

# COMPARAISON DE LA QUALITE DES BLES LIBANAIS A CELLE DES VARIETES IMPORTEES DE L'ETRANGER ET DESTINEES A LA PREPARATION DU PAIN LIBANAIS

N. Sakr et E. Hajj Moussa<sup>1</sup>

Faculté des Sciences Agronomiques, Université Saint Esprit de Kaslik, Liban

<sup>1</sup>Faculté des Sciences et de Génie Informatique, Université Saint Esprit de Kaslik, Liban  
nasakr@hotmail.com

(Received 9 January 2006 - Accepted 10 August 2007)

## RÉSUMÉ

*Le blé constitue un élément essentiel dans la ration alimentaire au Liban. Il est importé de l'étranger en quantités importantes pour satisfaire au besoin du pays. La fabrication du pain libanais est réalisée principalement à l'aide du blé panifiable acheté par les minotiers sur le marché mondial. Les critères de qualité se basent essentiellement sur le taux et la qualité des protéines, le taux de cendres et la valeur boulangère de la farine. Le présent travail vise l'identification des variétés qui peuvent être utilisées sur le marché libanais en évaluant la qualité de huit variétés de blé, dont trois étrangères importées par les minotiers libanais pour la fabrication du pain et qui sont les blés Spring, Kazakh, Russe et cinq variétés considérées comme prometteuses par l'ICARDA et l'IRAL et qui sont les blés tendres Towpé, Baalbaké, Naama 12, Laakta 3 et Baladi Aarsal. La comparaison de ces variétés suivant 36 paramètres a montré que les variétés Towpé, Baalbaké et Laakta 3 ne comportent aucune valeur de point de vue blés panifiables. Le génotype Naama 12 peut être utilisé en un certain pourcentage dans les formules de blés destinés à la préparation du pain libanais, alors que le Baladi Aarsal peut rentrer dans les formules des blés à biscuit.*

**Mots clés :** blé panifiable, pains libanais, qualité de farine

## ABSTRACT

*Wheat is an essential element in the food ration of the Lebanese people. It is imported in large quantities in order to satisfy the country needs. Lebanese bread is produced with wheat bought on the world market. Quality specifications are essentially based on proteins quality and quantity, ash content and dough quality. The objective of this study was to identify the varieties that can be used for bread manufacturing in Lebanon: eight wheat varieties were evaluated, three imported by the Lebanese millers for bread manufacturing (Spring, Kazakh, Russian) and five promising varieties released by LARI originated from ICARDA provided by nurseries (Towpé, Baalbaké, Naama 12, Laakta 3 and Baladi Aarsal). These varieties are compared using 36 parameters. The results showed that Towpé, Baalbaké and Laakta 3 are not adequate for bread preparation. Whereas Naama 12 can be used at a certain percentage in the wheat formulas for bread preparation, Baladi Aarsal is considered as wheat for biscuits.*

**Keywords:** bread wheat, Lebanese bread, dough quality

## INTRODUCTION

Le blé est originaire du Moyen Orient, du croissant fertile qui englobe l'Iraq, la Turquie, la Syrie, le Liban, la Jordanie et la Palestine (Harlan & Zohary, 1966). Sa culture remonte à 7000 ans avant J.C. (Moule, 1971).

Le blé occupe une surface de 212 millions d'hectares produisant une récolte de 622 millions de tonnes (FAO, 2005), ce qui le rend la céréale la plus cultivée au monde.

Au Liban, le blé (tendre et dur) est cultivé dans la vallée de la Békaa, au Nord et au Sud du pays. Sa production a atteint les 61.000 tonnes en 2004 (Ministère de l'économie, 2005) couvrant ainsi uniquement 10% du besoin national. En 2003 l'importation des blés s'est élevée à 445.000 tonnes (FAO, 2005) destinées surtout à la panification. Ces chiffres, entre plusieurs autres, révèlent l'importance du blé dans la ration alimentaire des libanais.

L'évolution des techniques de transformation à grande échelle exige une production primaire affichant une qualité élevée et constante. Cette qualité est normalement trouvée chez les blés commercialisés sur le marché mondial ; ceci pousse les minotiers à importer principalement du blé de l'Amérique du Nord, de l'Australie et de la Russie, selon une certaine spécification déterminée par la destination de la farine.

L'importation de ces blés est obligatoire puisque la production locale des blés de qualité reste non satisfaisante. Donc il est impératif d'introduire des variétés mieux adaptées aux conditions climatiques du pays, favorisant ainsi une production de qualité qui répond le mieux aux besoins des minotiers libanais.

Des travaux de recherche ont été entamés dans ce domaine par l'ICARDA et l'IRAL, donnant naissance à de nouvelles variétés prometteuses de point de vue agronomique et qui méritent d'être étudiées en terme de qualité boulangère.

Dans ce contexte, la qualité des blés tendres introduits par l'ICARDA et l'IRAL sera étudiée, en comparaison avec celle des variétés importées de l'étranger. En second lieu, on essaiera d'identifier les variétés qui peuvent être utilisées dans les mélanges entre ces blés introduits et ceux importés afin d'aboutir à une formule de qualité boulangère bien adaptée à la préparation du pain libanais.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de huit variétés de blé dont trois sont importées au Liban par les minoteries pour la production de farine destinée à la préparation du pain moyen orient libanais et les pains de type européen. Ce sont les variétés U.S. Dark Northern Spring, Kazakh et Russe. Les cinq autres sont cultivées au Liban à titre d'essai par l'ICARDA et l'IRAL à Terbol en vue d'une amélioration des variétés existantes et d'une introduction de nouvelles variétés considérées prometteuses du point de vue agronomique. Elles sont nommées Towpé, Baalbaké, Laakta 3, Naama 12 et Baladi Aarsal.

### Méthodes d'expérimentation

Les analyses sont divisées en deux parties : l'analyse du grain et l'analyse de la farine.

#### *Nettoyage du blé*

Un échantillon de 12kg est pris de chaque variété pour être nettoyé par un nettoyeur de blé appelé 'Granotest' comportant :

Une aspiration pour éliminer les impuretés légères et les poussières

Un passage par un tamis rotatif à fentes de 2mm de largeur qui élimine les brisures coupées longitudinalement et les petites graines étrangères (Liseron, Vesce, etc.)

Un passage à travers un trieur, qui sépare les céréales étrangères (>2mm) comme l'orge, l'avoine et les brisures coupées transversalement, surmonté d'un tamis à fentes de 5mm de largeur qui retient les grosses graines de maïs et les mottes de terre.

#### *Division du blé*

Le blé nettoyé passe à travers un diviseur conique à alvéoles qui sépare le lot en deux parties plus ou moins égales et homogènes. Chaque échantillon de blé est divisé alors en trois sous échantillons R1, R2 et R3. Par suite chaque sous-échantillon est divisé pour obtenir:

- 1000g destinés au test du poids à l'hectolitre
- 100g pour le test de Zélény ou test de sédimentation
- 200g pour le test du temps de chute et le gluten du blé
- 50g pour le test de l'humidité du blé, cendres et protéines.
- Le restant est utilisé pour la mouture de blé.

### Analyse du blé

Les tests de qualité appliqués sur le blé sont les suivants :

#### *Poids à l'hectolitre*

L'appareil utilisé est appelé 'Nilema-litre' ayant un volume équivalent à un litre. Il s'agit de remplir largement la trémie d'un échantillon de blé nettoyé, ouvrir l'obturateur et laisser couler les grains dans la mesure d'un litre, enfoncer le couteau raseur à fond, enlever la trémie, suspendre la mesure à la balance pour la peser avec précision. Chaque échantillon est traité en double et l'on obtient 2 valeurs  $M_1$  et  $M_2$ .

La masse à l'hectolitre de l'échantillon, exprimée en kg à l'hectolitre est égale à la moyenne  $M$  des 2 valeurs  $M_1$  et  $M_2$  retenues, multipliée par 0,1 :

$$M = [(M_1 + M_2) / 2] \times 0,1$$

#### *Indice de sédimentation de Zélény*

Le blé conditionné à 14% d'humidité durant 24h est moulu sur le moulin Sédimat de Brabender, comportant un tamis d'ouverture 150 $\mu$ m. Une masse de 3,2g de cette farine est pesée, placée dans une éprouvette spéciale de 100ml (graduée au 1ml) et additionnée de 50ml de réactif bleu de Bromophénol. Le mélange est ensuite agité à l'aide d'un agitateur

automatique pour 5 minutes, puis additionné de 25ml d'acide lactique (0,5N) et agité pour 5 minutes. L'éprouvette est ensuite placée sur une surface plane pour 5 minutes avant la lecture de la hauteur du précipité. Chaque échantillon est traité en double essai.

Les détails de la méthode ainsi que l'appareillage nécessaire sont décrits dans les normes ICC n° 116/1 et 118 (ICC, 2003).

#### *Temps de chute du blé*

Le test commence par une mouture du blé sur le moulin Perten 3100. Ensuite, 7g de la farine du blé entier obtenue (14% humidité de base) sont introduits dans un tube viscométrique et additionnés de 25ml d'eau distillée, puis l'on agite le tout 20 fois et on plonge le tube muni de l'agitateur dans le bain-marie. A la cinquième seconde après l'immersion, on commence à agiter la suspension à la main à la cadence de 2 agitations par seconde. Chaque agitation correspond à un aller et un retour. Au bout de 59 secondes, on maintient l'agitateur en position haute et on le libère à la soixantième. Lorsque l'agitateur est tombé de sa propre masse, on relève sur le capteur le temps total en secondes (Brochoire *et al.*, 1990).

Les détails de la méthode sont décrits dans les standards ICC n° 107/1 (ICC, 2003).

#### *Gluten du blé*

L'extraction du gluten est faite par l'appareil Glutomatic de Perten. Le test est appliqué sur la farine du blé entier moulu sur le moulin Perten 3100. Ensuite, 10g de farine du blé entier sont introduits dans chaque 'bêcher' et additionnés de 4.8ml d'eau salée à 2% puis laissés malaxer sous un filet d'eau salée à 2%. Après, il faut nettoyer les bêchers sous l'eau du robinet et recueillir les pâtons pour poursuivre le malaxage et centrifuger les 2 pâtons obtenus sur un tamis de 600µm (Kleijer, 2002) pour séparer le gluten fort du gluten faible. Après avoir pesé les 2 parties pour déterminer le gluten humide, il faut sécher l'ensemble dans un Glutork à 130°C pendant 4 minutes avant de peser le gluten sec. Ainsi, le gluten humide, le gluten sec et l'index de gluten sont calculés en utilisant les formules suivantes :

$$\% \text{ Gluten humide} = (\text{moyenne de la masse des 2 pâtons humides} \times 100) / 10$$

$$\% \text{ Gluten humide corrigé à 14\% humidité} = [\% \text{ non corrigé} (100-14)] / (100-\% \text{ humidité de l'échantillon})$$

$$\% \text{ Gluten sec} = (\text{moyenne des masses pâtons secs} \times 100) / 10$$

$$\% \text{ Gluten sec corrigé à 14\% humidité} = [\% \text{ non corrigé} (100-14)] / (100-\% \text{ humidité de l'échantillon})$$

$$\text{Index glutémique} = (\text{masse pâton humide} - \text{masse gluten faible}) \times 100 / \text{masse pâton humide}$$

Les détails de la méthode sont décrits dans les standards ICC n° 137/1 (ICC, 2003).

#### *Humidité du blé*

La détermination de l'humidité du blé se fait après avoir moulu le blé entier dans le moulin à refroidisseur d'eau pour éviter l'échauffement du blé moulu. On pèse 5g de la farine du blé moulu qu'on place dans une boîte spéciale à l'étuve à 130°C pendant 2 heures. La boîte

contenant le blé séché est refroidie dans un dessiccateur et pesée. L'humidité est évaluée en utilisant la formule suivante :

$$\% \text{ humidité} = (\text{masse initiale} - \text{masse finale}) \times 100 / \text{masse initiale}$$

Les détails de la méthode sont décrits dans les standards ICC n° 110/1 (ICC, 2003).

#### *Cendres du blé*

La détermination des cendres se fait par l'incinération de 5g de farine de blé entier, placés dans un creuset spécial, dans un four à 900°C pendant environ 1 heure. Le taux des cendres est déterminé par la formule suivante :

$$\% \text{ Cendres (sur substances sèches)} = [(b-a) \times 100] \times 100 / M \times (100-F)$$

où a = masse du creuset vide

b = masse du creuset contenant les cendres

M = masse de l'échantillon frais

F = % humidité de l'échantillon

Les détails de la méthode sont décrits dans les normes ICC n°104/1 (ICC, 2003).

#### *Protéines du blé*

La méthode Kjeldahl sur l'appareil Büchi est utilisée dans ce contexte pour le dosage des protéines. Le test commence par une digestion de 1g de farine placé dans un papier filtre à l'intérieur d'un tube avec un catalyseur à base de sélénium et de chlorure de potassium, additionné de 13ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré à 98%. L'ébullition se produit jusqu'à la clarification du produit. Ensuite la distillation se fait par injection de vapeur qui entraîne les vapeurs d'ammoniac vers un condensateur pour aboutir à un Erlenmeyer contenant de l'acide borique à 2% de concentration et quelques gouttes d'un indicateur (formé de 0.2% du rouge de méthyle et 0.1% du bleu de méthylène dissous dans l'alcool). Après titration avec l'HCl 0,1N on calcule le taux de protéines :

$$\% \text{ Protéines (sur substances sèches)} = (V \times F \times 14,008 \times 100) / [E \times (100-W)]$$

où V = volume en ml d'HCl 0,1N

E = masse de l'échantillon en g

F = facteur de conversion de l'azote en protéines pour blé = 5,7

W = % humidité de l'échantillon

14,008 = masse molaire en g de l'azote

Les détails de la méthode sont décrits dans les normes ICC n°105/2 (ICC, 2003).

#### *La mouture du blé*

La mouture est réalisée sur le moulin expérimental Bühler du type MLU-202, avec un débit de 100g/minute. Le broyage contient 3 passages (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> et B<sub>3</sub>) ainsi que le convertissage (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>).

Pour chaque sous échantillon, on a étudié le pourcentage d'extraction, l'extraction théorique de semoule et l'aptitude à la réduction :

$$\begin{aligned} \% \text{ d' extraction} &= \%B_1 + \%B_2 + \%B_3 + \%C_1 + \%C_2 + \%C_3 \\ \text{Extraction théorique de semoule (E.T.S)} &= 100 - (\%B_1 + \%B_2 + \%B_3 + \text{son gros}) \\ \text{Aptitude à la réduction (A.R.)} &= [(\%C_1 + \%C_2 + \%C_3 + \frac{2}{3} \%Perte) \times 100] / \text{ETS} \end{aligned}$$

### Analyse de la farine du blé

Les tests de qualité appliqués sur la farine sont les suivants: *Humidité, cendres, protéines et temps de chute de la farine.*

Les mêmes tests appliqués sur le blé entier sont appliqués sur la farine, sauf que le temps de séchage à l'étuve pour l'humidité est 90 min. à 130°C.

#### Gluten de la farine

La même méthode utilisée pour le blé entier est appliquée sur la farine, sauf qu'un malaxage continu et sans nettoyage à l'eau courante est effectué sur la farine pour l'obtention des pâtons.

#### Alvéographe

Le mode opératoire définit la formation d'une pâte de 250g de farine et d'eau salée sans levure dans un petit pétrin spécifique. Le temps de pétrissage et la teneur en eau de la pâte sont toujours constants (50% humidité). A l'issue du pétrissage, la pâte est laminée et découpée en 5 petites éprouvettes circulaires. Après un temps de repos de 20 minutes on procède à l'éclatement de la bulle et parallèlement, le diagramme de déformation se dessine sur un enregistreur. La courbe alvéographique est donc l'image de certaines propriétés physiques de la pâte 28 minutes après le début de son élaboration.

Les paramètres de l'alvéographe évalués sont les suivants :

P en mm : pression directement liée à la ténacité, la fermeté de la pâte ou la résistance à la déformation et la capacité d'absorption d'eau de la farine.

P = moyennes des ordonnées maximales x 1,1

G en cm<sup>3</sup> : gonflement, c'est la quantité d'air insufflée à la pâte qui évolue en fonction de l'extensibilité et la rétention gazeuse.

L en mm : extensibilité = moyenne des abscisses maximales

W : force boulangère, c'est le travail de déformation mécanique pour 1g de pâte, mesuré en joules et proportionnel à la surface du diagramme moyen.

W = Surface interne du diagramme moyen x 6,54

P/L : rapport de ténacité à l'allongement, associé à un équilibre dans les caractéristiques physiques des pâtes.

Ie : indice d'élasticité, rapport de la pression à 200cm<sup>3</sup> de gonflement.

Les détails de la méthode sont décrits dans les normes ICC n°121 (ICC, 2003).

#### Farinographe

Le principe de ce test est de mesurer d'une façon continue les efforts de résistance opposés au travail des moteurs, fournis par une pâte composée de farine et d'eau à 30°C et ayant une consistance de 500 UF (unité farinographe) (Williams *et al.*, 1988).

Les mesures sont réalisées à partir d'un pétrissage de 300g de farine (14% humidité), la quantité d'eau à ajouter est déterminée pour obtenir une consistance de 500 UF. Sur le graphe obtenu l'on relève :

- Le temps de développement en minutes : période qui s'écoule entre l'introduction de l'eau et le pic de consistance de la pâte. Il est influencé par la rapidité de la formation de la structure glutémique et la vitesse d'hydratation des particules de farine. Il augmente avec la teneur en protéines et avec une granulométrie plus grossière.
- La période de stabilité : indiquée par le temps pendant lequel la consistance de la pâte reste constante.
- Affaiblissement de la pâte : amollissement après 12 et 20 minutes, c'est la différence entre l'ordonnée 500UF et l'ordonnée de la consistance à la douzième minute de pétrissage après la fin du temps de développement, et 20 minutes après le début du test.
- Valorimètre : il évalue le diagramme de façon à le condenser en 1 seul chiffre qui combine le développement de la pâte, la stabilité et l'amollissement. Il est déterminé après 12 minutes du temps de développement.

Les détails de la méthode sont décrits dans les normes ICC n°115/1 (ICC, 2003).

#### *Extensographe*

Il s'agit de pétrir 300g de farine (14 % humidité) avec une quantité déterminée d'eau (% d'absorption – 2,5%) et 6g de sel pour une minute dans le pétrin du farinographe à 30°C. Ensuite laisser reposer 5 minutes avant de pétrir de nouveau, à 500 UF de consistance, durant un temps égal à celui du développement de la pâte, déterminé auparavant par le test du farinographe. La pâte récupérée est divisée en 2 pâtons de 150g chacun, qui sont boulés par l'appareil et mis au repos à 30°C pendant 45 minutes. Ensuite les pâtons sont soumis à un étirement alors que le comportement de la pâte est capté par un enregistreur. La boulette des pâtons, le repos de 45 minutes et l'étirement sont répétés 2 fois de plus. La durée du test est alors 135 minutes et les calculs des paramètres sont faits sur l'étirement final.

#### *Paramètres de l'extensographe :*

Résistance à l'extensibilité : calculée à 5cm du début de l'étirement final.

Résistance maximale : c'est la résistance maximale de la pâte à l'étirement.

Extensibilité de l'extensographe: distance parcourue par l'enregistreur entre le début de l'étirement de la pâte jusqu'à la déformation.

Coefficient : c'est le rapport entre la résistance à l'extensibilité et l'extensibilité.

Energie : c'est la surface de la courbe obtenue, qui définit le travail effectué par l'étirement de la pâte. Elle donne une indication sur le volume et la forme du pain (Kleijer, 2002). Elle est mesurée par un planimètre et en cm<sup>2</sup>.

Les détails de la méthode sont décrits dans les normes ICC n°114/1 (ICC, 2003).

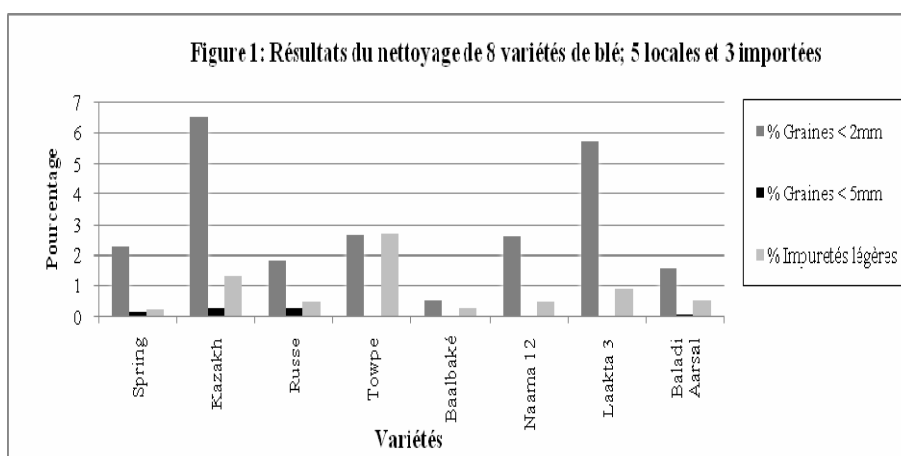
#### *Analyse statistique des résultats obtenus*

Les résultats obtenus sont analysés selon le logiciel statistique S.P.S.S. (Version 13).

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Nettoyage du blé

Le nettoyage des blés montre une forte teneur en graines cassées et maigres de diamètre inférieur à 2 mm chez les variétés Kazakh (6,52%) et Laakta 3 (5,71%) (Figure 1). Alors que ce sont les variétés importées qui contiennent le plus de graines étrangères de diamètre supérieur à 5mm. Enfin, la variété Kazakh (1,32%) et Towpé (2,72%) présentent une teneur élevée en poussières et impuretés légères.



**Figure 1. Résultats du nettoyage de 8 variétés de blé : 5 locales et 3 importées.**

### Analyse descriptive des résultats obtenus

Les valeurs du poids à l'hectolitre se situent entre 78,3 et 84,5 kg avec une moyenne de 81,9 et une erreur type de 0,4 (Tableau 1). Alors que pour le Zélény l'écart est beaucoup plus grand avec un minimum de 18, un maximum de 64, une moyenne de 36 et une erreur type de 3. On note que l'erreur type de temps de chute du blé est inférieure à celle de la farine, ce qui montre une homogénéité supérieure chez le blé. Pour les autres variables les résultats figurent dans le Tableau 1.

Il faut signaler que la variété Baladi Aarsal a présenté un gluten non lavable. D'autre part, deux variétés ont donné une pâte ne pouvant être testée par l'extensographe et ce sont le Towpé et le Laakta 3, raison pour laquelle les résultats de ces tests n'ont pas été utilisés dans ces études.

Du point de vue normalité, toutes les variables analysées ont montré une distribution normale selon le test de Kolmogorov – Smirnov Z (Tableau 1) à l'exception de la variable temps de chute de la farine ( $p=0,04$ ) et de la stabilité ( $p=0,02$ ). On n'a pas procédé à une transformation de ces variables mais les résultats correspondants sont considérés avec précaution.

**TABLEAU 1**  
**Données Descriptives des Variables Analysées chez 8 Variétés de Blé: 5 Locales et 3**  
**Importées**

	Variables	Minimum	Maximum	Moyenne	Erreur type	Normalité			
						K-S Z	p*		
Analyse du blé	Poids à l'hectolitre	78,3	84,5	81,9	± 0,4	0,78	0,58		
	Zélény	18	64	36	± 3	0,95	0,33		
	Temps de chute	327	409	374	± 5	0,65	0,80		
	Gluten	Gluten humide	23,0	37,1	30,8	± 1,3	1,05	0,22	
		Gluten sec	7,2	12,1	10,0	± 0,4	1,31	0,06	
		Gluten index	7	82	49	± 6	0,96	0,31	
	Mouture	Humidité	10,1	13,2	11,6	± 0,3	1,21	0,11	
		Cendres	1,66	1,95	1,82	± 0,02	0,64	0,81	
		Protéines	11,2	16,3	13,9	± 0,4	1,16	0,14	
		Extraction	57	70	63	± 1	0,70	0,71	
	Analyse de la farine	ETS	55	68	62	± 1	0,83	0,50	
		AR	83	90	86	± 0,5	0,59	0,88	
		Gluten	Humidité	12,5	13,8	13,1	± 0,1	0,44	0,99
			Cendres	0,43	0,58	0,51	± 0,01	0,98	0,29
			Protéines	9,6	14,7	12,2	± 0,4	1,25	0,09
Temps de chute			354	1230	656	± 64	1,41	0,04	
Alvéographe		Gluten humide	21,9	37,8	31,1	± 1,3	1,12	0,16	
		Gluten sec	7,1	12,8	10,5	± 0,4	1,12	0,16	
		Gluten index	25	93	64	± 6	1,20	0,11	
Extensographe		P	37	112	67	± 5	1,10	0,18	
		L	41	126	78	± 6	1,14	0,15	
		G	14,3	24,9	19,4	± 0,8	1,04	0,23	
		W	48	392	183	± 30	1,20	0,11	
		P/L	0,38	1,38	0,90	± 0,06	0,48	0,97	
		Ie	11,8	68,9	39,6	± 4,7	0,91	0,38	
Farinographe	Absorption	52,8	62,3	57,6	± 0,7	0,98	0,29		
	Développement	2,0	16,5	6,0	± 1,0	1,11	0,17		
	Stabilité	2,5	38	13,5	± 3	1,54	0,02		
	Amolliss. 12 min	20	180	80	± 10	0,89	0,41		
	Amolliss. 20 min	10	210	90	± 15	0,67	0,73		
	Valorimètre	40	93	60	± 4	1,32	0,06		
	Rés. à l'ext.	80	660	420	± 60	0,82	0,51		
Rés. Max.	110	1000	615	± 100	1,04	0,23			
Extensibilité	83	175	134	± 7	0,73	0,66			
Coefficient	0,8	4,8	3,0	± 0,4	0,68	0,74			
Energie	14	230	116	± 21	0,74	0,72			

\*  $p < 0,05$ , la distribution de la variable correspondante diffère significativement de la normale.

### Matrice de corrélations entre les variables

Les résultats de l'analyse de corrélation présentés dans le Tableau 2, où figurent seulement les corrélations dont le coefficient de corrélation  $r$  est  $\geq 0,90$ , montrent que les tests de gluten sont positivement corrélés avec le taux des protéines, ce qui est normal puisque les protéines influencent le gluten du blé (Dacosta, 1986).

La force boulangère  $W$  présente une corrélation positive avec le développement (0,90), la stabilité (0,94), le valorimètre (0,97), la résistance à l'extensibilité (0,93) et la résistance maximale (0,94). Elle présente une corrélation négative avec l'amollissement 12 min (-0,90) et l'amollissement 20 min (-0,92). On peut remarquer aussi que l'extraction est positivement corrélée à la ténacité  $P$  (0,94), à la force boulangère  $W$  (0,95), au rapport  $P/L$  (0,93), à l'amollissement 20 min (0,90), à la résistance à l'extensibilité (0,95), à la résistance maximale et au coefficient de l'extensographe.

### Résultats de l'analyse de la variance (effets des variétés et des répétitions)

L'analyse de la variance ANOVA pour toutes les variables ne montre pas une différence significative entre les répétitions (Tableau 3) ce qui confirme la répétitivité des analyses établies.

L'analyse de toutes les variables montre un effet très hautement significatif du facteur variété ( $p < 0,000$ ). Ces résultats sont attendus puisque les variétés utilisées sont d'origines génétique et géographique très dispersées. Seule la variable humidité de la farine n'a pas montré un effet significatif comme les blés sont tous conditionnés à 14% d'humidité et durant 24 heures (Tableau 3). En même temps, l'analyse de la variance multiple MANOVA réalisée en considérant toutes les variables ensemble, confirme cette différence entre les variétés avec une valeur de Pillai's Trace 6,89, un  $F$  de 34,92 et un  $p < 0,000$ .

Ainsi, la variété Laakta 3 présente le taux de protéines le plus élevé suivi par le Spring et le Kazakh, alors que c'est la variété Towpé qui présente le taux de cendres le plus élevé suivie par le Baladi Aarsal et le Laakta 3 (Figure 2). Notons que le taux de protéines représente un élément important dans les contrats d'achat, mais il doit toujours être accompagné de la valeur de la force boulangère  $W$  et du rapport  $P/L$  pour mieux juger la qualité des blés. Cependant, le taux de cendres élevé constitue un critère de mauvaise qualité technologique chez les blés puisque le pain qui en résulte sera foncé, mais nutritionnellement plus riche en sels minéraux.

La Figure 3 montre que les forces boulangères les plus élevées sont observées chez les variétés Spring et Kazakh, d'ailleurs classés comme blé forts. Le Baladi Aarsal présente une grande extensibilité (le rapport  $P/L$  le plus faible), généralement recommandée chez les blés à biscuit. Cette extensibilité est beaucoup plus faible chez les autres variétés.

La classification des variétés en sous-groupes suivant le test de Duncan donne plusieurs résultats selon la variable considérée. Par exemple, pour l'absorption, les variétés se divisent en 6 groupes où l'on a Baalbaké et Russe dans le même groupe, Spring et Naama 12 dans un autre, alors que pour l'amollissement 20min les variétés ne sont pas regroupées (Tableau 4).

TABLEAU 2

Les Coefficients de Corrélation entre les Différentes Variables Evaluées chez 8 Variétés de Blé; 5 Variétés Locales et 3 Importées

	4	5	7	9	10	11	15	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	35	36
4				0,93			0,93	0,98	0,97																
5	0,98			0,93			0,90	0,99	0,98																
6										0,99					0,95										
7																									0,92
9	0,93	0,93					0,98	0,96	0,97													0,90			
10		0,93								0,90	0,94				0,95	0,93				0,90		0,95	0,92	0,93	
11																									
15	0,95	0,90		0,98				0,94	0,95																
17	0,98	0,99		0,96			0,94	0,99																	
18	0,97	0,98		0,97	0,90		0,95	0,99																	
19					0,94										0,94										
20															0,95	0,95						0,91		0,91	
21													0,98												
22					0,95						0,95	0,98													
23											0,95				0,94		0,90	0,94	-0,090	-0,092	0,97	0,93	0,94		
24																									
25					0,93	0,95				0,94	0,93			0,94					-0,092	-0,094		0,97	0,93	0,96	
26																									
27															0,90			0,98	0,98			0,95			
28														0,94							0,97				
29														-0,090	-0,092							0,97			
30														0,97	-0,094					-0,099					
31					0,90												0,95	0,97	0,99						
32			0,91		0,95						0,91				0,93	0,97							0,99	0,97	0,95
33					0,92										0,94	0,93						0,99	0,95	0,95	0,97
35			0,95		0,93							0,91				0,96							0,97	0,93	0,95
36														0,90								0,95	0,97		

Légende

Variables	N°	Variables	N°	Variables	N°	Variables	N°	Variables	N°	Variables	N°	Variables	N°
Gluten humide B	4	Cendres B	8	Protéines F	15	P	20	P/L	24	Stabilité	28	Rés. à l'ext.	32
Gluten sec B	5	Protéines B	9	Gluten humide F	17	L	21	lc	25	Amolliss. 12'	29	Rés. Max.	33
Gluten index B	6	Extraction	10	Gluten sec F	18	G	22	Absorption	26	Amolliss. 20'	30	Coefficient	35
Humidité B	7	ETS	11	Gluten index F	19	W	23	Développement	27	Valorimètre	31	Energie	36

**TABLEAU 3**  
**Résultats de l'ANOVA de plusieurs Variables chez 8 Variétés de Blé; 5**  
**Locales et 3 Importées**

	Variables	Variété		Répétition		
		F	p*	F	p*	
Analyse du blé	Poids à l'hl	866,78	0,00	1,60	0,25	
	Zélény	17665,20	0,00	1,22	0,33	
	Temps de chute	18,98	0,00	0,07	0,94	
	Gluten	Gluten humide	864,35	0,00	0,10	0,91
		Gluten sec	1223,69	0,00	1,19	0,35
		Gluten index	1558,21	0,00	1,20	0,34
	Mouture	Humidité	167,31	0,00	0,64	0,55
		Cendres	146,43	0,00	1,28	0,32
		Protéines	578,83	0,00	1,11	0,37
		Extraction	30,02	0,00	0,62	0,56
		ETS	39,92	0,00	3,95	0,06
		AR	2,40	0,09	1,54	0,26
	Analyse de la farine	Humidité	2,10	0,13	2,56	0,12
		Cendres	95,72	0,00	0,33	0,73
		Protéines	782,98	0,00	0,27	0,77
Temps de chute		2293,76	0,00	0,58	0,58	
Gluten		Gluten humide	1418,71	0,00	4,32	0,06
		Gluten sec	336,82	0,00	0,47	0,65
		Gluten index	660,95	0,00	0,40	0,68
Alvéographe		P	89,64	0,00	0,65	0,71
		L	116,78	0,00	1,67	0,23
		G	177,48	0,00	1,56	0,25
		W	1968,06	0,00	0,26	0,78
		P/L	44,53	0,00	1,17	0,35
		Ie	784,25	0,00	0,30	0,75
Extensographe		Absorption	545,03	0,00	0,49	0,63
		Développement	290,43	0,00	0,57	0,58
	Stabilité	9673,35	0,00	5,67	0,06	
	Amolliss. 12 min	299,75	0,00	0,18	0,84	
	Amolliss. 20 min	819,50	0,00	2,12	0,17	
	Valorimètre	963,37	0,00	0,39	0,69	
	Rés. à l'ext.	447,11	0,00	0,43	0,67	
	Rés. Max.	5990,70	0,00	1,25	0,34	
	Extensibilité	30,29	0,00	0,04	0,96	
	Coefficient	165,72	0,00	0,27	0,77	
Energie	2939,59	0,00	0,83	0,48		

\* p: Seuil de signification.  $p < 0,05$  implique un effet significatif pour le facteur en question.

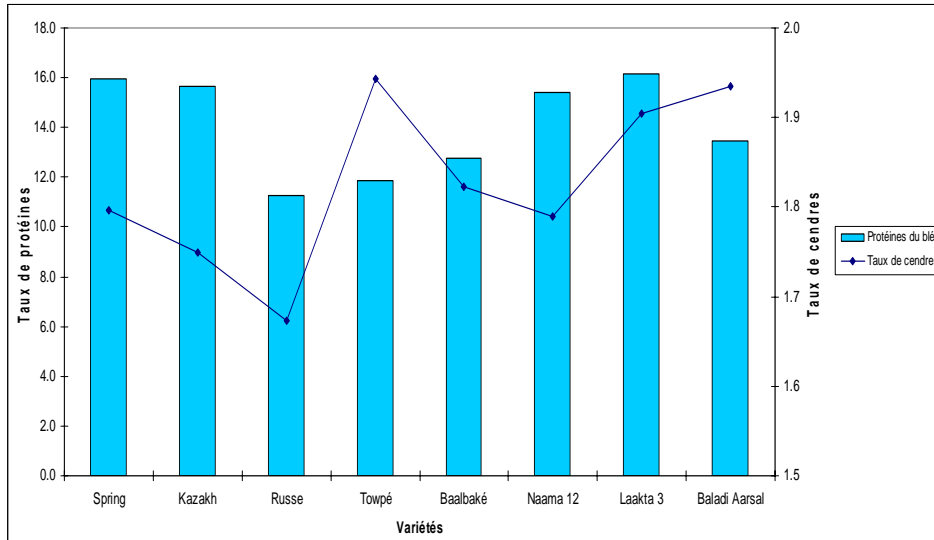


Figure 2. Les taux de protéines et les taux de cendres chez 8 variétés de blé ; 5 locales et 3 importées.

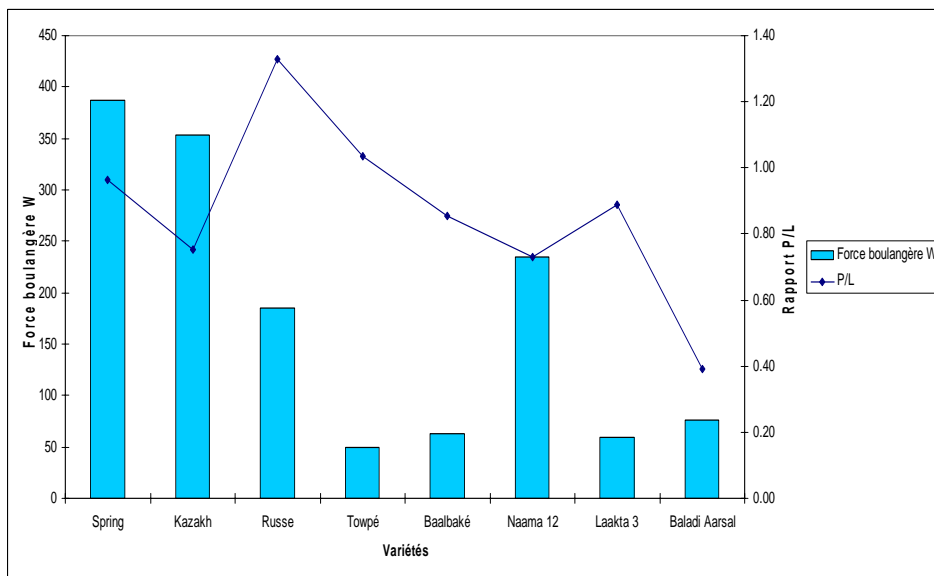


Figure 3. La force boulangère W et le rapport P/L chez 8 variétés de blé ; 5 locales et 3 importées.



### Analyse en composantes principales

Les tests de gluten et d'extensographe sont exclus de l'étude des composantes principales car une des variétés, le Baladi Aarsal, a présenté un gluten non lavable, et deux variétés, le Towpé et le Laakta 3, ont donné une pâte ne pouvant être testée par l'extensographe à 135 minutes. En effet, des courbes ont été obtenues à 45 et 90 minutes, alors que celle de 135 minutes était impossible à réaliser vu son manque de cohérence, dû principalement à l'action de la punaise (*Eurygaster intergriceps*).

Selon cette analyse, les deux premières composantes principales ont pu expliquer jusqu'à 98% de la variation totale, avec 77,6% pour la première et 20,7% pour la seconde.

La classification des variétés selon ces composantes montre un rapprochement entre le Kazakh et le Spring et entre le Towpé et le Baalbaké (Figure 2). En effet les deux variétés étrangères ont un gluten humide d'environ 33.5%, un taux de cendres de 1.75% et un taux de protéines de 15.5%. Leur farine présente un taux de protéines de 14% et une force boulangère de 360 joules. Leurs points de différence se situent surtout au niveau du farinographe où le Spring présente une absorption de 61%, un développement de 16 minutes et une stabilité de 38 minutes, alors que le Kazakh a une absorption de 59%, un développement de 10 minutes et une stabilité de 27 minutes. Les deux variétés locales se ressemblent presque au niveau de toutes les variables, mais leur qualité reste non adéquate pour la préparation du pain libanais. Des résultats similaires ont été décrits par Joubrane & Machlab (2001). Ils ont relevé la faiblesse du gluten chez le génotype Towpé ainsi que la difficulté au niveau du travail de la pâte formée par ce même génotype et destinée à la préparation du pain libanais, raison pour laquelle le test de l'extensographe était non complété au cours de notre étude. La faible valeur boulangère de cette variété est aussi mentionnée dans l'étude faite par Araji & Machlab (1999). Alors que la punaise des blés, connue dans la vallée de la Béqaa, a été discutée dans plusieurs travaux ultérieurs dont un rapport de la FAO soumis par Pelshenke (1964) au gouvernement libanais.

Entre les deux variétés Laakta 3 et Baladi Aarsal existe un rapprochement mais il reste beaucoup plus faible que celui existant entre le Towpé et le Baalbaké.

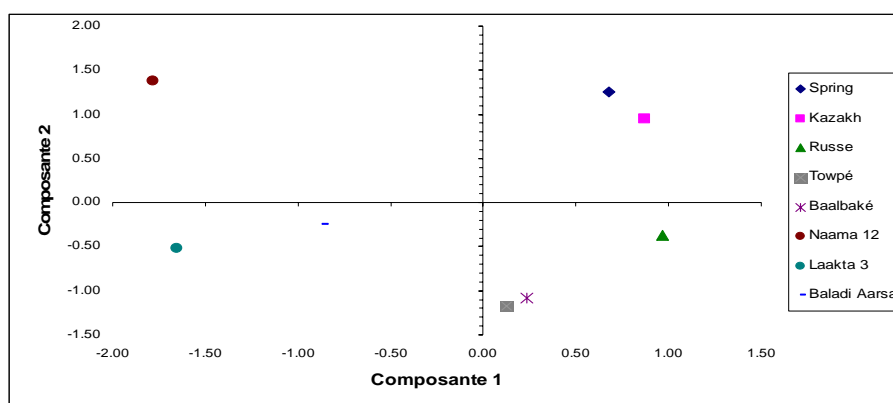


Figure 4. Distribution des variétés selon deux composantes principales.

La variété Naama 12 présente des caractéristiques convenables à la préparation du pain libanais suivant les spécifications demandées par les minoteries au Liban ; cette variété tardive par rapport à Towpé, a probablement échappé à l'attaque de la punaise. En effet elle a un gluten humide d'environ 35%, sa farine a un W de 231 joules, un P/L de 0,7, des taux de protéines et de cendres respectivement de 14% et 0.54% et enfin une absorption de 62%. Alors que la variété Baladi Aarsal a des spécifications convenables pour la préparation des farines à biscuit comme sa farine présente un W de 80 joules un P/L de 0.4, des taux de protéines et de cendres respectivement pour la farine de 10% et 0.55%, une absorption de 53% un développement de 2 minutes et une stabilité de 5 minutes. Pour les variétés Towpé, Baalbaké et Laakta 3 aucune valeur ne peut être attribuée à leur farine.

Donc seule la variété Naama 12 peut être utilisée dans les formules de blés destinés à la préparation du pain libanais à un certain pourcentage déterminé par les caractéristiques des autres blés qui entrent en jeu. A signaler que le mélange des blés pour la préparation d'une même farine, est toujours recommandé par les minoteries puisque la combinaison des caractéristiques favorise les qualités du pain.

## CONCLUSION

En se basant sur notre objectif de départ, cette étude a permis de comparer la qualité des variétés libanaises 'sous essai' à celle des variétés étrangères importées par les minotiers.

Les résultats obtenus par l'analyse des variétés étrangères sont en accord avec ceux figurant dans leurs catalogues et leurs contrats d'achat, ce qui confirme la fiabilité des tests exécutés. L'absence d'effet significatif entre les répétitions témoigne d'une répétitivité des analyses établies.

La disparité des résultats relevée par l'ANOVA affirme l'influence de la génétique sur la qualité des blés. Ainsi les blés Spring et Kazakh présentent un rapprochement au niveau de leur qualité et se sont montrés des blés forts ; en effet ils sont mélangés à d'autres variétés plus faibles dans les formules de blés destinés à la préparation du pain libanais. La variété Russe importée a présenté la qualité la plus conforme aux exigences recommandées. Un rapprochement important est décelé entre les génotypes Baalbaké et Towpé d'une part et un autre beaucoup plus faible entre les génotypes Baladi Aarsal et Laakta 3 d'autre part. Les trois variétés Laakta 3, Baalbaké et Towpé ne représentent aucune valeur boulangère et doivent être exclues des travaux de recherches. Tandis que le Baladi Aarsal, ayant une faible force boulangère et une grande extensibilité, peut être utilisé pour la préparation des biscuits. Seule la variété libanaise Naama 12 comporte des caractéristiques recherchées pour la préparation du pain local du fait qu'elle présente une force boulangère W de 231 joules, un taux de protéines pour la farine de 14% et un taux de cendres de 0.54%. Elle peut être utilisée dans les formules de blés destinés à la préparation du pain libanais.

Suites aux conclusions précédentes, il serait recommandé de poursuivre les travaux sur la variété Naama 12 ainsi que de rechercher des variétés additionnelles ayant des caractéristiques répondant aux exigences du pain local. Ce travail doit être établi en collaboration avec l'ICARDA, l'IRAL et les minotiers libanais.

## REMERCIEMENTS

En guise de reconnaissance, un remerciement est adressé à l'Agence Universitaire de la Francophonie pour la bourse offerte par son bureau du Moyen Orient pour l'accomplissement de ce projet d'étude. De même, des remerciements vont à La Société Industrielle du Levant qui a offert son laboratoire pour l'exécution des différentes analyses.

## REFERENCES

- Araji, F. et Machlab, H. 1999. *Effet des conditions géographiques sur la culture du blé tendre (Triticum aestivum) au Liban au niveau du rendement et de la qualité*. Agence Universitaire de la Francophonie (AUPELF, UREF), Bureau Moyen Orient.
- Brochoire, G., Guinard, J.Y. and Naudé, P. 1990. *Mon métier boulanger*. Confédération Nationale de la Boulangerie et Boulangerie-Pâtisserie Française, 5 rue d'Herbouville, 76042 Rouen, CEDEX, édition LTJ Lanore et Sotal, 286p.
- Dacosta, Y. 1986. *Le gluten de blé et ses applications*. Association pour la Promotion Industrie Agriculture, Paris, 130p.
- FAO 2005. [www.fao.org](http://www.fao.org)
- Harlan, J.R. and Zohary, D. 1966. Distribution of wild wheats and barley. *A Notation Studies*, 14: 121-123.
- ICC 2003. *ICC standard methods of the International Association for Cereal Science and Technology*, Vienna, édition 2003.
- Joubrane, K. et Machlab, H. 2001. *Influence de la date d'application de l'azote sur la qualité du blé tendre libanais (Triticum aestivum)*. Agence Universitaire de la Francophonie (AUPELF, UREF), Bureau Moyen Orient.
- Kleijer, G. 2002. Sélection des variétés de blé pour la qualité boulangère. Station Fédérale de Recherches en Production Végétale de Changins. *Revue Suisse d'Agriculture*, 34 (6) : 253-259.
- Ministère de l'économie 2005. [www.economy.gov.lb](http://www.economy.gov.lb)
- Moule, C. 1971. *Phytotechnie spéciale II céréales*. La Maison Rustique, Paris, 236p.
- Pelshenke, P.F. 1964. *La panification au Liban*. Rapport au gouvernement du Liban, FAO, Rome, 71p.
- Williams, P., Jaby El-Haramein, F., Nakhoul, H. and Rihawi, S. 1988. *Crop quality evaluation methods and guidelines*. International Center of Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), second edition, 145p.