26,6	0,6	8,5	61,6	2,7
Capitole	-	-	-	-	-	-
Castan	4 745	22,1	0,5	10,0	65,8	1,6
Corin	4 455	27,0	0,5	10,7	61,8	-
DNS	5 050	24,0	0,9	14,0	59,8	1,2
Fidel	5 445	28,1	0,5	10,4	61,0	-
Hardi	2 330	31,8	1,6	10,6	56,0	-
Lutin	4 475	28,1	0,5	10,1	59,8	1,4
MH	-	-	-	-	-	-
Talent	4 695	24,7	0,5	9,5	64,1	1,1
Top	3 395	31,6	1,2	8,9	56,6	1,7
Témoin	5 310	29,2	0,5	9,8	60,5	-
Moyenne	4 500	27,3	0,7	10,3	60,7	1,0

TABLEAU XXV

TENEUR ET COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES LIPIDES LIBRES (SOLUBLES DANS LE PENTANE) DES GLUTENS VERTS LYOPHILISES (EN ESTERS METHYLIQUES D'ACIDES GRAS mg/100 g MS).

Variétés	Teneur	% lipides totaux	Pourcentage de				
			C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Arminda	330	6,5	22,3	0,8	12,5	61,5	3,0
Capitole	445	-	19,4	0,8	11,9	65,2	2,6
Castan	245	5,2	23,9	1,1	13,1	59,2	2,6
Corin	640	14,4	17,9	0,8	13,7	63,7	3,9
DNS	65	1,3	25,8	0,8	17,7	55,7	0
Fidel	265	4,9	21,5	0,7	13,1	62,9	1,8
Hardi	375	16,1	20,1	0,7	12,1	64,7	2,4
Lutin	265	5,9	21,4	0,6	12,9	63,4	1,7
MH	475	-	18,2	0,7	14,3	63,7	3,1
Talent	255	5,4	32,5	0,6	10,5	55,4	1,0
Top	565	16,6	18,8	1,0	10,3	67,4	2,5
Témoin	320	6,0	19,4	0,6	12,1	67,6	0,4
Moyenne	355	8,2	21,8	0,8	12,8	62,5	2,1

FIGURE 1

EVOLUTION DES PROPRIETES VISCOELASTIQUES DU GLUTEN
EN FONCTION DU TEMPS DE REPOS DU PATON

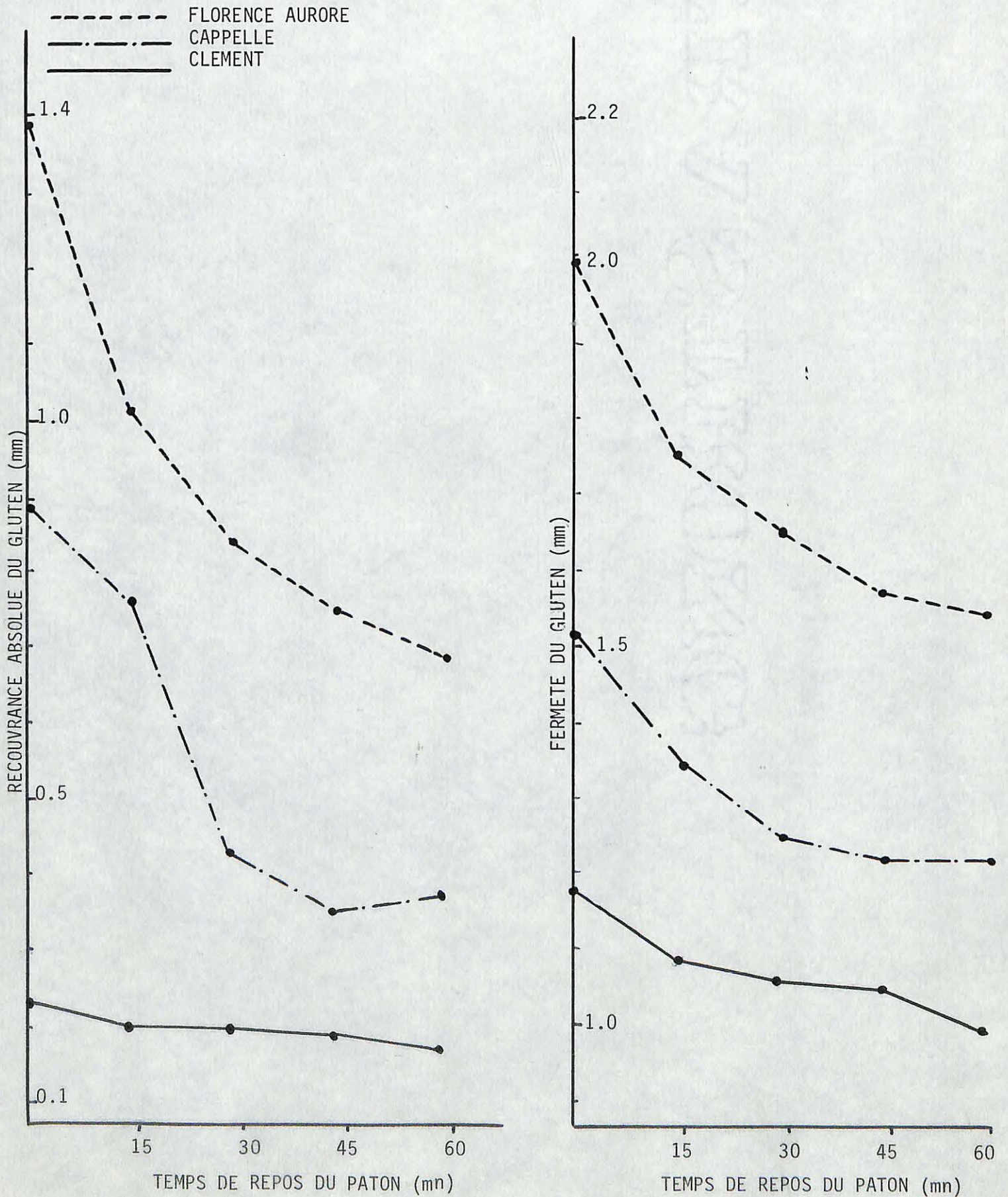


FIGURE 2

EVOLUTION DES PROPRIETES VISCOELASTIQUES DU GLUTEN EN FONCTION
DU TEMPS DE THERMOFORMAGE

----- FLORENCE AURORE
-.-.-.- CAPPELLE
———— CLEMENT

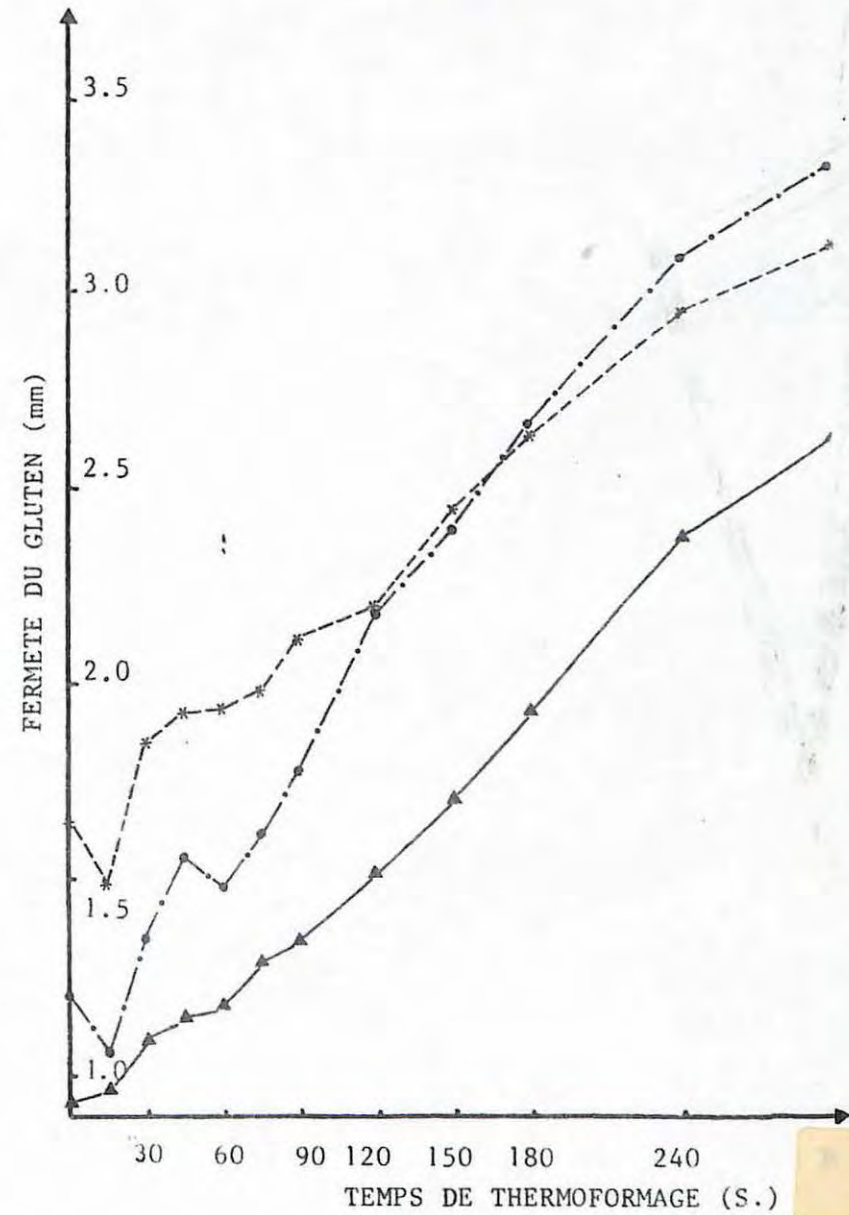
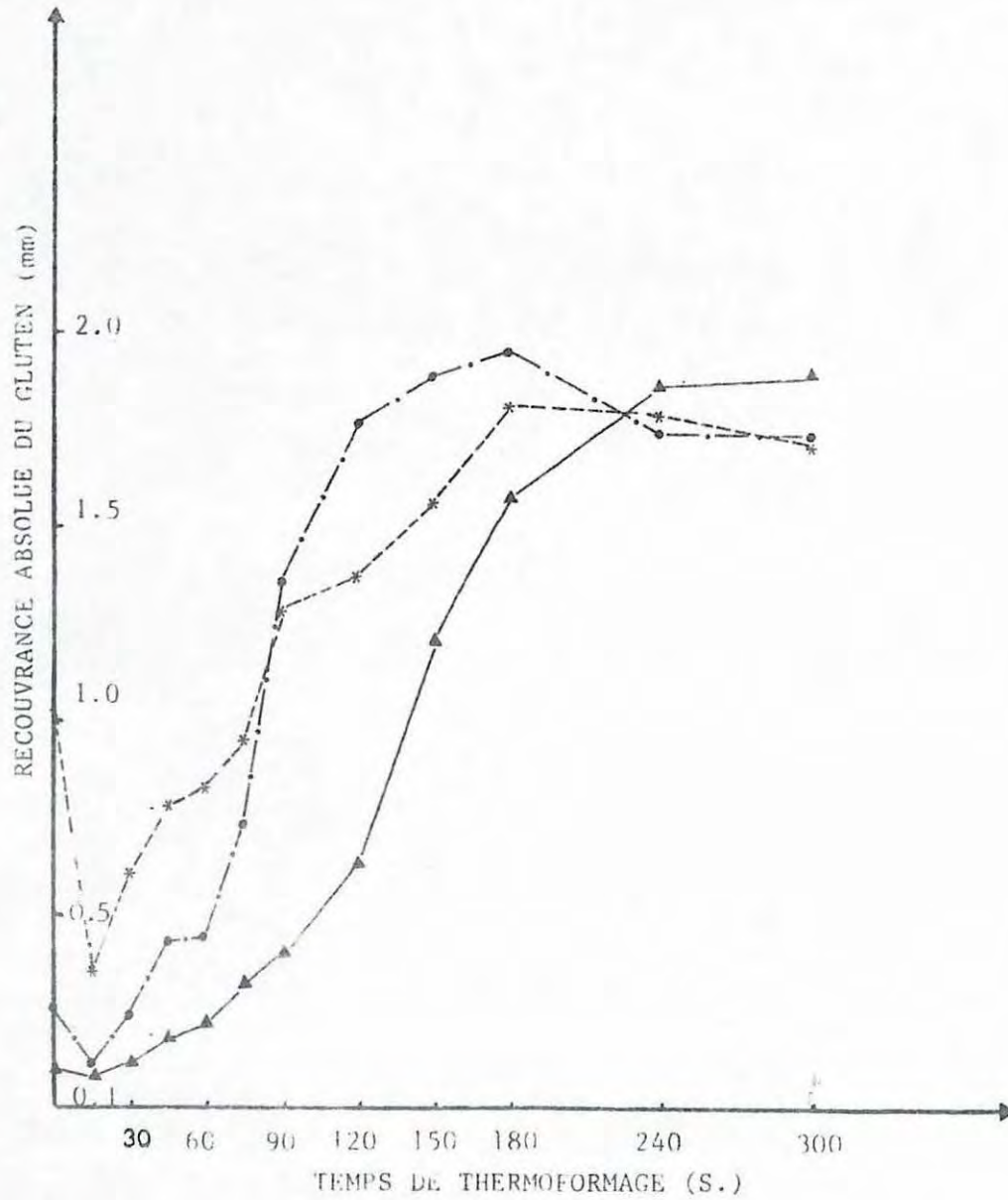


FIGURE 3
 FIGURE 3

EVOLUTION DES PROPRIETES VISCOELASTIQUES DU GLUTEN EN FONCTION
 DE LA CHARGE D'ECRASEMENT AU VISCOELASTOGRAPHE

----- FLORENCE AURORE
 -.-.-.- CAPPALLE
 _____ CLEMENT

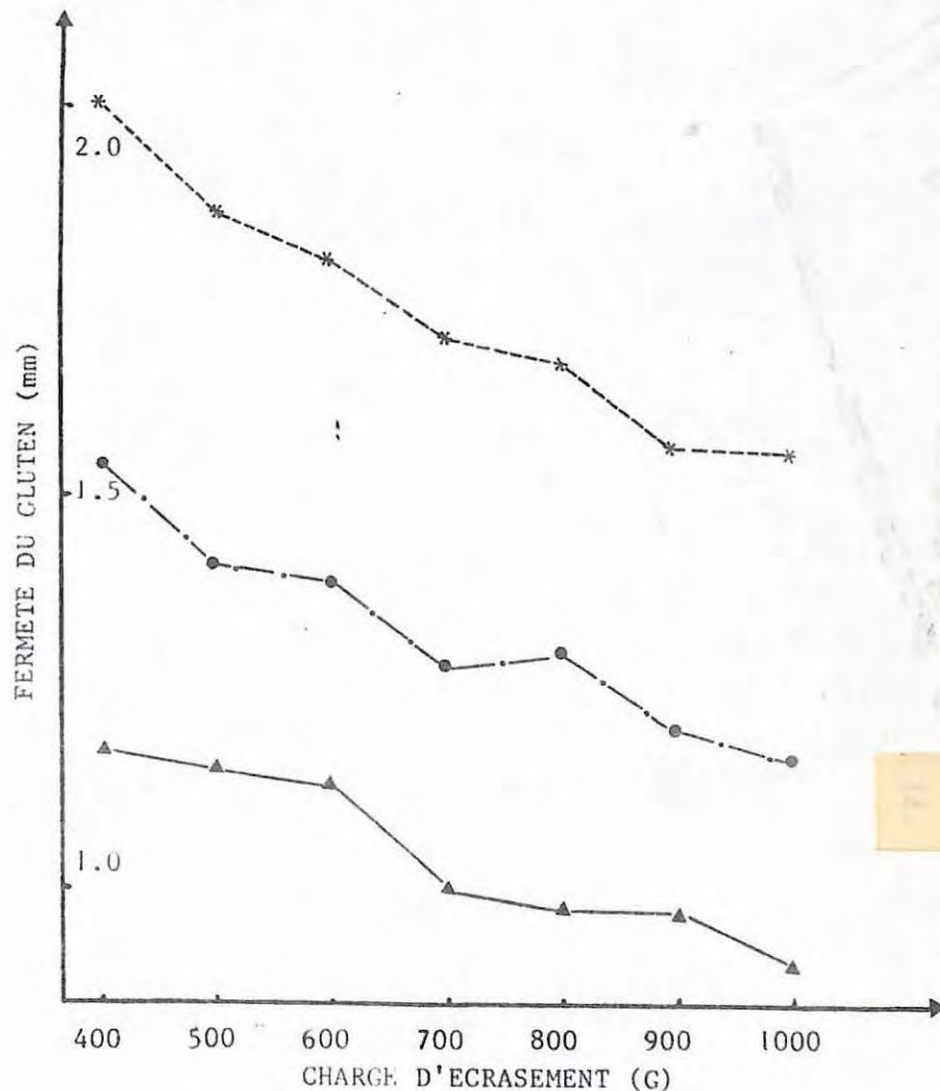
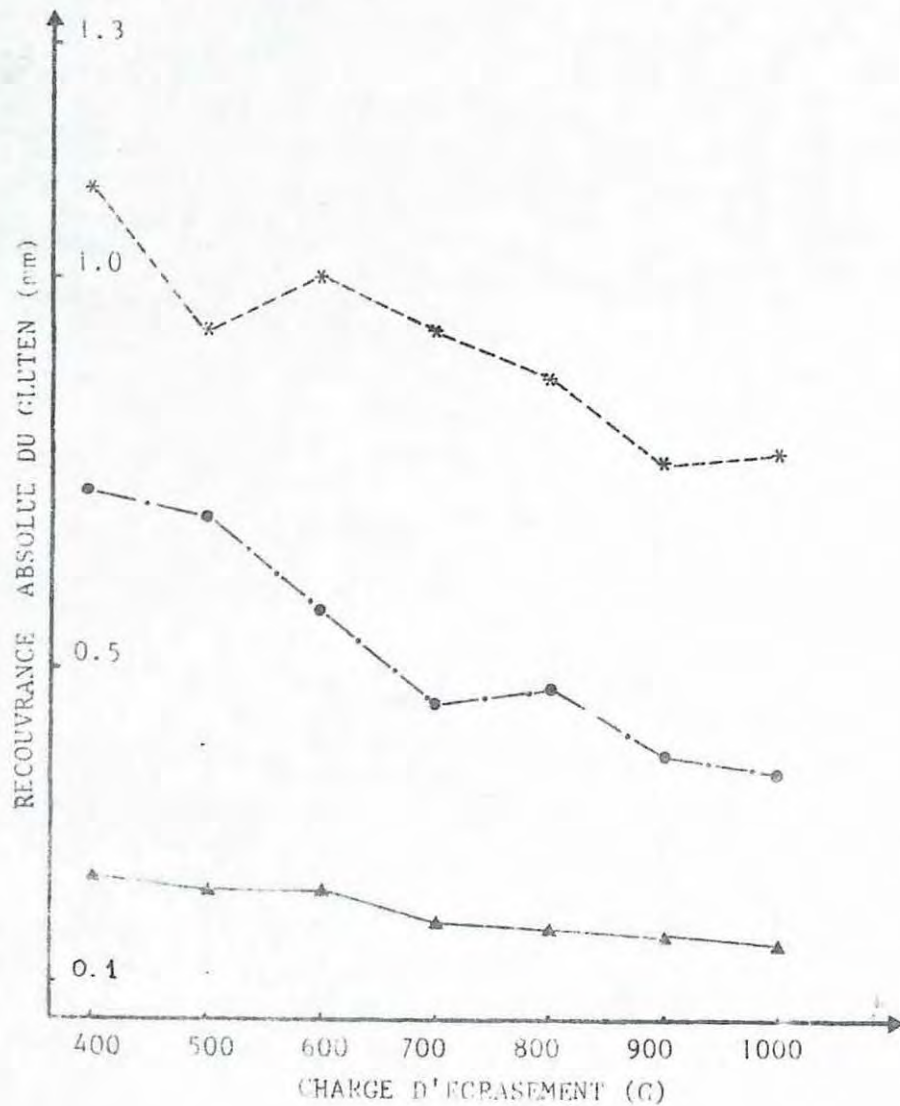
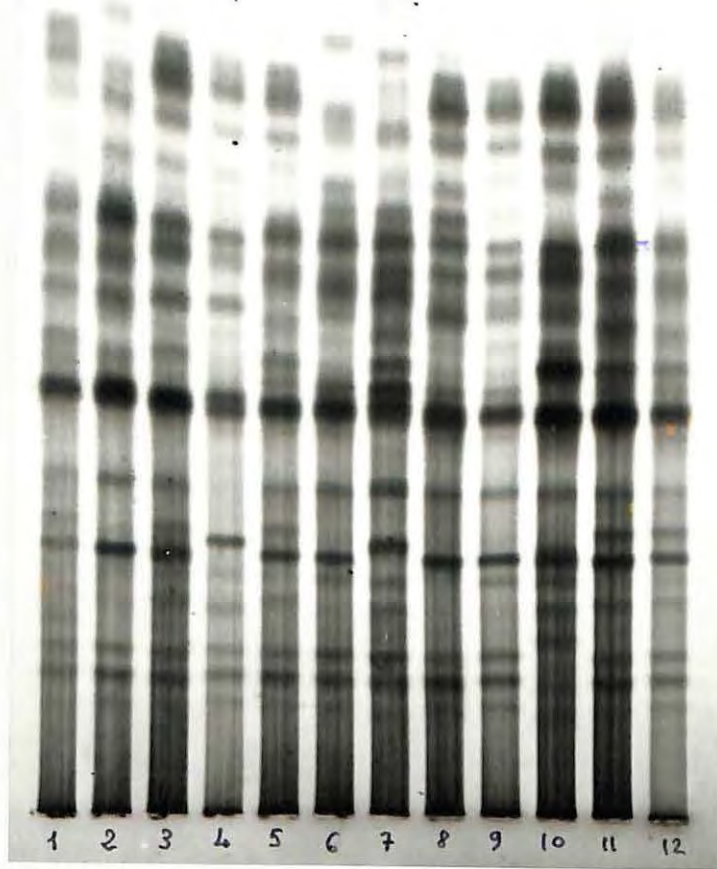
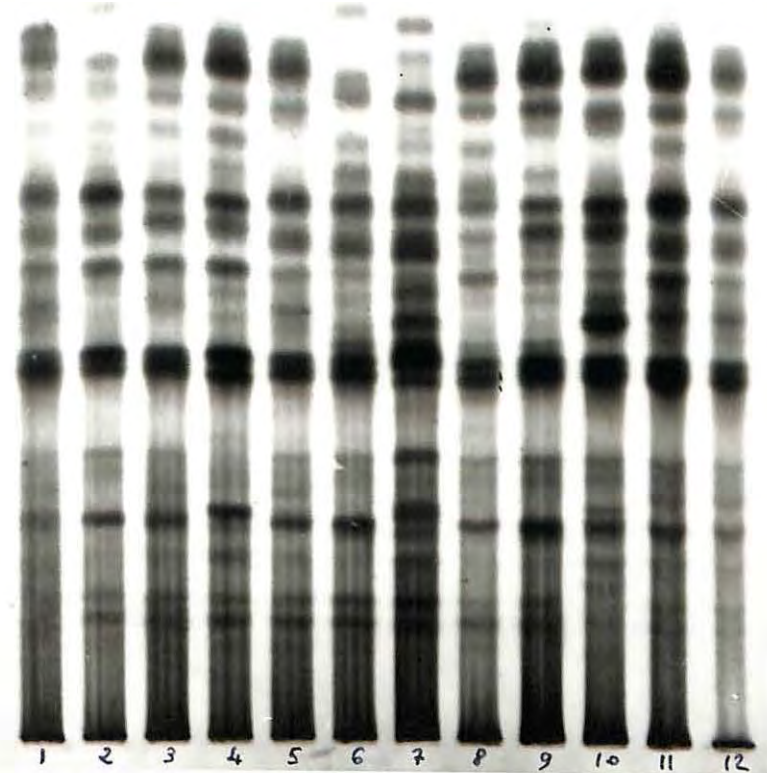


FIGURE 4 : ELECTROPHOREGRAMMES EN GEL DE POLYACRYLAMIDE (METHODE BUSHUK) DES GLIADINES DES 12 ECHANTILLONS 1983 DU CONTRAT.

A
FARINES



B
GLUTENS



1 - CORIN ; 2 - CASTAN ; 3 - HARDI ; 4 - LUTIN ; 5 - CAPITOLE ; 6 - ARMINDA ;
7 - DNS ; 8 - MARIS HUNTSMAN ; 9 - FIDEL ; 10 - TALENT ; 11 - TOP ; 12 - TEMOIN

FIGURE 6

INFLUENCE DE LA DUREE DE CUISSON SUR LES PROPRIETES VISCOELASTIQUES DU GLUTEN

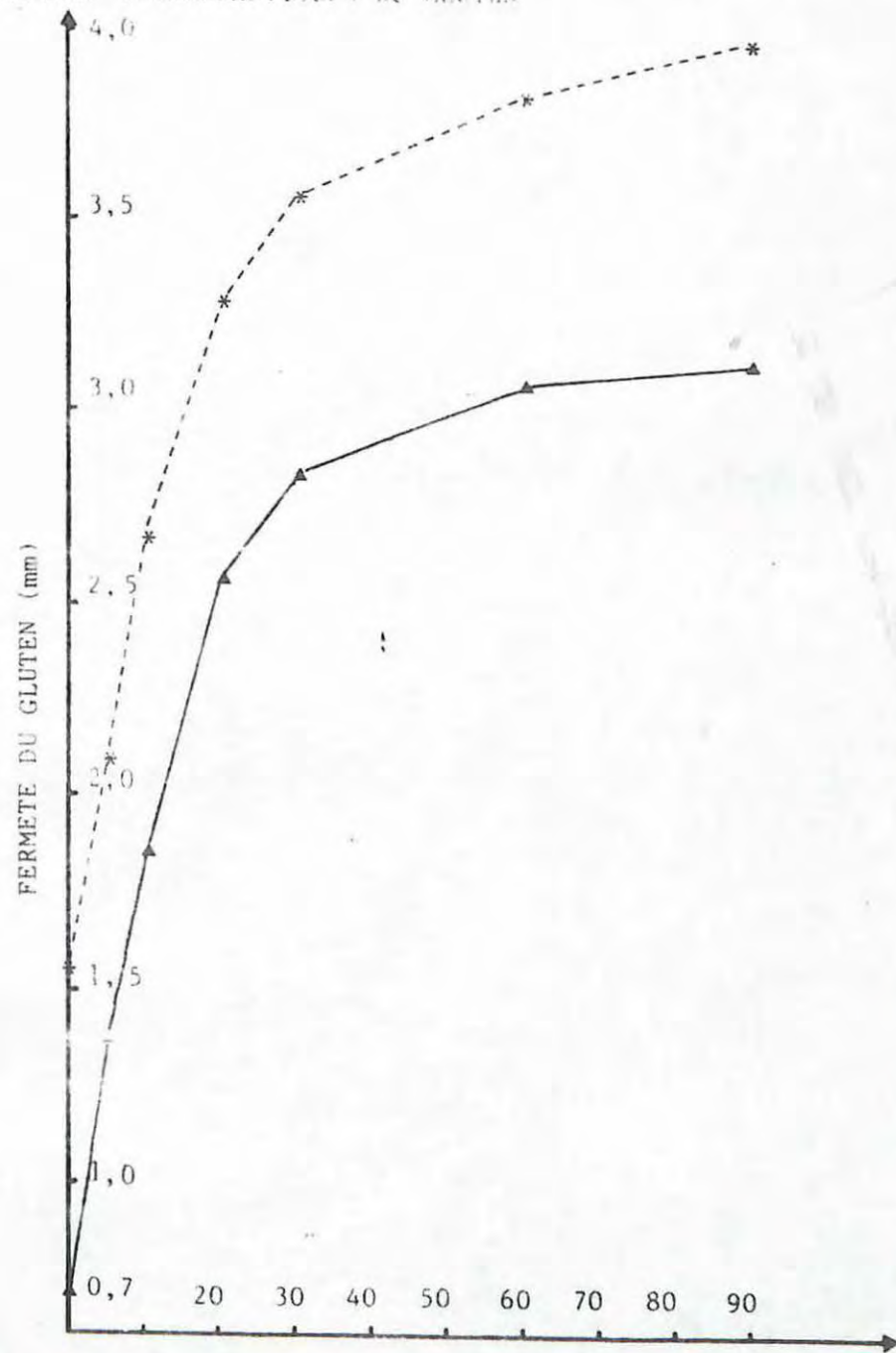
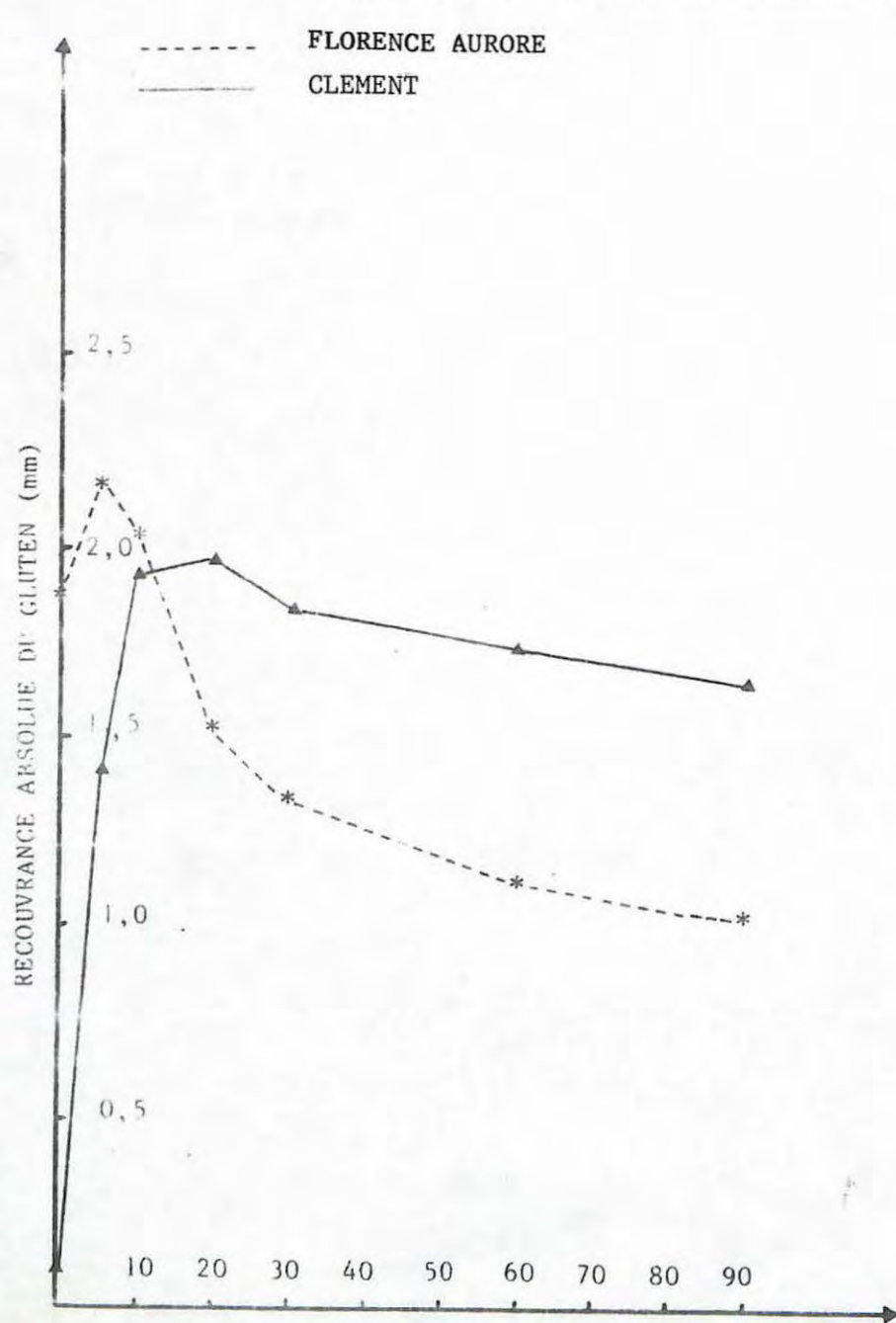
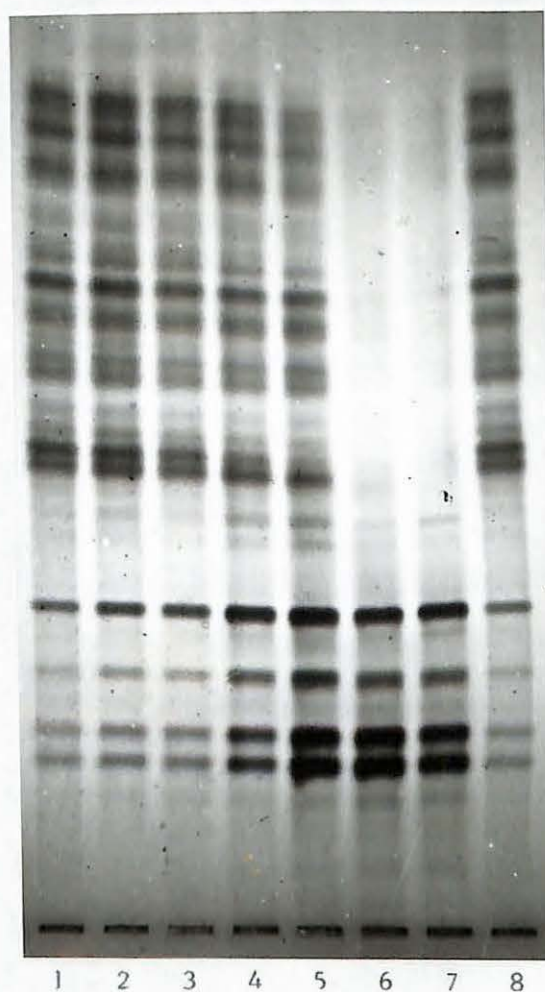


FIGURE 7

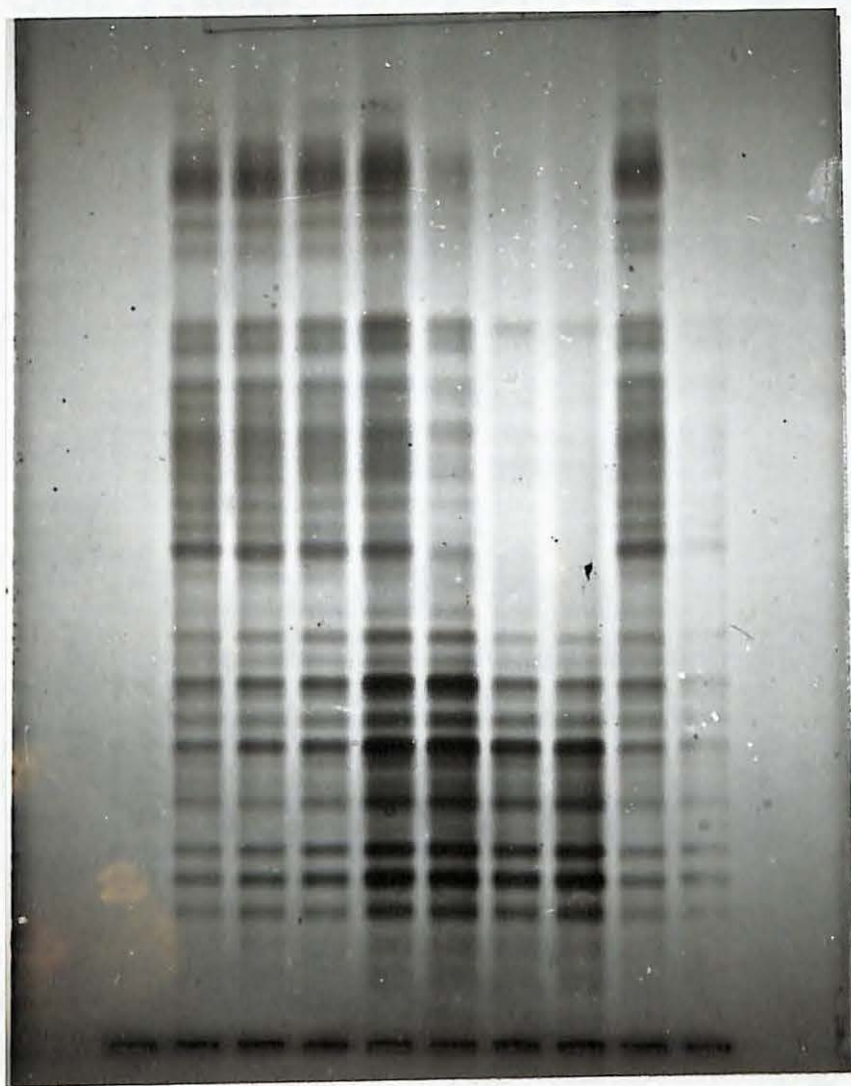
ELECTROPHOREGRAMMES DES GLIADINES EXTRAITES DU GLUTEN CUIT A TEMPS VARIABLES
(FLORENCE AURORE) (GEL DE POLYACRYLAMIDE, TAMPON LACTATE D'ALUMINIUM pH 3.2)



- 1 - Gliadines extraites du gluten natif
- 2 - Gliadines extraites du gluten après 5 mm de cuisson
- 3 - Gliadines extraites du gluten après 10 mm de cuisson
- 4 - Gliadines extraites du gluten après 20 mm de cuisson
- 5 - Gliadines extraites du gluten après 30 mm de cuisson
- 6 - Gliadines extraites du gluten après 60 mm de cuisson
- 7 - Gliadines extraites du gluten après 90 mm de cuisson
- 8 - gliadines extraites du gluten natif

FIGURE 8

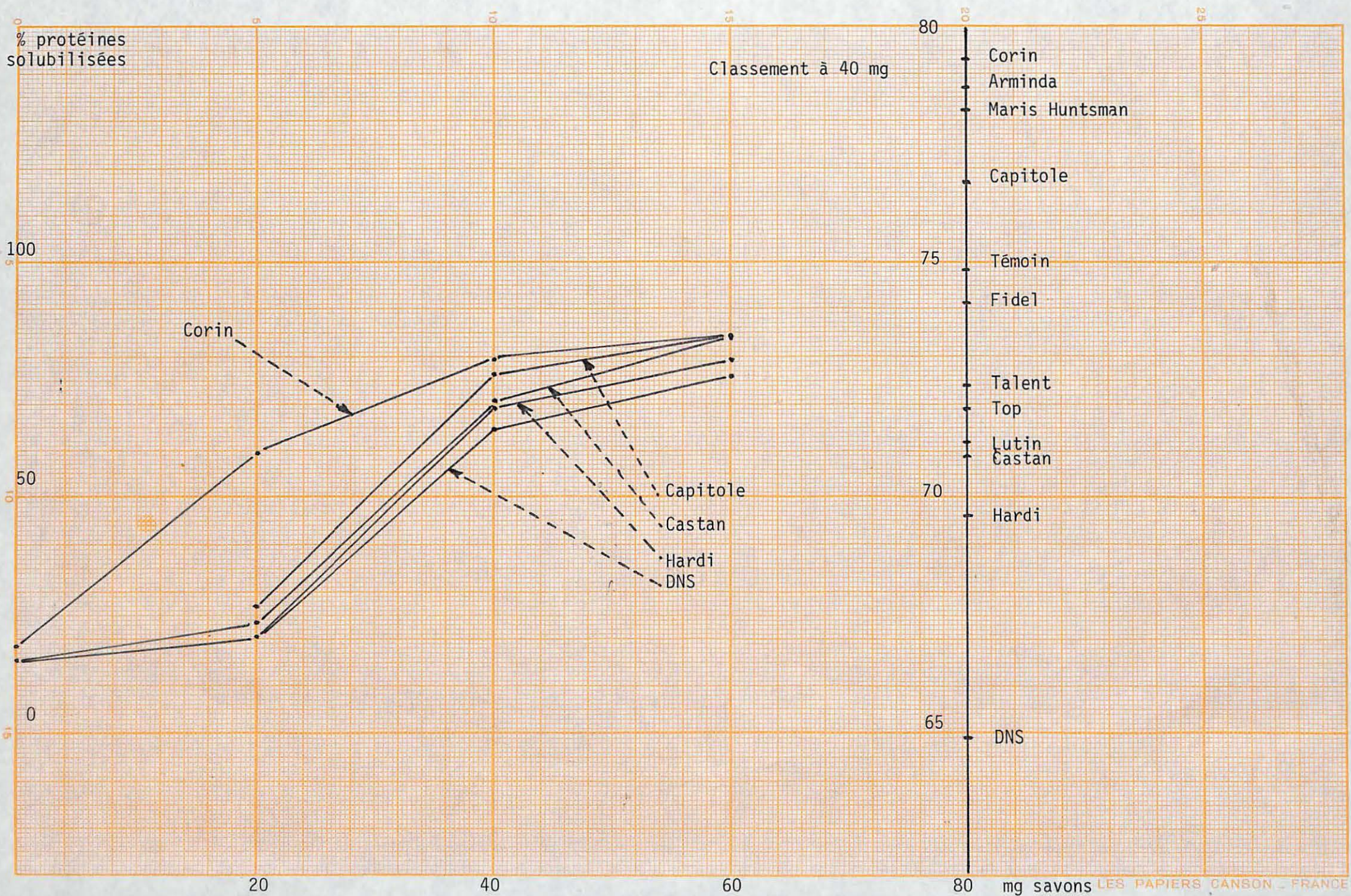
ELECTROPHOREGRAMMES DES GLIADINES EXTRAITES DU GLUTEN CUIT A TEMPS VARIABLES
(CLEMENT) (GEL DE POLYACRYLAMIDE , TAMPON LACTATE D'ALUMINIUM pH 3.2)



1 2 3 4 5 6 7 8

- 1 - Gliadines extraites du gluten natif
- 2 - Gliadines extraites du gluten après 5 mm de cuisson
- 3 - Gliadines extraites du gluten après 10 mm de cuisson
- 4 - Gliadines extraites du gluten après 20 mm de cuisson
- 5 - Gliadines extraites du gluten après 30 mm de cuisson
- 6 - Gliadines extraites du gluten après 60 mm de cuisson
- 7 - Gliadines extraites du gluten après 90 mm de cuisson
- 8 - Gliadines extraites du gluten natif

FIGURE 9 : COURBES D'EXTRACTIBILITE DES PROTEINES DES FARINES PAR DES DOSES CROISSANTES DE SAVONS (C14)



ANNEXE 1

ETUDE DE LA REPETABILITE DE L'INSTALLATION PILOTE

Nous avons participé aux essais de répétabilité de l'installation pilote de Nantes par la détermination de la rétention d'eau et des caractéristiques viscoélastiques des 10 échantillons extraits de la même farine, qui nous ont été fournis .

Les résultats du tableau A1 indiquent clairement que la répétabilité est extrêmement satisfaisante, sauf peut être pour la recouvrance. En effet, les coefficients de variation sont de 0,7 % pour la rétention d'eau, 2,2 % pour la fermeté et 12, 2 % pour la recouvrance. Pour ce dernier paramètre l'élimination des deux données extrêmes amène à une moyenne inchangée de 1,12 mm et un coefficient de variation de 8,3 % .