

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المعهد الوطني للعلوم الفلاحيّة  
INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

Thèse

En Vue de l'Obtention du Doctorat d'Etat  
en Sciences Agronomiques.

Par

SADOUKI HOCINE

Contribution à une meilleure compréhension des bases  
biochimiques de la qualité boulangère des blés tendres  
en vue de l'amélioration des variétés algériennes.

Soutenue Le 20 décembre 2005 devant le jury composé de :

Président : Mr BELLAL M. Mouloud (Professeur)  
Rapporteur : Mr AZZOUT Belkacem (Professeur)  
Co-Rapporteur : Mr KHELIFI Douadi (Professeur)  
Examineurs : Mr GUEZLANE Louardi (Professeur)  
Mme MEKLICHE Leila (Maître de conférence)

## Plan de la thèse

Introduction	1
Chapitre I : synthèse bibliographique	4
1.1) Notion et caractéristiques génétiques des blés tendres.	4
1.2) Notion de qualité technologique du blé tendre :	4
1.3) Test d'appréciation de la qualité boulangère.	4
A) Tests directs.	4
B) Tests indirects d'appréciation de la valeur boulangère.	5
1.4) Appréciation de la valeur boulangère en sélection.	5
1.5) Approche de la qualité boulangère par les critères biochimiques.	6
1.5.1) Classification des protéines du blé tendre.	7
1.5.1.1) Albumines, globulines et autres protéines non gluten.	8
1.5.1.1.1) Caractères biochimiques des albumines, globulines et autres protéines non gluten.	8
1.5.1.1.2) Les albumines et globulines:	8
1.5.1.1.3) Les Triticines.	8
1.5.1.1.4) Les gluténines du groupe E:	8
1.5.1.1.5) Les puroindolines :	9
1.5.1.1.6) Contrôle génétique des albumines, globulines et autres protéines non gluten.	9
1.5.1.1.7) Rôle des albumines - globulines et autre protéine non gluten en panification.	9
1.5.1.2) Les gliadines:	9
1.5.1.2.1) Contrôle génétique des gliadines:	10
1.5.1.2.2.) Polymorphisme et nomenclature des gliadines.	10
1.5.1.2.3) Polymorphisme et identification variétale.	11
1.5.1.2.4) Polymorphisme et qualité technologique.	11
1.5.1.2.5) Gliadines et rôle technologique.	11
1.5.1.3) Les gluténines:	11
1.5.1.3.1) Polymorphisme et nomenclature des sous unités de gluténines à haut poids moléculaire.	12
1.5.1.3.2.) Caractérisation génétique des gluténines HPM.	14
1.5.1.3.3) Rôle du génome D en panification.	14
1.5.1.3.4) Relation entre la composition en gluténines HPM et la qualité boulangère.	15
1.5.1.3.5) Relation entre les allèles des sous unités de gluténines et la qualité boulangère	15
1.5.1.3.6) Relations entre les sous unités de gluténines HPM et la qualité technologique	19
1.5.1.3.7) Techniques de séparations des sous unités de gluténines FPM :	21
1.5.1.3.8) Contrôle génétique des sous unités de gluténines FPM.	22
1.5.1.3.9) Rôle des sous unités de gluténines FPM dans la qualité des blés tendres.	23
1.5.1.4) Protéines de réserve et qualité technologique des blés tendres :	25
1.5.1.4.1) Rôle des gluténines ou des polymères gluténiques dans les caractéristiques technologiques	26
A) Gluténines insolubles ou gluténines agrégées ou gluténines de grandes tailles et qualité.	27
B) Gluténines agrégées et qualité boulangère.	29
a) Quantité de gluténines polymériques et qualité boulangère.	30
b) Quantité relative, distribution en taille moléculaire des gluténines et qualité boulangère.	31
c) Taille des agrégats ou des polymères gluténiques et qualité	32
d) Composition en sous unités de gluténines HPM et FPM et formation des polymères gluténines.	32
e) Sous unité de gluténines et formation des polymères.	34

f) Sous unité de gluténines FPM et formation des polymères.	35
g) Protéines polymériques et extensibilité.	36
1.5.1.5) Effet de l'environnement sur les teneurs de différentes fractions protéiques notamment celle du gluten et sur les caractéristiques technologiques de qualité.	36
1.5.1.5.1) Influence de l'environnement sur les caractéristiques technologiques.	36
1.5.1.5.2) Influence de l'environnement sur les fractions protéiques notamment sur les polymères de gluténines.	37
1.5.1.6) Approche de la qualité technologique par la chromatographie liquide haute pression en phase inverse (Reversed Phase-High Pressure Liquid Chromatography = RP- HPLC):	37
1.5.1.6.1) Relation entre les ratios de gluténines HPM/FPM et les caractéristiques de qualité.	41
1.5.1.7) Relation entre structure et fonctionnalité des gluténines.	41
A) Structures primaires des gluténines.	41
a) Sous unités de gluténines FPM.	41
1) structure primaire	41
2) Structure secondaire des sous unités FPM et conformation:	42
3) Possibilités de liaisons des sous unités de gluténines FPM:	43
b) Sous unités de gluténines HPM.	43
1) Structure des sous unité de gluténines HPM:	43
2) Structure secondaire et conformation:	44
3) Fonctionnalité des sous unité de gluténines HPM:	44
<b>CHAPITRE II : Matériel et Méthodes:</b>	46
2.1) matériel végétal.	46
2.2) Méthodes analytiques.	47
2.2.1) mouture	47
2.2.2) Analyses chimiques	47
2.2.3) Analyses Technologiques	47
2.2.3.1) Rhéologie	47
2.2.3.2) Tests de sédimentation	49
2.2.4) Analyses Biochimiques.	49
2.2.4.1) Test du résidu protéique insoluble dans l'acide acétique.	49
2.2.4.2) Fractionnement des protéines par le 50p.100 2-Propanol:	49
Extraction et analyse des protéines	
*Dosage des protéines par la méthode du Biuret.	
- Protéines solubles dans le 2-propanol à 50p.10 (0,5P2-S)	
- Protéines solubles dans le 2-propanol à 50p.10 (0,5P2-S)	
2.2.4.3) Electrophorèse	50
2.2.4.4) Fractionnement des protéines par SE-HPLC et RP-HPLC	51
2.2.4.4.1) Fractionnement des protéines par SE-HPLC	51
*Extraction des protéines solubles pour la SE-HPLC (récoltes 1998 et 1999):	51
*Extraction des protéines totales pour la SE-HPLC avec sonification (récoltes 1998 et 1999):	51
* Extraction des protéines pour la SE-HPLC (récolte 2001):	52
-Fractionnement des protéines par SE-HPLC.	
2.2.4.4.2) Fractionnement des protéines par RP-HPLC	53
* Extractions des protéines pour la RP-HPLC (récolte 2001) :	

- Fractionnement des protéines par RP-HPLC:	
2.2.4.5) Extractibilité des protéines par le SDS à 8 CMC (géotypes des récoltes 1982 et 1983).	54
2.2.5) Analyse statistique	54
<b>CHAPITRE III : Résultats et discussions.</b>	<b>55</b>
3.1) Etudes technologiques et caractérisations électrophorétiques des principaux géotypes de blés tendres Algériens provenant de plusieurs récoltes (1992 à 1997).	55
3.1.1) Caractéristiques alvéographiques :	55
3.1.2) études électrophorétiques.	55
3.1.2.1) Séparation électrophorétique des gliadines.	55
3.1.2.2) Electrophorèse des gluténines.	55
* Composition en sous unité de gluténines HPM et FPM	
* Détermination des poids moléculaires des sous unités de gluténines FPM	
3.2) Caractéristiques technologiques, chimiques et composition en sous unités de gluténines de quelques géotypes de blés tendres de la récolte 1997.	70
3.2.1) Caractéristiques technologiques et biochimiques.	70
3.2.2) Electrophorèse des gluténines.	70
3.3) Etude technologiques et biochimiques de 16 géotypes des récoltes 1998, 1999 et 2001.	73
3.3.1) Taux d'extraction et humidité des farines.	73
3.3.2) Etude technologique	73
3.3.3) Etude biochimique.	77
3.3.3.1) Fractionnement des protéines avec le 2-propanol à 50p.100: relations entre les fractions obtenues et les paramètres de qualité des blés.	77
3.3.3.2) Analyse par SE -HPLC	85
* SE -HPLC des extraits de protéines extractibles par le SDS.	
* Extraits de protéines totales sonifiées :	89
* Quantités relatives et absolues des teneurs en protéines des différentes fractions extractibles et inextractibles par le SDS des géotypes de la récolte 2001 et relations avec les paramètres technologiques.	93
* Conclusions de la partie SE-HPLC :	96
3.3.3.3) Analyse électrophorétique.	97
3.3.3.4) Analyse RP-HPLC.	103
3.4) Etude technologique et biochimique de 15 géotypes des récoltes 1982 et 1983.	112
3.4.1) Taux d'extraction et humidité des farines.	112
3.4.2) Test technologique et biochimique.	112
Conclusion générale.	117
Abstract	120
Référence bibliographique	
Annexes	
Résumés (résumé en Arabe et en Français)	

## Résumé:

Une vaste collection de blés tendres Algériens constituées d'une cinquantaine de génotypes et représentant 158 échantillons au total a été caractérisée du point de vue technologique et biochimique.

Au niveau technologique il en ressort que :

- La quasi-totalité des blés étudiés possèdent une force boulangère bonne à très bonne mais se caractérisent généralement par des gonflement G faibles et des ténacité P élevés donc des rapports P/L élevés d'où la plupart de ces génotypes ne peuvent être panifiés en l'état.

- A partir de 16 génotypes provenant de trois récoltes différentes (1998, 1999 et 2001) il a été montré que les paramètres de l'alvéographe de Chopin sont fortement influencés par l'année de culture, contrairement aux paramètres du mixographe notamment les surfaces des pics au couple maximum et à un degré moindre les temps de pétrissage, bien que des relations très étroites ont été trouvées entre les W alvéographiques et les paramètres de force du mixographe.

Au niveau électrophorétique, nous avons déterminé les meilleures techniques permettant d'optimiser la séparation des gluténines HPM, FPM et des gliadines, caractériser un grand nombre de génotypes de blés tendres Algériens du point de vue composition en gluténines et gliadines et montré que certaines sous unités de gluténines HPM étaient plus ou moins associées à un certain niveau de qualité contrairement aux sous unités de gluténines FPM pour lesquelles aucune relation significative n'a été mise en évidence. De plus il a été montré que les gels à 17p.100 en polyacrylamide séparent mieux les sous unités FPM que ne le font les gels à 10 ou 15p.100 mais les séparations des sous unités HPM sont généralement moins bonnes ; ces dernières sont par contre aussi bien séparées sur gels à 10, 13 ou 15p.100. Il a été aussi montré qu'il est possible d'identifier les sous unités FPM par leur poids moléculaires. L'analyse SDS-PAGE des gluténines HPM de 16 génotypes de la récolte 2001 en relation avec les caractéristiques technologiques et biochimiques a montré une fois de plus la supériorité de la paire de sous unités de gluténines 5+10 comparée à sa paire allélique 2+12 dans la détermination de la force, de son aptitude à donner des agrégats gluténiques de plus grandes tailles moléculaires et des ratios de gluténines HPM/FPM plus élevés.

Au niveau des protéines extraites par le 2-propanol à 50p.100, des relations intéressantes et positives ont été trouvées entre les teneurs en protéines insolubles déterminées par la méthode de Kjeldahl, les ratios des protéines insolubles par rapport aux protéines totales

(0,5P2-INS/PT) et les différents paramètres de force. Inversement, les ratios de protéines solubles par rapport aux protéines totales (0,5P2-S/PT) sont négativement corrélés avec ces paramètres. Ces relations sont globalement confirmées en utilisant une méthode de biuret modifiée pour le dosage des protéines. Comme les ratios 0,5P2-INS/PT ou 0,5P2-S/PT ne sont pas corrélés aux teneurs en protéines totales, ils peuvent constituer un bon critère d'évaluation de la force intrinsèque des blés tendres en sélection précoce.

Une méthode colorimétrique originale pour le dosage des gluténines insolubles dans le 2-propanol à 50p.100 est proposée et peut être utilisée pour analyser les relations entre les teneurs en gluténines insolubles et les caractéristiques technologiques de qualité des farines.

L'analyse SE-HPLC montre certaines relations entre les pourcentages ou les quantités absolues des fractions gluténines F1, F2 ou les ratios F1/F2 et plusieurs paramètres technologiques. Cependant, les quantités relatives de gluténines polymériques inextractibles par le SDS par rapport aux gluténines polymériques totales ou par rapport aux protéines polymériques totales et les ratios des protéines inextractibles par le SDS (mais extraites des culots après sonification) dans les protéines polymériques totales extraites semblent jouer un rôle déterminant dans la force des farines.

Si à partir de 16 génotypes de la récolte 2001 aucune relation significative n'a été obtenue entre les ratios de gluténines HPM/FPM tels déterminés par RP- HPLC et les caractéristiques technologiques de qualité par contre il a été montré que la sous unité 2 est associée positivement et significativement par sa concentration relative au gonflement G et à l'extensibilité L à l'inverse des sous unités 5 et 10 qui elles sont par contre associées négativement à ces caractéristiques ; la sous unité 12 ne présente aucune association avec ces paramètres.

Enfin à partir de 15 génotypes des récoltes 2002 et 2003 nous avons exploré la possibilité d'extraire la totalité des protéines, sans utilisations d'agents réducteurs ou d'ultrasons, par le SDS 10 CMC. A partir des quelques résultats préliminaires obtenus il en ressort que non seulement la quantité de protéines solubilisées par le SDS 10 CMC au bout de 2 heures d'extraction à 60°C est négativement corrélée à la force mais que le SDS 10 CMC solubilise entre 94,8 et 97,87p.100 de protéines si la durée de contact à 60°C est de 24 heures, ce qui ouvre la voie à l'étude des protéines des blés dans leur état très hautement agrégées par des techniques de fractionnement tel que la F-FFF (Flow- Field Flow Fractionation) qui ne pose pas le problème d'exclusion moléculaire comme c'est le cas de la SE-HPLC.