

MICROFICHE ETABLIE A PARTIR DE
L'UNITE DOCUMENTAIRE
N

جديدة منجزة حسب الوثيقة
رقم :

9

3

4

0

4

ROYAUME DU MAROC

المملكة المغربية

المركز الوطني للوثائق
CENTRE NATIONAL DE DOCUMENTATION

SERVICE DE REPROGRAPHIE
ET IMPRIMERIE

B.P 826 RABAT



مصلحة الطباعة والتصوير
ص.ب 826 الرباط

F

1

Étude de la qualité boulangère et pastière des neuf principales variétés marocaines de blé dur

BAKHELLA*[†], M. AKIL**, M. BABA*** & A. OUASSOU***

(Reçu le 24/03/1992 ; Accepté le 30/04/1992)

1/11/93

93-1104

ملخص

تمت في هذا البحث دراسة جودة تسع عينات مغربية من القمح الصلب وذلك باستعمال تحاليل كيميائية ، فيزيوكيميائية ، وبيولوجية وتدل النسب العالية للبروتين ككل وللبروتين الغير المستخلصة بالحامض الاسيتيكي على أن عينات القمح غنية بمادة البروتين وأن جودة هذه البروتينات جيدة مهمة. أما التحاليل البيولوجية فبينت أن جميع العينات غير صالحة لصناعة خبز جيد إلا واد زناتي، أكساد 65 ، ومرزاق. أما فيما يخص صناعة مواد الباسط فكل العينات ينتظر منها أن تكون صالحة الإستعمال سوى العينة زيراميك بعد تحليل بروتينات الجليادين بالرحلان الكهربائي وجدنا أن العينات جورى ، كريم ، وكيبيروندا تحتوي على مكون جلياديني يسمى الجاما 42. أما العينات الأخرى فتحتوي على الجاما 45. فيما يخص الجلوتينين ذات الحجم الجزئي المنخفض المرقمة 1 و 2 فيتقارن وجودها بوجود الجلوتينين جاما 42 و 45 على التوالي. أما الجلوتينين ذات الحجم الجزئي المرتفع فقد تم وجود شريط بروتين رئيسي من هذا النوع في كل عينة ، وحددت الأحجام الجزئية بالكيلودالتونات كما يلي : 110,1 (مرزاق وأكساد 65)، 103,1 (كوكوريت) 99,8 (واد زناتي ، كريم ، زيراميك ، وجورى) ، 96,7 (سيلبرا وكيبيروندا). في هذا البحث لم تتمكن من ضبط أية علاقة مهمة بين وجود أو غياب الجلوتينين جاما 42 و 45 وعناصر الجودة. أما فيما يخص الجلوتينين ذات الحجم الجزئي المرتفع فلاحظنا وجود ترابط مهم بين أحجام هذه البروتينات وبعض الصفات الريولوجية المتصلة بقوة الجلوتينين

الكلمات المفتاحية : القمح الصلب - الجودة - الجليادين - الجلوتينين - الترابط - المغرب .

Résumé

Les qualités boulangère et pastière de 9 variétés marocaines de blé dur ont été indirectement appréciées par des tests chimiques, physico-chimiques et rhéologiques. Les valeurs relatives aux deux premiers tests, indiquant l'importance de la qualité et de la quantité du matériel protéique, sont élevées. Les tests rhéologiques ont montré que toutes les variétés analysées ont une faible qualité boulangère à l'exception de Oued Zenati, Acsad 65 et Marzak. L'examen des profils électrophorétiques des gliadines a montré que les variétés Jori, Karim et Kyperounda sont du type 42 alors que les autres sont du type 45. Les groupes de gluténines à faible poids moléculaire "LMWG-1" et "LMWG-2" sont respectivement associés aux gliadines gamma-42 et 45. Concernant les gluténines à haut poids moléculaire, chaque variété est caractérisée par une bande de poids moléculaire donné: 110,1 kd (Marzak et Acsad), 103,0 kd (Cocorit), 99,9 kd (Oued Zenati, Karim, Zeramek et Jori) et 96,7 kd (Selbera et Kyperounda). L'association des bandes gliadines 42 et 45 avec la qualité n'a pas été clairement établie. Par contre, pour les gluténines, nous avons remarqué que plus le poids moléculaire de la sous-unité gluténine est élevé, meilleure est la force du gluten.

Mots clés: Durum wheat - Quality - Gliadins - Glutenins - Correlations - Maroc

Summary

The pasta- and bread-making quality of 9 moroccan durum wheat cultivars was indirectly evaluated via chemical, physico-chemical, and rheological tests. The high values of chemical and physico-chemical tests indicated that the quality and quantity of proteins were acceptable. Rheological tests showed that all the cultivars analyzed were of poor bread-making quality except Oued Zenati, Acsad 65, and Marzak. Gliadinelectrophoregrams showed that the varieties Jori, Karim, and Kyperounda have the gamma-gliadine 42 whereas the others possess the gamma-gliadine 45. Electrophoresis of total proteins showed that low molecular-weight glutenins named LMWG-1 exist in varieties that contain the gliadin 42, and those called LMWG-2 are associated with gliadin 45. High molecular-weight glutenin patterns showed that each variety is characterized by one single intense band: 110.1 kd (Marzak and Acsad), 103.0 kd (Cocorit), 99.9 kd (Oued Zenati, Karim, Zeramek, and Jori) and 96.7 kd (Selbera and Kyperounda). The association of gliadins 42 and 45 with quality was not clearly established. However, for glutenins, we found that the higher the molecular-weight of the glutenins unit characterizing a given cultivar, the better is the strength of the gluten.

Key words: Durum wheat - Quality - Gliadins - Glutenins - Correlations - Maroc

*Département de Technologie Alimentaire, I.A.V. Hassan II, B.P. 6202, -Instituts, Rabat, Maroc

**Direction de la Protection des Végétaux, du Contrôle Technique et de la Répression des Fraudes, MARA, Rabat, Maroc

***Institut National de la Recherche Agronomique. B.P. 415, Rabat, Maroc

† À qui toute correspondance doit être adressée

INTRODUCTION

Le secteur céréalier occupe une place importante dans notre agriculture. Le blé dur, en particulier, est une des céréales les plus cultivées au Maroc. Il occupe près de 22% de la superficie totale consacrée à la céréaliculture et représente environ 25% de la production céréalière totale. Le blé dur est exclusivement destiné à la consommation humaine. Il est la céréale de choix pour la fabrication des pâtes alimentaires et couscous de très bonne qualité. Cette qualité se rapporte aussi bien à l'aspect des produits qu'à leurs aptitudes culinaires (1;2;3). Plusieurs tests indirects sont utilisés pour apprécier la qualité technologique des blés durs. Ces tests peuvent être chimiques, physico-chimiques et rhéologiques.

Le farinographe (4;5;6;7;8;9;10), le mixographe (5;6;11;12;13;14), le visco-élastographe (15;16;17;18;19;20), l'alvéographe (9;21), le test de sédimentation au sulfate du dodécyl de sodium (12;22;23) et le taux des protéines résiduelles après extraction par l'acide acétique 0,05 M (24) sont tous communément utilisés dans ce domaine. L'importance des protéines, et en particulier du gluten, dans la détermination de la qualité culinaire des produits à base de blé dur n'est plus à démontrer (4;5;6;9;12;15;22;25;26;27;28;29). Le gluten est composé essentiellement des gliadines (prolamines du blé) et des gluténines (glutélines du blé) qui forment ce qu'on appelle les protéines de réserve (30) et représente environ 80% des protéines totales du grain (31). La teneur en protéines et leur qualité contrôlent l'essentiel des propriétés rhéologiques et paraissent être donc les meilleurs facteurs aptes à être utilisés comme marqueurs génétiques de la qualité des blés durs.

L'amélioration de la productivité, de la qualité et de la résistance des variétés à l'échaudage physiologique et pathologique sont les principaux soucis des sélectionneurs. Au cours de la sélection des cultivars de blé, on n'a pas toujours la possibilité de conduire des tests directs et indirects de qualité à cause, généralement, de la non-disponibilité de quantités suffisantes de blé surtout aux stades précoces de la sélection. Des méthodes physico-chimiques très performantes (électrophorèse et chromatographie liquide à haute pression) ont été mises au point et utilisées pour séparer les protéines de réserve du blé (gliadines et gluténines). Les résultats de ces analyses ont été exploités pour prédire la qualité et ce en utilisant des quantités très faibles pouvant se limiter à 1 grain ou à 1/2 grain d'un cultivar donné. La mise en évidence de l'existence des corrélations entre la qualité des blés et les diagrammes électrophorétiques de leurs gliadines et gluténines a été démontrée par plusieurs auteurs.

Concernant les gliadines, DAMIDAUX (32) avait démontré l'existence d'une relation étroite entre leur composition électrophorétique et la visco-élasticité du gluten. Ainsi, les variétés de blé dur possédant la gamma-gliadine avec une mobilité relative de 45, selon la nomenclature de BUSHUK et ZILLMAN (33), se caractérisent par une visco-élasticité élevée. Les cultivars possédant la gamma-gliadine 42 ont, par contre, une très faible visco-élasticité. Cette relation a été démontrée par plusieurs auteurs (14;16;17;18;34).

Pour ce qui est des gluténines, certains auteurs (35;36;37) rapportent qu'un groupe particulier de sous-unités gluténines de faibles poids moléculaires désigné par "LMWG2" et dont la présence est associée à celle de la gamma-gliadine 45 est un indicateur d'une bonne qualité pastière. Un autre groupe de sous-unités gluténines à faibles poids moléculaires "LMWG1", associé à la gamma-gliadine 42, est corrélé négativement à la qualité des blés durs. Ces sous-unités gluténines semblent donc être celles qui agissent directement sur la visco-élasticité du gluten alors que les gliadines 42 et 45 ne sont que de simples marqueurs génétiques de la qualité.

Dans cette étude nous rapportons l'évaluation de la qualité technologique des principales variétés marocaines de blé dur par utilisation des tests au farinographe, au mixographe, de cuisson et de sédimentation au SDS ainsi que par l'analyse des protéines totales et des protéines résiduelles après extraction par l'acide acétique 0,05 M. Les diagrammes électrophorétiques des gliadines ont été déterminés et adéquatement caractérisés (33;35;38) puis corrélés aux critères de qualité.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

• Matériel végétal

Les variétés de blé dur analysées ont été fournies par le service de sélection des céréales d'automne et sont issues de la station expérimentale de Marchouch (campagne 1987). Ces cultivars sont: Acsad 65, Cocorit, Jori, Karim, Kyperounda (2777), Marzak (E 12), Oued-Zenati (2909), Selbera (272) et Zeramek (1658). Ils correspondent aux principales variétés du catalogue officiel national.

• Détermination de l'humidité des grains et farines

L'humidité des moutures entières des grains et des farines expérimentales utilisées pour conduire les tests de qualité a été déterminée selon la méthode A.F.NOR: NF-V03-707 (39).

• Détermination des protéines totales

La procédure Kjeldahl, décrite dans la méthode A.F.NOR: NF-V03-050, a été utilisée (39). La teneur en protéines est déterminée par la multiplication de la teneur en azote par le facteur 5,7 (40).

• Test de sédimentation au SDS

Ce test permet de mesurer le volume occupé, après décantation, par 3,0 grammes de farine (blé moulu par le moulin type "UDY" muni d'un tamis de sortie de 100 meshes) mis en suspension dans une solution diluée d'acide lactique et du sulfate de dodécyl - sodium. Plus le volume du sédiment est élevé, meilleure est la qualité des protéines. La procédure suivie est celle décrite par WILLIAMS *et al.* (23).

• Mouture expérimentale du blé

500 grammes de blé dur conditionné à 16,5% d'humidité, pendant 24 heures, sont moulus dans le moulin Brabender type "Quadrumat Junior". Les écartements entre les paires de cylindres de broyage (B) sont: B1 = 0.65 mm, B2 = 0.15 mm, B3 = 0.09 mm.

• Test d'évaluation des protéines résiduelles

Ce test est conduit selon la méthode d'ORTH et O'BRIEN (24). Il permet de relier la quantité de protéines résiduelles ou insolubles dans l'acide acétique, composées essentiellement de gluténines, aux propriétés rhéologiques de la farine. 1,0 gramme de farine est mis dans un tube à essai contenant 25 millilitres d'acide acétique 0,05 M. L'ensemble est mélangé dans un agitateur à oscillations horizontales pendant 2 heures, puis centrifugé pendant 30 minutes à 2200 x g. Les protéines extraites sont quantifiées par la méthode de Kjeldahl et les protéines résiduelles sont déterminées par différence entre les protéines totales et les protéines solubles. Elles sont exprimées en % par rapport aux protéines totales.

• Essai au farinographe

Le farinographe Brabender mesure la résistance de la pâte au pétrissage en fonction du temps (41). À partir de la courbe obtenue, nous avons mesuré les paramètres suivants: le temps de développement (min.) de la pâte correspondant à l'abscisse de la consistance maximale (42), l'indice de tolérance au pétrissage en Unités Brabender (B.U.), le degré d'affaiblissement de la pâte après 12 minutes de pétrissage et le score au farinographe. L'allure générale des farinogrammes a été également appréciée. La procédure suivie est celle décrite dans la

méthode AACC: 54-21 (43). L'indice de tolérance et le score au farinographe sont ceux définis par MATSUO *et al.* (5).

• Test au mixographe

Le mixographe utilisé est celui de Swanson-Working (version 30 grammes), de la "National, Mfg-Co.", Lincoln, Nebraska, U.S.A. Le test a été conduit selon la procédure décrite par FINNEY & SHOGREN (44). Le temps de développement et la hauteur des mixogrammes ont été déterminés selon la méthode AACC: 54-40 (43). L'allure générale des mixogrammes a été également prise en ligne de compte.

• Détermination de l'indice de cuisson

Par ce test on entend apprécier la pastifiabilité des blés durs au moyen d'un visco-élastographe. 10 g de semoules très fines (ou farine) sont transformés en pastilles de 7 mm de diamètre après hydratation, laminage, compression, découpage et séchage. Les pastilles sont ensuite cuites dans l'eau bouillante puis soumises au test au visco-élastographe (20) pour mesurer leur visco-élasticité. Un indice de cuisson est alors déduit des mesures faites (score allant de 1, très tendre à 12 très fort) selon la technique d'ALARY *et al.* (45).

• Électrophorèse des gliadines

L'extraction des échantillons par l'éthanol à 70% (v/v) dans l'eau, et la préparation des extraits pour l'électrophorèse sont identiques à celles décrites par BAKHELLA *et al.* (46). La composition du gel, les conditions opératoires et les équipements utilisés sont similaires à ceux décrits par LOOKHART *et al.* (47).

La coloration et la décoloration des gels sont faites selon la méthode de LOOKHART *et al.* (48). La lecture des gels pour localiser les bandes gliadines gamma-42 et gamma-45 a été réalisée conformément à la procédure de BUSHUK & ZILLMAN (33).

• Électrophorèse des protéines totales

La méthode électrophorétique utilisée est celle utilisant plusieurs pH (système discontinu) développée par LAEMMLI (49). L'extraction des protéines totales est faite selon la méthode de BAKHELLA *et al.* (46). La composition du tampon de migration, des gels de tassement et de séparation, les conditions de migration des protéines et les équipements utilisés sont similaires à ceux utilisés par BAKHELLA (50) sauf que la concentration du bisacrylamide dans le gel de tassement a été réduite de moitié. Les gels ont été colorés et décolorés selon la

méthode de LOOKHART *et al.* (48). La lecture des gels pour localiser les "LMWG1" et les "LMWG2" a été faite selon la méthode de PAYNE *et al.* (35). Pour les gluténines à haut poids moléculaire, leur caractérisation a été faite par la méthode de NG & BUSHUK (38;51).

• Analyses statistiques

Les données ont été analysées par les méthodes statistiques courantes. Les coefficients de corrélation ont été calculés entre les tests de qualité d'une part et entre les paramètres de qualité et les données électrophorétiques d'autre part.

Les variables binaires 1 et 0 ont été utilisées pour caractériser respectivement la présence et l'absence des bandes électrophorétiques et pouvoir procéder au calcul des coefficients de corrélation. Le degré de signification des coefficients de corrélation est calculé via le test F (52, 53).

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

• Qualité technologique des blés durs

L'appréciation indirecte de la qualité des blés durs étudiés a été faite via la détermination des protéines totales, du test de sédimentation au SDS, de l'indice de cuisson, des protéines résiduelles et des caractéristiques mixographiques et farinographiques. Comme les blés durs sont utilisés au Maroc pour la panification et la production des pâtes alimentaires, l'évaluation des paramètres de qualité a été faite pour couvrir ces deux aspects d'utilisation. Les teneurs en protéines de nos blés durs sont très élevées (tableau I). Elles varient de 14,34% (variété Cocorit) à 17,49% (cultivar Karim). La valeur moyenne est de 16,29% et la dispersion des résultats est assez faible. Plusieurs auteurs ont rapportés des valeurs élevées du même ordre (5;12;15).

Tableau I. Test de sédimentation au SDS, teneur en protéines, taux de protéines résiduelles et indices de cuisson des variétés de blé dur

Variétés	SDS (ml)	Normes (*)	Protéines (% m.s.)	Normes (**)	TPR %/prot	INC (note)
2777	45	Af	17,34	TE	49,9	6
Cocorit	39	f	14,34	E	50,4	5
Marzak	40	Af	17,12	TE	50,3	6
Jori	39	f	16,02	TE	46,1	5
Acsad 65	41	Af	16,19	TE	50,4	7
Karim	42	Af	17,49	TE	49,2	7
2909	41	Af	16,61	Tf	55,4	4
272	36	f	14,79	E	56,6	6
1658	31	f	16,76	TE	54,6	6

SDS: Test de sédimentation au Sulfate de dodécyl -sodium; TPR: Taux de protéines résiduelles; INC: Indice de cuisson; Af: Assez faible; f: faible; TE: Très élevée; E: élevée; Tf: Très faible.

(*): Normes I.C.A.R.D.A. relatives à la qualité boulangère (23).

(**): Normes I.C.A.R.D.A. (WILLIAMS *et al.* (23)).

Nos résultats se situent dans la gamme des pourcentages normaux (9 à 19%) rapportée par FEILLET (27). La richesse en protéines est un indice de bonne qualité culinaire des pâtes alimentaires (4;12;29), bien que cela n'explique qu'environ 1/3 de la variabilité de cette qualité (12;20). En effet, les blés durs ayant des teneurs en protéines supérieures à 13% donne des produits satisfaisants, alors que des teneurs inférieures à 11% engendrent des produits de qualité médiocre (25).

La force élevée du gluten (en partie associée à la teneur en protéines du blé) est désirée dans la confection des pâtes alimentaires pour palier aux problèmes de distention durant le séchage et de cassure au cours de l'emballage et du transport (54). D'autres auteurs (55) considèrent les teneurs en protéines supérieures à 13% comme préjudiciables à la transformation des semoules en pâtes

à cause des étirements anormaux pouvant avoir lieu lors de l'extrusion mais cela ne serait probablement important qu'en cas de protéines de qualité pauvre (mauvaises propriétés rhéologiques). La composition des protéines (rapport gluténines / gliadines) est également importante à cet égard (4;54;56;57). Concernant la qualité boulangère des blés durs en relation avec leur teneurs en protéines, les valeurs enregistrées prévoient un bon comportement à la panification, toutes autres conditions de qualité étant optimales par ailleurs. En effet, QUAGLIA (58) considère les blés durs comme facilement panifiables quand leur taux de protéines dépasse 13%.

Les valeurs relatives au test au SDS varient de 31 ml (variété Zeramek, 1658) à 46 ml (variété Kyperounda, 2777) avec une moyenne d'environ 39 ml (tableau I) qui est bien en deçà du niveau minimum requis par le "grading"

de WILLIAMS *et al.* (23) pour que les blés soient d'une bonne qualité boulangère. Ce grading, cependant, ne juge en rien la qualité pastière des blés. En effet, plusieurs auteurs ont rapporté des valeurs similaires pour des blés ayant une très bonne qualité pastière (5;12;15;16).

Concernant le taux des protéines résiduelles (tableau I), les valeurs enregistrées sont bien supérieures à celles rapportées dans la littérature (5;10;24). La valeur moyenne est de 51,66%, avec un coefficient de variation de 7,35%. Ces résultats montrent que tous nos blés contiennent beaucoup de gluténines à haut poids moléculaire non solubilisables par l'acide acétique 0,05M, et qui contribuent à l'amélioration de la qualité pastière des variétés de blé. La quantité n'est cependant pas le seul attribut conférant aux gluténines leur rôle dans la qualité pastière des blés durs. Leurs teneurs en groupements sulfhydryles et disulfures sont également importants dans la détermination des propriétés de surface des pâtes (57). L'utilité de ce test reste, néanmoins, limitée par le fait qu'il est assez sensible aux pratiques culturales, au lieu de culture et à l'année de récolte (5).

Pour les indices de cuisson, relatifs à l'appréciation de la qualité pastière, les valeurs enregistrées montrent que tous les blés sont satisfaisants à l'exception des variétés 2909, Jori, et Cocorit possédant des indices de cuisson à peine moyens (tableau I).

Concernant les caractéristiques rhéologiques, l'allure générale des farinogrammes (figure 1), d'après les diagrammes types rapportés par PRESTON & KILBORN (59) et D'APPOLONIA (60), indiquent qu'à l'exception des cultivars: Oued Zenati (2909), Acsad 65, et Marzak (E 12), toutes les autres variétés présentent des caractéristiques rhéologiques indicatrices d'une faible qualité boulangère.

Par contre, selon les courbes types de FINNEY *et al.* (6), la majorité des variétés sont de moyenne à bonne qualité pastière sauf la variété Zeramek et à un moindre degré Jori, de qualité pastière insuffisante. Concernant le test au mixographe, les mixogrammes enregistrés (figure 2) montrent de nouveau (23) que seules les variétés Oued Zenati, Acsad 65 et Marzak sont d'une assez bonne qualité boulangère. Par contre, les courbes évaluées selon FINNEY *et al.* (6) montrent que tous les cultivars possèdent une bonne qualité pastière à l'exception de Zeramek. En effet, presque tous les mixogrammes ont des hauteurs importantes présageant une bonne qualité pastière.

La granulométrie des produits de mouture affecte considérablement les valeurs des paramètres rhéologiques (8). Bien que plusieurs auteurs rapportent l'utilisation de fines, moyennes et grosses semoules pour conduire les tests rhéologiques (5;7;8;12;21) en vue

d'apprécier la qualité pastière, nous avons tenu à mouliner le blé en très fines semoules presque granulométriquement identiques aux farines. Ceci nous a permis de manipuler un matériel s'hydratant facilement et donc l'obtention de diagrammes assez stables et reproductibles comme l'exigent les procédures officielles utilisées et les appréciations escomptées. De plus, la conduite du test au farinographe n'a pas été faite à hydratation constante (5;7;8) car les farinogrammes devraient également servir à l'évaluation de la qualité boulangère. Ceci ne diminue en rien l'utilité de ces courbes pour apprécier la qualité pastière (6).

L'analyse des valeurs des paramètres farinographiques et mixographiques (tableau II) pris individuellement ne renseigne pas correctement sur les qualités pastière et boulangère des variétés de blé. Ainsi, si l'on considère les valeurs enregistrées pour le score au farinographe (tableau II) on constate que Marzak, Acsad 65 et Oued Zenati ont des glutens nettement plus forts que les autres variétés de blé dur. Ceci ne signifie pas automatiquement, comme le laisse croire MATSUN *et al.* (5), que ces variétés ont une qualité pastière nettement supérieure à celle des autres cultivars. De même, l'utilisation des "gradings" de WILLIAMS *et al.* (23) relatifs aux temps de développement et à l'affaiblissement et hauteurs des farinogrammes et mixogrammes, pour apprécier la qualité boulangère, ne concorde pas parfaitement avec les appréciations largement acceptées et qui sont faites à partir de l'allure générale des courbes. Il en est de même pour la valeur de 75 B.U. relative à l'indice de tolérance au pétrissage et fixée par IRVINE *et al.* (8) comme limite entre un bon gluten de blé dur et un bon gluten de blé tendre.

La teneur en protéines et le volume de sédimentation au SDS ne semblent pas être reliés significativement aux propriétés rhéologiques des farines de blé dur (tableau III), contrairement à ce qui est rapporté par plusieurs auteurs (4;8;12;15;29). Il y va de même pour le taux des protéines résiduelles qui n'est corrélé qu'avec la hauteur des mixogrammes indiquant que ces protéines hautement polymérisées (gluténines essentiellement) et à haut poids moléculaire sont responsables de la fermeté du gluten. Plusieurs auteurs rapportent que le taux de ces protéines est bien corrélé avec plusieurs paramètres rhéologiques (10;24). MATSUN *et al.* (5) suggèrent de ne pas crédibiliser ce test pour l'appréciation de la force du gluten car il est fortement influencé par les conditions environnementales. Le fait que les taux des protéines de nos variétés soient très élevés a engendré des volumes de sédimentation au SDS et des taux de protéines résiduelles très importants. Ceci pourrait expliquer le manque de liaisons saillantes entre ces critères de qualité et les paramètres rhéologiques qui sont relativement plus dépendants de la qualité des protéines. Toutefois, d'autres

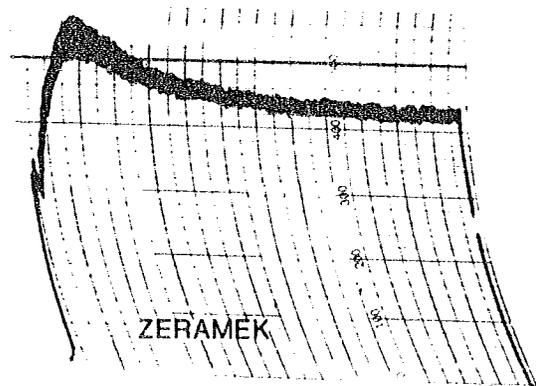
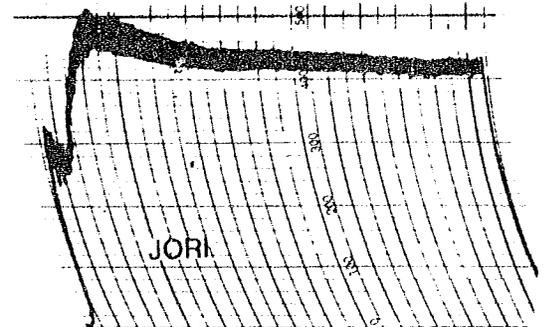
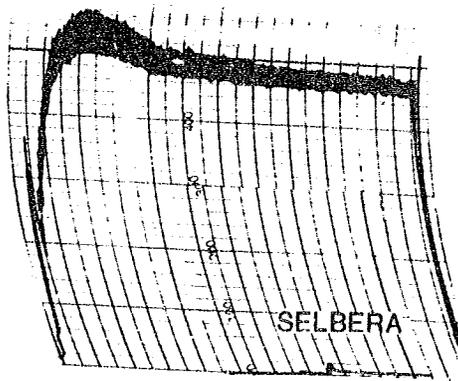
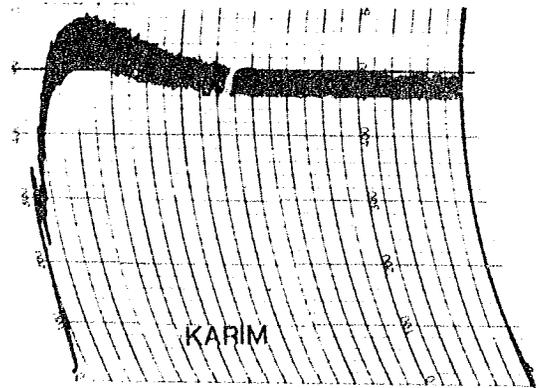
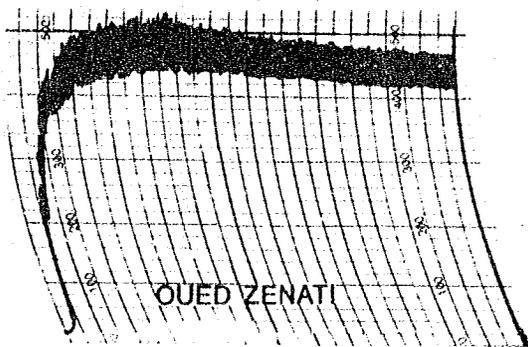
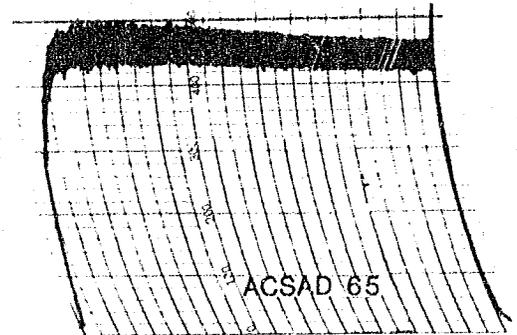
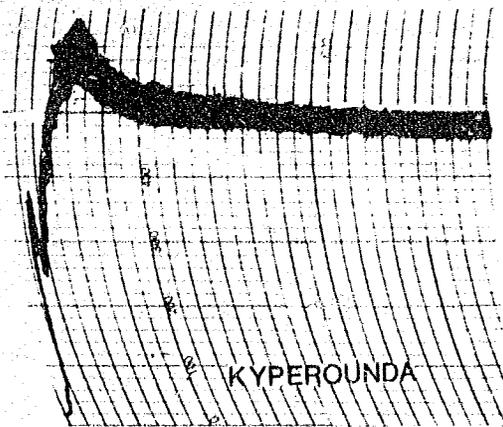
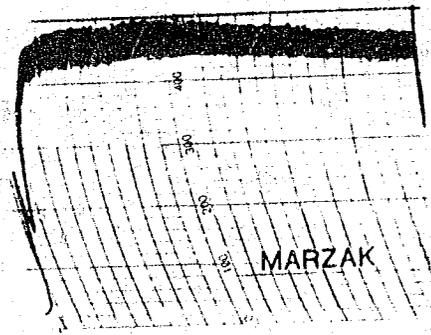
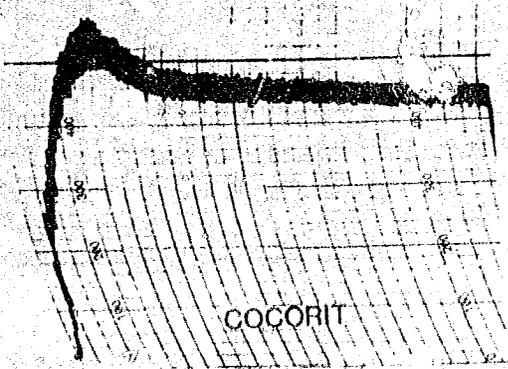
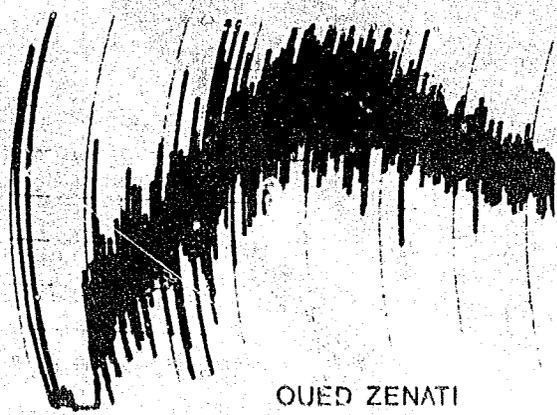
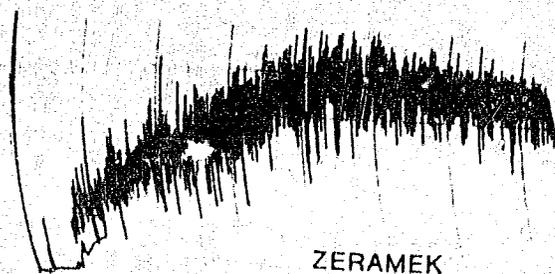


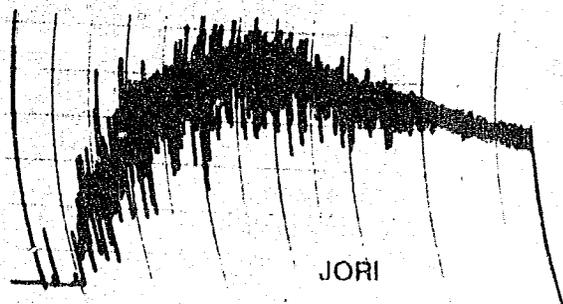
Figure 1. Farinogrammes des différentes variétés de blé dur



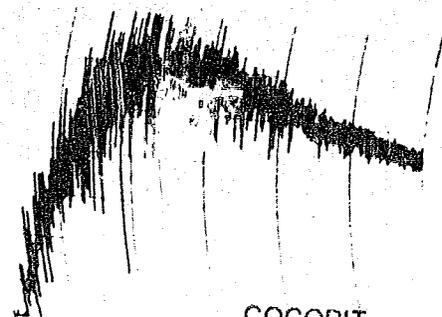
OUED ZENATI



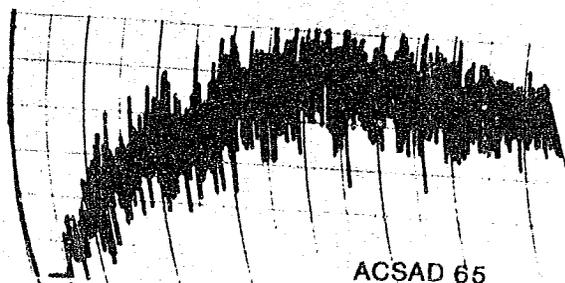
ZERAMEK



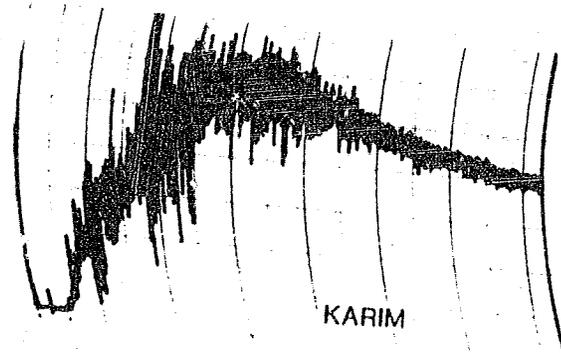
JORI



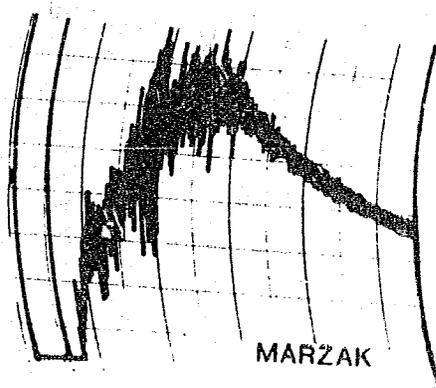
COCORIT



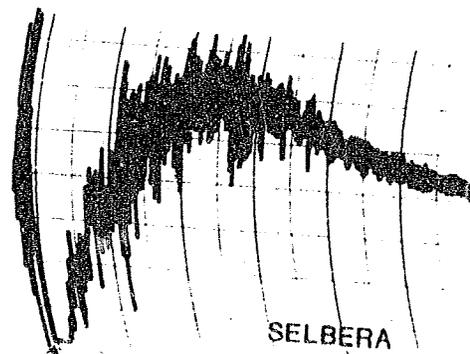
ACSAD 65



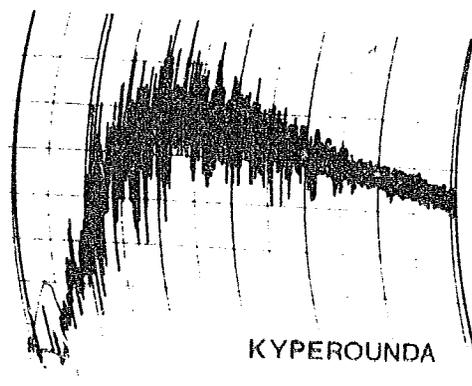
KARIM



MARZAK



SELBERA



KYPEROUNDA

Figure 2. Mixogrammes des différentes variétés de blé dur

Tableau II. Résultats des tests au farinographe et au mixographe

Variétés	Test au farinographe						Test au mixographe				
	TDF (min)	ITP (UB)	AFF (U.B.)	SCF (min)	Appréciation globale Q.B.(*)	Q.P.(1)	TDM (min)	Hauteur du pic(min)	Hauteur du pic (%)	Appréciation générale Q.B.(**)	Q.P.(2)
2777	2,0	80	100	1,13	f	M	2,1	67	58,9	f	M
Cocorit	2,5	60	80	1,35	f	M	2,0	69	59,6	f	M
Marzak	5,0	17	30	11,77	AF	F	4,5	54	47,4	M	F
Jori	2,0	35	55	1,57	f	M	3,2	57	50,0	f	M
Acsad 65	3,0	20	30	7,13	M	F	4,0	57	50,0	M	F
Karim	2,0	50	65	1,40	f	M	2,9	63	55,3	f	M
2909	4,5	20	35	11,25	M	M a F	3,6	87	76,3	M	M à F
272	2,0	50	65	1,30	f	M	2,3	69	60,5	f	M
1658	1,5	80	100	0,39	f	f	2,0	74	64,9	f	f

TDF: Temps de développement au farinographe; ITP: Indice de tolérance au pétrissage; AFF: Affaiblissement de la pâte; SCF: Score au farinographe; TDM: Temps de développement au mixographe; Q.B.: Qualité boulangère; Q.P.: Qualité pastière; F: Forte; AF: Assez forte; M: Moyenne; f: Faible.

(*): d'après PRESTON & KILBORN (54) et D'APPOLONIA (55); (**): d'après WILLIAMS *et al.* (23). 1,2: d'après FINNEY *et al.* (8)

Tableau III. Corrélations significatives enregistrées entre les différents critères de qualité

Paramètres corrélés	r	r ² (*)	Degré de signification aux risques:		
			10% (1)	5% (2)	1% (3)
ITP/TDF	-0,77	0,59	S	S	S
AFF/IDF	-0,77	0,59	S	S	S
AFF/ITP	0,99	0,99	S	S	S
SCF/AFF	-0,82	0,67	S	S	S
TDM/TDF	0,80	0,64	S	S	S
TDM/ITP	-0,92	0,85	S	S	S
TDM/AFF	-0,93	0,86	S	S	S
TDM/SCF	0,86	0,74	S	S	S
HPM/TPR	0,66	0,44	S	S	NS
HPM/INC	-0,59	0,35	S	NS	NS
B45/TPR	0,64	0,41	S	NS	NS
B42/TPR	-0,64	0,41	S	NS	NS
PM/TDF	0,60	0,36	S	NS	NS
PM/ITP	-0,63	0,40	S	NS	NS
PM/AFF	-0,65	0,42	S	NS	NS
PM/SCF	0,63	0,40	S	NS	NS
PM/TDM	0,75	0,56	S	S	NS
PM4/TDF	0,59	0,35	S	NS	NS
PM4/ITP	-0,63	0,40	S	NS	NS
PM4/AFF	-0,66	0,44	S	S	NS
PM4/SCF	0,65	0,42	S	NS	NS
PM4/TDM	0,79	0,62	S	S	S
PM4/HP1	-0,60	0,36	S	NS	NS

r: coefficient de corrélation; r²: coefficient de détermination.

(1): r > 0,56; (2): r > 0,66; (3): r > 0,76; S: significatif; NS: non significatif; ITP: Indice de tolérance au pétrissage; TDF: Temps de développement au farinographe; AFF: Affaiblissement au farinographe; SCF: Score au farinographe; TDM: Temps de développement au mixographe; HPM: Hauteur maximale des mixogrammes; TPR: Taux de protéines résiduelles; INC: Indice de cuisson; B45: Présence de la bande gliadine gamma-45; B42: Présence de la bande gliadine gamma-42; PM: Poids moléculaires des sous-unités gluténines; PM4: Poids moléculaire 110.1 kilodaltons.

(*): r² x 100 = pourcentage de variabilité d'un des facteurs expliqué par l'autre.

travaux sur plusieurs variétés, les lieux de culture et années de récolte sont nécessaires avant de confirmer l'existence de telle ou telle corrélation.

Notons que l'indice de cuisson n'a été corrélé qu'avec la consistance maximale relevée des mixogrammes. Cette corrélation est négative indiquant que les hautes ténacités du gluten ne vont pas nécessairement de paire avec un bon comportement à la cuisson des pâtes alimentaires. En effet, les tests rhéologiques renseignent plus sur le comportement des semoules lors du pétrissage et extrusion que sur le comportement des pâtes à la cuisson (61).

• Électrophorogrammes des sous-unités gluténines à haut poids moléculaire (SGHPM)

L'examen de la région des SGHPM par SDS-PAGE ("Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis") montre que les 9 variétés de blé dur analysées possèdent chacune une seule bande bien intense et facilement repérable. Les autres bandes, faiblement visibles, n'ont pas été prises en considération (figure 3). La caractérisation de ces bandes gluténines est faite via leur poids moléculaire selon NG et BUSHUK (38). Sur l'ensemble des neuf variétés testées, seulement 4 bandes différentes ont été identifiées (tableau IV). Les poids moléculaires ont été exprimés au dixième du kilodalton (kd), selon NG et BUSHUK (38;51). Toutes ces bandes possèdent des poids moléculaires nettement supérieurs aux limites inférieures de la région des SGHPM rapportées par NG et BUSHUK (38), GALILI et FELDMAN (62), KASARDA *et al.* (63), JOUDRIER *et al.* (64) et BRANLARD et LE BLANC (65).

On remarque que Marzak (E 12) et Acsad 65 ont des sous-unités gluténines de poids moléculaires similaires (PM4 = 110,1 kd). Il en est de même de 2909, Karim et Zeramek dont les SGHPM ont un poids moléculaire de PM2 = 99,8 kd. Les SGHPM de Selbera et Kyperounda ont un poids moléculaire de PM1 = 96,7 kd. La variété Cocorit possède une bande gluténine dont le poids moléculaire est de PM3 = 103,0 kd. La figure 3 ne comporte pas la variété Jori. Selon BOUJNAH (66), le

diagramme électrophorétique de ses SGHPM est similaire à celui de Zeramek et Oued Zenati (2909). Aussi avons-nous attribué à cette variété la bande 99,8 kd. Selon la numérotation de PAYNE *et al.* (67;68) et en utilisant l'ordre croissant des mobilités des gluténines à haut poids moléculaire rapporté par BRANLARD et LE BLANC (65) ainsi que la correspondance entre cette numérotation et celle de NG et BUSHUK (51), nous avons constaté que seules les bandes numérotées par PAYNE *et al.* (67;68) et PAYNE & LAWRENCE (69): 21, 22, 8, 9, 17, 18, 10 et 12 pourraient nous intéresser dans cette étude.

Cependant, les bandes 10 et 12 doivent être écartées car elles sont codées par le génôme D qui n'existe pas dans les blés durs. La correspondance entre ces numéros et les poids moléculaires des SGHPM est un travail ardu nécessitant l'utilisation de plusieurs témoins. Nous avons donc opté, dans les discussions sur la caractérisation des SGHPM et leur relation avec la qualité, pour l'usage de la méthode de NG et BUSHUK (38) qui ont utilisé uniquement les poids moléculaires pour caractériser les sous-unités gluténines à haut poids moléculaire.

Tableau IV. Caractérisation de certaines sous-unités protéiques des variétés de blé dur (*)

Variétés	Gliadines		Sous-unités gluténines à haut poids moléculaires (SGHPM)				Gluténines à faible poids moléculaire (LMWG)	
	T-45	T-42	96,7kd (PM1)	99,8kd (PM2)	103,0kd (PM3)	110,1kd (PM4)	LMWG-1	LMWG-2
2777	-	+	+	-	-	-	-	+
Cocorit	+	-	-	-	+	-	-	+
Marzak	+	-	-	-	-	+	-	+
Jori	-	+	-	+	-	-	+	-
Acsad 65	+	-	-	-	-	+	-	+
Karim	-	+	-	+	-	-	+	-
2909	+	-	-	+	-	-	-	+
272	+	-	+	-	-	-	-	+
1658	+	-	-	+	-	-	-	+

* Les gluténines sont caractérisées par leur poids moléculaire alors que les gliadines le sont par leurs mobilités relatives
+ Présence ; - Absence.

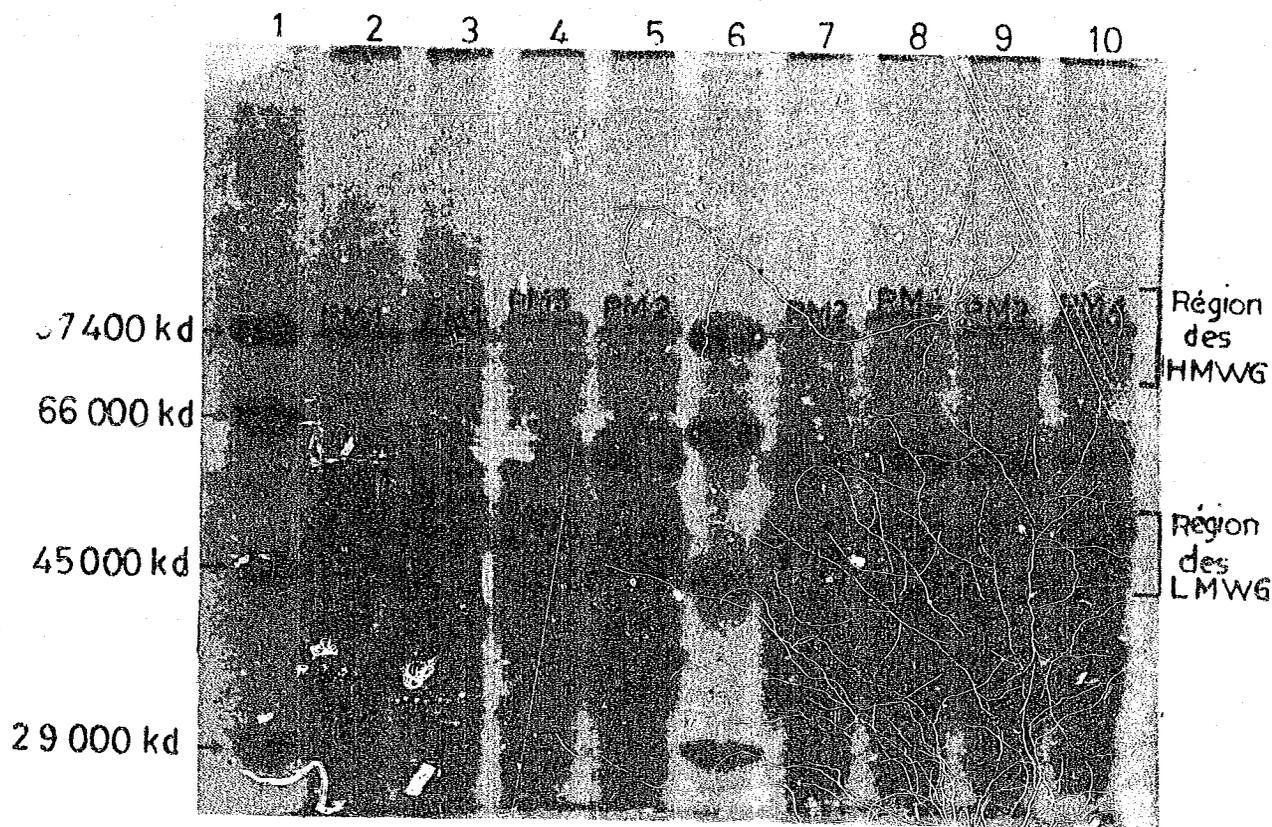


Figure 3. Profils électrophorétiques (PAGE) des gliadines des variétés de blé dur

1)- Falcon (Standard, B.50); 2,3)- Pinyte (Standard, B.50); 4)- Bidi (Standard, B.45); 5)- 2777; 6)- 2909; 7)- Acsad 65; 8)- Cocorit; 9)- 272; 10)- Jori; 11) 1658; 12)- Marzak; 13)- Karim; 14)- Belbachir (Standard, B.45); 15)- Mexicali (Standard, B.45)

• **Électrophorégrammes des prolamines du blé (gliadines) et des gluténines à faible poids moléculaire**

Les gliadines ont été analysées par la technique A-PAGE ("Acid Polyacrylamide Gel Electrophoresis") dans le but d'identifier les variétés possédant ou non les bandes gliadines dénommées gamma-gliadines 42 et 45. Ces deux bandes sont les principales gliadines dont la présence ou l'absence sont liées à la valeur pastière des blés durs. Les valeurs numériques 42 et 45 représentent les mobilités relatives des bandes protéiques déterminées selon la méthode de WRIGLEY *et al.* (70). Les résultats trouvés sont dressés au tableau IV et à la figure 4. Les variétés Jori, Karim et 2777 sont du type 42 alors que les autres variétés sont toutes du type 45. La bande 42 de Kyperounda (2777) est sujette à controverse puisque plusieurs autres études (66;50) ont montré que cette variété est du type 45.

Concernant les sous-unités gluténines de faible poids moléculaire nommées "LMW-1" et "LMW-2" (35;36), nous avons constaté (figure 3) que toutes les variétés possédant la bande gliadine gamma-42 possèdent le groupe de gluténines LMW-1 alors que toutes celles possédant la gamma-gliadine 45 contiennent dans leurs électrophorégrammes le groupe de gluténines LMW-2.

• **Corrélations entre les données électrophorétiques des gliadines et gluténines à faible poids moléculaire avec la qualité des blés**

Les variétés Jori, Karim et 2777 sont du type 42 (gluténines à faible poids moléculaire type "LMWG-1") alors que les autres variétés sont toutes du type 45 (type "LMWG"-2). La coexistence de ces bandes (cas possible mais anormal) n'a pas été enregistré dans aucune de nos variétés analysées. Certains auteurs rapportent que la visco-élasticité du gluten est corrélée négativement avec la présence de la bande 42 et positivement avec la présence de la bande 45 (11;17;32). Les indices de cuisson déterminés dans cette étude sont calculés sur la base des visco-élasticités absolues des glutes des différents cultivars. Les résultats obtenus (tableau III) montrent qu'il n'y a pas de corrélation significative entre les indices de cuisson et l'absence ou la présence des gamma-gliadines 45 et 42.

Concernant l'association des bandes gliadines 42 et 45 avec les données farinographiques, mixographiques et le test au SDS, nous n'avons pas pu déceler de relation digne d'être mentionnée. La corrélation positive et significative ($r = 0.64$) entre la présence de la bande 45 et le taux des protéines résiduelles suggère que cette bande est quelque peu reliée à la force du gluten.

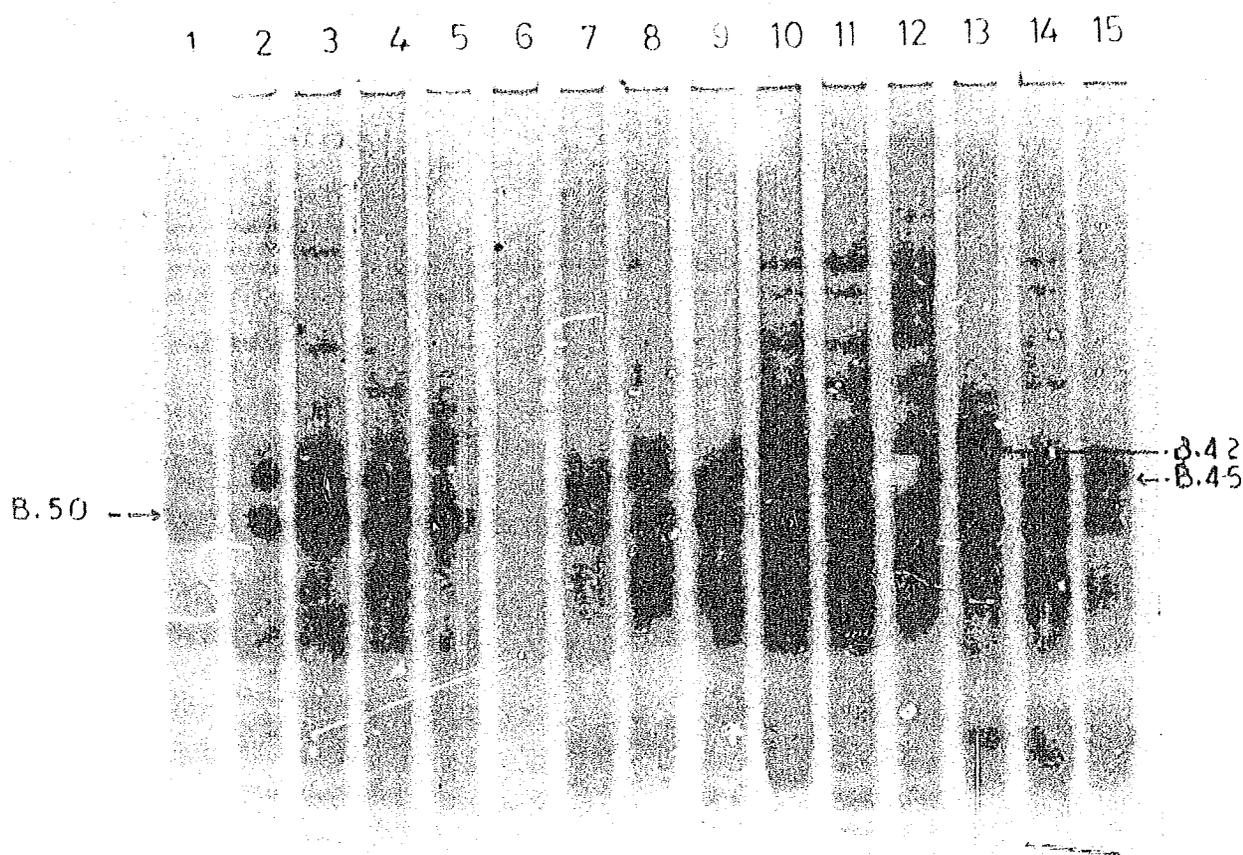


Figure 4. Profils électrophorétiques (SDS-PAGE) des gluténines des variétés de blé dur

1, 6)- Standards de poids moléculaire; 2)- 2777; 3) 272; 4)- Cocorit; 5)- Karim; 7)- Zeraïnek; 8)- Marzak; 9)- 2900; 10)- Acsad 65

En définitive, nous n'avons pas démontré d'une manière claire et sans équivoque l'existence d'une relation évidente entre les bandes protéiques 42 et 45 et la force du gluten des blés durs analysés. D'autres travaux sur plusieurs variétés et lieux de culture sont nécessaires avant de se prononcer définitivement sur l'existence ou non d'une telle relation.

• Cas des gluténines à haut poids moléculaire

Le polymorphisme génétique des sous-unités gluténines à haut poids moléculaire (SGHPM) des blés durs a été clairement démontré par BRANLARD et LE BLANC (65). Une à deux bandes caractéristiques par cultivar sont généralement recensées. Le nombre et les types de bandes SGHPM chez les blés durs sont moins importants que ceux des blés tendres qui contiennent un génome supplémentaire leur permettant de synthétiser davantage de sous-unités gluténines et d'avoir un polymorphisme génétique plus élevé.

L'étude des corrélations entre les bandes SGHPM et les paramètres de qualité des blés tendres est extensivement documentée (71). Par contre, dans le cas des blés durs, les chercheurs se sont penchés plus sur les gamma-gliadines 42 et 45 et les LMWG-1 et -2 précédemment décrites. Dans cette étude nous avons tenté de relier les sous-unités gluténines à la force du gluten du blé dur. Dans un premier cas, et comme toutes les variétés possèdent une seule bande principale, nous avons considéré les poids moléculaires (PM) des SGHPM comme une détermination quelconque et ils ont été corrélés aux paramètres de qualité. Les résultats dressés au tableau IV montrent l'existence de corrélations positives et significatives entre le PM et les paramètres traduisant la force du gluten des blés (score au farinographe et temps de développement au farinographe et au mixographe) et de corrélations négatives et significatives entre le PM et les paramètres indicateurs de la faiblesse du gluten (indice de tolérance au pétrissage et affaissement de la consistance de la pâte). Par conséquent, plus le PM des SGHPM est élevé meilleure sera la force du gluten.

Dans un deuxième cas et comme 3 bandes sur 4 (PM1, PM2 et PM4) existent dans plus d'une variété, nous avons utilisé le système de variables binaires 1 et 0 pour indiquer respectivement la présence et l'absence des bandes et nous avons déterminé les corrélations entre ces bandes et les critères de qualité. Par cette méthode, seule la bande ayant le poids moléculaire le plus élevé (PM4 = 110,1 kd) est corrélée à plusieurs critères de qualité. Le PM4 est positivement corrélé au score au farinographe et aux temps de développement au farinographe et au mixographe. Il est, par contre, négativement corrélé à l'affaissement de la consistance de la pâte et son indice de

tolérance au pétrissage. Ceci coïncide bien avec les corrélations enregistrées avec le PM sauf que PM4 est négativement corrélé à la hauteur des mixogrammes (HPM) qui est un critère traduisant plus la force et la tenacité de la pâte.

En conclusion, les variétés ayant des sous-unités gluténines à très haut poids moléculaire ont plus de chance d'avoir des glutes forts convenant mieux à la fabrication des pâtes alimentaires et du pain. En effet, les deux variétés possédant PM4 (110,1 kd) ont été reconnues auparavant (tableau II) comme étant de bonne valeur boulangère et pastière. Nos résultats ne semblent ni confirmer ceux de DUCROS *et al.* (14) indiquant que la plupart des sous-unités gluténines ne semblent pas avoir des effets considérables sur la qualité, ni ce qui était rapporté par DICK & MATSUO (54). Certaines sous-unités HMWG, bien que mal corrélées avec la visco-élasticité du gluten, semblent améliorer la force du gluten des cultivars type 42 supposés avoir une faible qualité.

CONCLUSION

Nous pouvons conclure que nos variétés de blé dur ont des taux de protéines élevés et des volumes de sédimentation au SDS, des indices de cuisson et des taux de protéines résiduelles satisfaisants et indicateurs de gluten de qualité moyenne à forte. Les tests rhéologiques ont montré que toutes les variétés, à l'exception de Zeramek, sont jugées être de bonne qualité pastière. Par contre, pour la qualité boulangère seules les variétés Ascad 65, Marzak et Oued Zenati ont donné satisfaction. Ces trois variétés sont également celles supposées avoir la meilleure qualité pastière.

Aucune relation importante entre les tests rhéologiques d'une part et le taux des protéines, le volume de sédimentation au SDS, les protéines résiduelles et l'indice de cuisson d'autre part, n'a été enregistrée.

L'examen des diagrammes électrophorétiques des gliadines a permis de subdiviser les cultivars en ceux possédant la gamma-gliadine 42 (Jori, Karim et 2777) et ceux renfermant la gamma-gliadine 45 (les six autres). La bande gliadine 42 est associée aux gluténines "LMWG-1" tandis que la bande gliadine 45 l'est aux "LMWG-2".

Le profil SDS-PAGE des gluténines à haut poids moléculaire montre que les neuf variétés de blé dur renferment quatre sous-unités gluténines différentes caractérisées par les poids moléculaires suivants : 110,1 kd (Marzak (Σ12) et Ascad 65), 99,8 kd (2909, Karim, Zeramek et Jori), 103,0 kd (Cocorit) et 96,7 kd (Selbera et Kyperounda).

L'association des bandes 42 et 45 à la qualité des blés durs n'a pas été clairement établie. Par contre, pour les gluténines, il s'avère que plus le poids moléculaire de la sous-unité (caractérisant un blé dur donné) est élevé meilleures seront les propriétés rhéologiques traduisant la force du gluten. Presque 40% ($r^2 \times 100$) de variabilité des paramètres corrélés aux données électrophorétiques sont expliqués par la variation des mesures caractérisant les bandes protéiques (gliadines ou gluténines).

Néanmoins d'autres travaux sur un nombre plus élevé de variétés et sur plusieurs lieux de culture et années de récolte sont nécessaires pour mieux évaluer la valeur technologique des blés et les corrélations entre les critères de qualité et les données électrophorétiques des protéines de réserve.

RÉFÉRENCES

- (1) FEILLET P. (1979)
Évaluation de la qualité culinaire intrinsèque des variétés de blés durs (*Triticum Durum*) par examen des électrophorégrammes des gliadines et par mesure des propriétés visco-élastiques du gluten
P. 77-92, *In*: Compte rendu du symposium I.C.C. Matières premières et pâtes alimentaires. 30-31 mai, Rome
- (2) FEILLET P. (1980)
Wheat proteins. Evaluation and measurements of wheat quality
P. 183-200 *In*: Cereals for Foods and Beverages: Recent Progress in Cereal Chemistry. G.E. Inglett and L. Munck (Eds.), Academic Press, New York
- (3) AUTRAN J.-C. (1981)
Sélection et qualité du blé dur
Cultivar, 145: 23-25
- (4) DEXTER J.E., & R.R. MATSUO (1977)
The spaghetti quality of developing durum wheats
Can. J. Plant Sci. 57(1): 7-16
- (5) MATSUO R.R., J.E. DEXTER, F.G. KOSMOLAK & D. LEISLE (1982)
Statistical evaluation of tests for assessing spaghetti-making quality of durum wheat
Cereal Chem., 59(3): 222-228
- (6) FINNEY K.F., W.T. YAMAZAKI, V.L. YOUNGS & G.L. RUBENTHALER (1987)
Quality of Hard, Soft and Durum wheats. *In*: Wheat and wheat improvement. E.G. Heyne (Ed.). 2nd edition, p.: 677-748. Published by the American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc. and Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, U.S.A.
- (7) MATSUO R.R. & G.N. IRVINE (1975)
Rheology of durum wheat products
Cereal Chem., 52(3): 131-135
- (8) IRVINE G.N., J.W. BRADLEY & G.C. MARTIN (1961)
Farinograph technique for macaroni doughs
Cereal Chem. 39(3): 153-164
- (9) MATSUO R.R. & G.N. IRVINE (1970)
Effect of gluten on the cooking quality of spaghetti
Cereal Chem. 47: 173-180
- (10) DEXTER J.E. & R.R. MATSUO (1980)
Relationship between durum wheat protein properties and pasta dough rheology and spaghetti cooking quality
J. Agric. Food Chem. 28(5): 899-902
- (11) KOSMOLAK F.G., J.E. DEXTER, R.R. MATSUO, D. LEISLE & B.A. MARCHYLO (1980)
Relationship between durum wheat quality and gliadin electrophoregrams
Can. J. Plant. Sci., 60: 427-432
- (12) DEXTER J.E., R.R. MATSUO, F.G. KOSMOLAK, D. LEISLE & B.A. MARCHYLO (1980)
The suitability of the SDS-sedimentation test for assessing gluten strength in durum wheat
Can. J. Plant Sci., 60: 25-29
- (13) WYLAND A.R. & B.L. D'APPOLONIA (1982)
Influence of drying temperature and farina blending on spaghetti quality
Cereal Chem. 59(3): 199-201
- (14) DUCROS D.L., C.W. WRIGLEY & R.A. HARE (1982)
Prediction of durum wheat quality from gliadin-protein composition
Aust. J. Agric. Res. 33: 429-442
- (15) AUTRAN J.-C., J. ABECASSIS & P. FEILLET (1986)
Statistical evaluation of biochemical and technological tests of durum wheat quality assessment inbreeding
Cereal Chem., 63(5): 390-394
- (16) MONNEVEUX P., J.-C. MERLE & J.F. BLANC (1984)
Amélioration de la qualité pastière du blé dur (*Triticum durum* Desf.) étude des relations entre les diagrammes électrophorétiques des gliadines et certaines caractéristiques technologiques
Agronomie, 4(1): 1-10
- (17) AUTRAN J.-C., M.F. JEANJEAN & E. KOBREHEL (1981)
Les activités du laboratoire de technologie des céréales de Montpellier en matière de développement de tests biochimiques d'appréciation de la qualité technologique des céréales en sélection
4ème Symposium Franco-Soviétique: "Biochimie et Génétique des protéines du blé". 10-12 Fév. 1981, Clermont-Ferrand, France

- (18) DAMIDAUX R., J.-C. AUTRAN & P. FEILLET (1980)
Gliadin electrophoregrams and measurements of gluten visco-elasticity in durum wheats
Research, 25(12): 754-756
- (19) FEILLET P., O. AIT-MOUH, K. KOBREHEL & J.-C. AUTRAN (1989)
The role of low molecular-weight glutenins in the determination of cooking quality of pasta products : An overview. *Cereal Chem.* 66(1): 26-30
- (20) DAMIDAUX R. & P. FEILLET (1978)
Relation entre les propriétés visco-élastiques du gluten cuit, la teneur en protéines et la qualité culinaire des blés durs
Ann. Technol. Agric., 28: 799-808
- (21) WALLE M. & E. TRENTESAUX (1980)
Contribution à l'étude d'une méthode pratique d'appréciation de l'aptitude des blés durs et des semoules de blé dur à la pastification au moyen de l'Alvéographe Chopin
Ind. Céréales n° 2 (mars-Avr): 17-19
- (22) AXFORD D.W.E., E.E. McDERMOTT & D.G. REDMAN (1978)
Small-scale tests of bread-making quality
Mill. Feed Fert. 16(5):18-20
- (23) WILLIAMS P.C., F.J. EL HARAMEIN, H. NAKKOUL & S. RIHAWI (1988)
Crop quality evaluation, methods and guidelines
International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, (ICARDA), Aleppo, Syria
- (24) ORTH R.A. & L. O'BRIEN (1976)
New biochemical test of dough strength of wheat flour
J. Aust. Inst. Agric. Sci. 42 (June): 122-123
- (25) MATVEEF M. (1966)
Influence du gluten des blés durs sur la valeur des pâtes alimentaires
Bull. ENSMIC, 213: 133-138
- (26) FEILLET P., J. ABECASSIS & R. ALARY (1977)
The visco-elastograph: its use in the evaluation of the cooking value of durum wheat (abst.)
Cereal Foods World 22: 482
- (27) FEILLET P. (1984)
The biochemical basis of pasta cooking quality. Its consequences for durum wheat breeders
Sciences des Aliments, 4: 551-566
- (28) WALSH D.E. & K.A. GILLES (1971)
The influence of protein composition on spaghetti quality
Cereal Chem. 49: 544-554
- (29) MATSUO R.R., J.W. BRADLEY & G.N. IRVINE (1972)
Effect of Protein content on the cooking quality of spaghetti
Cereal Chem. 49: 706-710
- (30) BUSHUK W. (1986)
Wheat: chemistry and uses
Cereal Foods World, 31, (3): 218-226
- (31) LASZTITY R. (1984)
The chemistry of cereal proteins
CRS Press, Inc., Boca Raton, Florida, U.S.A.
- (32) DAMIDAUX R. (1979)
Nouveaux critères de sélection pour l'amélioration de la qualité culinaire du blé dur
Thèse de Docteur-Ingénieur ès Sciences Alimentaires, Académie de Montpellier, France
- (33) BUSHUK W. & R.R. ZILLMAN (1978)
Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. Apparatus, method and nomenclature
Can. J. Plant Sci., 58: 505-515
- (34) DUCROS D.L. & R.A. HARE (1985)
Inheritance of gliadin proteins associated with quality in durum wheat
Crop Science 25 (July-August): 674-677
- (35) PAYNE P.J., E.A. JACKSON & L.A. HOLT (1984)
The association between gliadin 45 and gluten strength in durum wheat varieties: a direct causal effect or the result of genetic linkage
J. Cereal Sci., 2: 73-81
- (36) POGNA N., D. LAFIANDRA, P. FEILLET & J.-C. AUTRAN (1988)
Evidence for a direct causal effect of low molecular weight subunits of glutenins on gluten visco-elasticity in durum wheat (short communication)
J. Cereal Sci., 2: 73-81
- (37) ABECASSIS J., M.-F. GAUTIER & J.-C. AUTRAN (1990)
La filière blé dur-pâtes alimentaires: apports complémentaires de la technologie et de la génétique dans l'amélioration de la qualité
Indus. Ali. Agri. 107(6): 475-482
- (38) NG, K.W. & W. BUSHUK (1987)
Glutenin of marquis wheat as a reference for estimating molecular weights of gluten in subunits by sodium dodecylsulfate polyacrylamide gel electrophoresis
Cereal Chem. 64(4): 324-327
- (39) ANON (1982)
Association Française de Normalisation (A.F.NOR)
Recueil de normes françaises des céréales et produits céréaliers. 1ère Édition, A.F.NOR (Ed.), Paris, France
- (40) HOSENEY R.C. (1986)
Principles of cereal sciences and technology
First edition, Amer. Assoc. of Cereal Chem., Inc., St. Paul, MN, U.S.A.

- (41) SHUEY W.C. (1984)
Interpretation of the farinogram. *in: the farinograph handbook*. Chapter 4, p.: 31-32. B.L. D'APPOLONIA and H. KUNERTH (Eds.). Amer. Assoc. of Cereal Chem., Inc., St. Paul, MN, U.S.A.
- (42) BLOKSMA A.H. & W. BUSHUK (1988)
Rheology and chemistry of dough. *In: Wheat Chemistry and Technology*. Chapter 4, p.: 131-217. Y. POMERANZ (Ed.), 3rd edition. Vol. III. Amer. Assoc. of Cereal Chem., Inc., St. Paul, MN, U.S.A.
- (43) ANON. (1984)
Approved methods of the American Association of Cereal Chemists.
8th edition, Amer. Assoc. Cereal Chem., Inc., St. Paul MN, U.S.A.
- (44) FINNEY K.F. & M.D. SHOGREN (1972)
Ten gram mixograph for determining and predicting functional properties of wheat flours
Bakers Digest. 46(2): 32-35, 38-42, 77
- (45) ALARY R. M., M. CHAURAND, D. COMBE & O. GARCON-MARCHAND (1985)
Caractéristiques technologiques des variétés de blé dur examinées en 1984. I.N.R.A. France, Brochure, 46 p.
- (46) BAKHELLA M., G.L. LOOKHART & R.C. HOSENEY (1991)
Identification of Moroccan common wheats by reversed-phase high performance liquid chromatography and Electrophoretic Procedures
Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc), 11(2): 5-20
- (47) LOOKHART G.L., L.D. ALBERS & J.A. BIETZ (1986)
Comparison of polyacrylamide gel electrophoresis and high performance liquid chromatography analysis of gliadin polymorphism in the wheat cultivar Newton
Cereal Chem. 63: 497-500
- (48) LOOKHART G.L., B.L. JONES, S.B. HALL & K.F. FINNEY (1982)
An improved method for standardizing polyacrylamide gel electrophoresis of wheat gliadin proteins
Cereal Chem. 59: 179-181
- (49) LAEMML. U.K. (1970)
Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of Bacteriophage T4
Nature, 227 (August): 680-685
- (50) BAKHELLA M. (1988)
Identification and classification of Moroccan wheats
A doctoral dissertation. Department of grain science. Kansas State University, Manhattan, KS, U.S.A.
- (51) NG. K.W. & W. BUSHUK (1988)
Statistical relationships between high molecular weight subunits of glutenin and bread-making quality of canadian-grown wheats
Cereal Chem., 65(5): 408-413
- (52) SNEDECOR G.W. & W.G. COCHRAN (1980)
Statistical methods
7th. edition, the IOWA State University Press, Ames, Iowa, U.S.A.
- (53) DRAPER N.R. & H. SMITH (1981)
Applied regression analysis
Second edition, Published by John Wiley and Sons, Inc., New York, U.S.A.
- (54) DICK J.W. & R.R. MATSUO (1988)
Durum wheats and pasta products
P. 507-547, *In: Wheat: Chemistry and Technology*. Vol. II, 3rd. edition. Y. POMERANZ (Ed.). Amer. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, U.S.A.
- (55) IRVINE G.N. (1971)
Durum wheat and pasta products
P. 777-796, *In: Wheat: Chemistry and technology*. 2nd edition. Y. POMERANZ (Ed.). Amer. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, U.S.A.
- (56) FORTINI S. (1988)
Some specific aspects of durum wheat and pasta cooking quality evaluation in Europe
P. 229-235, *In: Durum Wheat: Chemistry and Technology*. G. FABRIANI & C. LINTAS (Eds.). Amer. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, U.S.A.
- (57) FEILLET P. (1988)
Protein and enzyme composition of durum wheat
P. 93-139 *in: Durum wheat: chemistry and Technology*. G. FABRIANI & C. LINTAS (Eds.). Amer. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, U.S.A.
- (58) QUAGLIA G.B. (1988)
Other durum wheat products
P. 263-282, *in: Durum Wheat: Chemistry and Technology*. G. FABRIANI & C. LINTAS (Eds.). Amer. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, U.S.A.
- (59) PRESTON K.R., & R.H. KILBORNE (1984)
Dough rheology and the farinograph. *In: The Farinograph Handbook*. Chapter 7, p.: 39-42, B.L. D'APPOLONIA & W.H. KUNERTH (Eds.). 3rd edition. Amer. Assoc. of Cereal Chem., St. Paul, MN, U.S.A.
- (60) D'APPOLONIA B.L. (1984)
Types of farinograph curves and factors affecting them.
In: The Farinograph Handbook. B.L. D'APPOLONIA & W.H. KUNERTH (Eds.). 3rd edition, Amer. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, U.S.A.
- (61) CUBADDA R. (1988)
Evaluation of durum wheat semolina and pasta in Europe
P. 217-228, *In: Durum wheat: Chemistry and Technology*. G. FABRIANI & C. LINTAS (Eds.). Amer. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, U.S.A.

- (62) GALILI G. & M. FELDMAN (1985)
Structural homology of endosperm high molecular-weight glutenin subunits of common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.*, 70: 634-642
- (63) KASARDA D.D., N.K. FULRATH & K. THRASHER (1986)
Sodium-dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis patterns of wheat grain proteins from selected wheat varieties and FGIS Market class samples: a survey of samples from the hardness series.
Report to the NIR/Hardness study group, June 15, 1986, Western Regional Research Center, USDA, Albany, California, USA
- (64) JOUDRIER P., J.-C. AUTRAN & M.-F. GAUTHIER (1987)
Pourquoi cloner les gènes des protéines de réserve du blé *Biofutur*, n° 60: 46-54
- (65) BRANLARD, G., & A. LE BLANC (1985)
Les sous-unités gluténines de haut poids moléculaire des blés tendres et des blés durs cultivés en France
Agronomie 5(6): 467-477
- (66) BOUJNAH, M. (1991)
Corrélations entre les diagrammes électrophorétiques et les paramètres de qualité des blés marocains
Thèse de 3ème cycle Agronomie, option: Industries Agricoles et Alimentaires, Département de Technologie Alimentaire, I.A.V. Hassan II, B.P. 6202 -Instituts, Rabat, Maroc
- (67) PAYNE P.I., P.A. HARRIS, C.N. LAW, M.H. LINDA & J.A. BLACKMAN (1980)
The high molecular weight subunits of glutenin structure, genetics and relation to bread-making quality
Ann. Technol. Agric., 29(2): 309-320
- (68) PAYNE P.I., K.G. CORFIELD, L.M. HOLT & J.A. BLACKMAN (1981)
Correlations between the inheritance of certain HMW subunits of glutenin and bread-making quality in progenies of six crosses of bread wheat
J. Sci. Food Agric., 32: 51-60
- (69) PAYNE P.I. & G.J. LAWRENCE (1983)
Catalogue of alleles for the complex loci, Glu-A1, Glu-B1, Glu-D1 which code for HMW subunits of glutenin in hexaploid wheat
Cereal Res. Comm., 11(1): 29-33
- (70) WRIGLEY C.W., J.-C. AUTRAN & W. BUSHUK (1982)
Identification of cereal varieties by gel electrophoresis of the grain proteins. *In Advances in Cereal Science and Technology*, Vol. V, pp. 211-259, Y. POMERANZ (Ed.), Amer. Assoc. of Cereal Chem. St. Paul, Minnesota, U.S.A.
- (71) POMERANZ Y. (1988)
Composition and functionality of wheat flour components: P. 219-370, *in: Wheat: Chemistry and Technology*. Vol. II, 3rd. edition. Y. POMERANZ (Ed.). Amer. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, U.S.A.

BORDEREAU D'ENTREE DES DONNEES

AGRIS Formulaire 1 (Rev. 5) F



001	C Y	ANNEE	NUMERO DE SERIE	002	1/1	003	REVISION	RETRAIT	004	NOUVEAU	SUBSTITUE	SUPRIME	005																		
	HA93		039				R	W		Z	C	D																			
	TRN			Numero de bordereau	Nombre total de bordereaux	Modification de données entrées	Statut de l'enregistrement			RN du document affecté																					
006	TRADUCT. GENEAL.	007		RN ou TRN de relation			TYPE BIBLIOGRAPHIQUE				NIVEAU BIBLIOGR.				INDICATEUR BIBLIOGRAPHIQUE																
	T /						MONOGRAPH.	NORME	DESSIN	FILM	CARTE OU ATLAS	ENREGISTR. SONORE	CART. PUBL. SERIE	BREVET	RAPPORT	SUPPORT INFORMATIQ.	ANALYTIQUE	MONOGRAPH.	PUBL. EN SERIE	COLLECTIF	RELUNION	DICTIONNAIRE	NUMERES	THESES OU DISSERTATION	LEGISLATION	BIBLIOGRAPH.	CARTE (S) INCLUSE (S)	RESUME	NON CONVENTION. CENTRE BIBLIOTH.		
				CODE PAYS (ENTREE REGIONALE)			B	C	D	F	G	H	J	P	R	T		A	M	S	C	K	L	N	U	W	X	Y	Z	V	R
008	002						TYPE BIBLIOGRAPHIQUE				NIVEAU BIBLIOGR.				INDICATEUR BIBLIOGRAPHIQUE																
	(PRINCIPALE)	(SECONDAIRES)																													
	CATEGORIES MATIERES																														

1 009 **A** Utiliser un bordereau pour chaque niveau bibliographique A, M ou C, cerclé en 008, en partant du niveau le plus spécifique (c'est-à-dire la gauche) et reporter le code correspondant en 009. Pour le niveau bibliographique S, utiliser la section 2 du bordereau. Pour les descripteurs AGROVOC, les termes d'indexation du vocabulaire local et les résumés utiliser les sections 3 à 5 au verso.

Auteur (s) / Personne physique (Affiliation (s))	100	Bakkhella, M. (Institut Agronomique et Veterinaire Hassan 2, Rabat (Maroc). Dept de Technologie Alimentaire); Akil, M.; Baba, M.; Ouassou, A.
Collectivité(s) auteur(s)	110	
Titre universitaire	111	
Titre anglais	200	[The parts and bread-making quality of nine (9) Moroccan durum wheat cultivars]
	201	
Réunion	210	Nom
	211	Lien
	213	Date
Titre original (Translit.)	230	Etude de la qualité boulangère et pastière des neuf principales variétés marocaines de blé dur
	231	
Edition (N°)	250	
No. Rapport/brevet	300	
Nos. secondaires	310	
ISBN/IPC	320	
Adresse bibliographique	401	Lieu de publication
	402	Editeur
	403	Date de publication
Collation	500	
Langue (s) du texte	600	(Fr) Resumes (Ar, En, Fr)
Notes	610	4 tableaux. 4 figs. 71 ref.

2 009 **S**

Titre de publication en série	230	Actes de l'Institut Agronomique et Veterinaire Hassan 2 (Maroc)
	231	
ISSN	320	ISSN 0854-0466
Date de publication	403	(1992)
Collation	500	v. 12(3) p. 23-39
Notes	610	

FIN

النهاية

19

مشاهد

VUES