



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE



La qualité technologique de quelques lignées d'orge issue de la sélection participative en zones semi-arides

Zairi Mohamed¹, Bouchentouf Samira Nawel¹, Hadjam Nawel¹, Benali Mohamed¹, Hamou Mimoune² et Labdi Mohamed²

1laboratoire technologie alimentaire Université de Sidi Bel Abbes, Algérie (Email:mzairi3e@yahoo.fr)

2Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA) Sidi Bel Abbes, Algérie (Email:inraauro@yahoo.fr)

ARTICLE INFO

RÉSUMÉ

Mots clés :

lignées d'orge, PBB, adaptation, qualité, physico-chimique, technologique, couscous.

La présente contribution a pour objectif d'étudier la qualité technologique des lignées d'orge introduites de l'ICARDA (Aleppo, Syrie) en Algérie en zone semi-aride. L'étude a été menée par l'INRA de Sidi Bel-Abbes (Algérie). Cette étude a été lancée pour caractériser la qualité de huit lignées d'orge. Ces lignées sont issues de la première sélection participative (PBB) et comparées par rapport aux deux variétés largement cultivées en Algérie (Saida183 et Rihane 03). Plusieurs paramètres physico-chimiques et technologiques ont été évalués : poids de mille grains, poids à l'hectolitre, la teneur en protéine, le taux de cendre, le rendement en semoule d'orge et la qualité culinaire des couscous fabriqués à partir de ces lignées. Les lignées sélectionnées ont montré plus d'adaptation au milieu. Les résultats obtenus ont été soumis à l'analyse statistique et des coefficients de corrélation entre paramètres ont été calculés. Cette sélection nous a permis de développer et de mettre à la disposition des agriculteurs des variétés adaptées aux conditions du milieu (zone semi-aride) dont la qualité est prometteuse. Cette analyse a révélé la confirmation du choix des agriculteurs avec les sélectionneurs (éleveurs). La sélection participative est un outil efficace pour améliorer la culture d'orge, la régularité des rendements et la qualité d'utilisation des orges.

Introduction

L'orge (*Hordeum vulgare* L.) est, à côté du blé, du maïs et du riz, l'une des céréales les plus importantes dans le monde, étant classé au quatrième rang des céréales pour la production des grains avec 38% maïs, 29% blé, 20% riz et 6% d'orge (Saulnier, 2012). L'orge est un aliment important dans plusieurs régions du monde telles que l'Afrique du Nord, le proche Orient, l'Asie, etc. La consommation moyenne et annuelle par personne dans ces régions varie entre 2 à 36 kg (EL-Haramein et Grando, 2010). Il joue également un rôle primordial non seulement en alimentation humaine au Maghreb et dans les montagnes d'Ethiopie, l'Eretria et le Pérou (Grando et al., 2005) mais également comme aliment de bétail en période hivernale lorsque le déficit fourrager est grand et le prix du fourrage est élevé. L'orge offre l'avantage de pouvoir être menée en double exploitation : première récolte en vert (pâturage ou fauche) suivie d'une récolte en grain (Khalidoun, 1989). En Algérie, l'orge largement cultivée occupe la deuxième place après le blé dur avec 35 à 40% des surfaces réservées aux céréales (Benmohamed, 2004). Malgré l'étendue de la superficie consacrée aux céréales, la production nationale est loin de satisfaire les besoins de la population. Les faibles rendements sont dus à la combinaison de plusieurs facteurs qui déterminent les aptitudes technologiques et nutritionnelles des céréales. La production des orges en zones arides reste confrontée aux aléas climatiques. Pour pallier à cet handicap et arriver à améliorer la production et intensifier l'espèce, l'Algérie a lancé, il y a environ dix ans (2005-2006), un programme de sélection participative (PPB) à partir des orges adaptées et à haut rendement. Ce programme a

Premier Séminaire International sur: Systèmes de Production en Zones Semi-arides. Diversité Agronomique et Systèmes de Cultures. M'sila, 04 et 05 Novembre 2015

été amélioré par l'introduction du concept de la sélection participative dont le premier principe est la participation des agriculteurs dans la sélection des variétés qu'ils jugent les mieux adaptées à leur environnement et leur système de culture. Cette sélection a été entreprise dans la wilaya de Sidi Bel Abbes et Tlemcen avec des entrées de 75 lignées à partir desquelles 08 lignées ont été admises en sélection. Ces dernières sont maintenant expérimentées sur terrain aux niveaux des exploitations agricoles de la région.

La présente contribution permet d'étudier la qualité technologique de 8 lignées d'orge introduites de l'ICARDA en utilisant des outils qui permettent au producteur de sélectionner et d'évaluer la qualité par rapport aux deux variétés témoins (Rihane03 et Saida 183) largement cultivées en Algérie et prises comme références.

I-Matériels et méthodes d'analyses

1- Matériel végétal

Huit lignées d'orge, issues de la première sélection participative des différents sites placés au niveau des agriculteurs, ont été comparées à deux variétés d'orge (Saida183 et Rihane 03) largement cultivées en Algérie. La détermination de la qualité des huit lignées, énumérées dans

2- Méthodes d'analyses

Les analyses ont été réalisées aux laboratoires de technologie alimentaire de l'université de Sidi Bel-Abbes (Algérie) pour évaluer les caractéristiques physicochimiques, biochimiques et technologiques des lignées d'orges. Les analyses de la qualité technologique ont été évaluées selon des paramètres retenus dans des études similaires (Rozenhal, 1975 ; Williams et al., 1988)

2-1 Analyse physique des grains

Le poids à l'hectolitre (Phl) est déterminé par la mesure de la masse de grains d'orge dans un volume d'un litre par écoulement libre d'un échantillon au moyen d'une trémie dans un récipient à l'aide d'un Niléma litre (NF V03-719/1981). La masse de mille grains entiers débarrassés d'impuretés est déterminée par comptage à l'aide de compteur de grains (Numigral) (NF V03-702/1981).

2-2 Analyses biochimiques et technologiques

Le temps de chute de Hagberg, d'une farine d'orge, a été déterminé selon la norme NF V 03-703 (1997). La teneur en cendre des grains et de semoules d'orges est obtenue par incinération d'une prise d'essai à une température de 900 C° selon la norme NF 03-720 (1981). La teneur en protéine est déterminée par la méthode de Kjeldahl. L'orge est mise en germination à 20°C pendant huit jours avec une alternance de lumière de 08heures/16 heures. La teneur en eau est également mesurée et les résultats sont exprimés sur une base de matière sèche.

Tableau 1 : Pédigrées des huit lignées d'orges (INRA, Sidi Bel-Abbes).

Lignées	Noms	Pédigrées	SN05
LS 05	Lignee527/NK1274//JLB70-063/3/Bda	ICBOO-0240-2APV-0AP	5431
LS09	Saida/6/cita 'S'/4/Apm/RI//Manker/3/Maswi/Bon/5/Copal'S'/7/	ICB03-0601-AP	3577
LS 15	Chn01/CC89//Arial/3/Lignee640/Bgs//Cel/4/Lignee527/Aths	ICB95-0028-0AP-10AP 0AP-4AP-0AP	2210
LS 16	Lignee527//NK1272//JLB70-063/3/Saida	APICB00-0239-16APV-0AP	5430
LS 17	Lignee527//NK1272//JLB706063/3/Alanda/Zafaraa//Goliria/'S'Copal/'S'	ICB00-0235-7APV-AP	5411
LS 18	Saida/6/Cita'S'/4/Apm/RI//Manker/3/Maswi/Bon/5/Copal'S'/7/Malouh/8/Alanda-01	ICB03—0596-0AP	3571
LS 20	Saida/6/Cita's'/4/Apm/RI//Manker/3maswi/Bon/5/Copal'S'/7/Malouh/8/Alanda-01	ICB03-0595-0AP	3570
LS 22	Saida/6/Cita'S'/4/Apm/RI//Manker/3/Maswi/Bon/5/Copal'S'/7/	ICB03-0580-0AP	3555

2-3 Appréciation de la valeur semoulière

2-3-1 La mouture d'essai :

Après avoir nettoyé et conditionné l'orge par lavage des grains, on effectue la mouture d'essai dans une meule à bras traditionnelle formé de deux pierres superposées.

2-3-2 La granulométrie de la semoule et du couscous d'orge :

La granulométrie de la semoule S1 destinée à la fabrication du couscous est obtenue par le passage d'une prise d'essai de 100 gr à 0.1 gr près sur une série de tamis classés par ordre décroissant d'ouverture de mailles: 450µm, 800µm et 1000 µm. Pour caractériser la granulation du couscous sec, une prise d'essai de 100 grammes à 0,1 près est déposée sur le tamis supérieur d'une série de tamis d'ouverture de mailles de (630, 800, 1120, 1250 et 2500µm).

2-4 Appréciation de la valeur couscoussière

2-4-1 Fabrication artisanale du couscous :

Le processus de fabrication du couscous artisanal (roulé à la main) est basé sur l'agglomération des particules de semoule-eau, pré cuisson et séchage à l'air libre pendant quatre jours jusqu'à une humidité finale de 11,5 à 12%.

2-4-2 Appréciation du rendement en couscous (RC) :

Nous avons calculé les rendements en couscous sec des différentes semoules issues des dix lignées d'orge selon l'équation suivante :

$$RC = \frac{\text{Masse du couscous sec}}{\text{Masse de la semoule utilisée}} \times 100$$

2-4-3 détermination de la qualité culinaire du couscous

2-4-3-1 cuisson du couscous :

La cuisson du couscous consiste à préparer le produit en vue de sa consommation. La cuisson ménagère traditionnelle est réalisée dans les conditions décrites par Guezlane et Abecassis (1991).

2-4-3-2 L'indice de prise en masse du couscous cuit (IPMC) : 10 Gr de couscous cuit selon une cuisson ménagère sont mis dans des capsules en grilles métallique, l'ensemble est introduit dans une étuve ventilée pendant trois heures et demie à 60°C. Le produit obtenu est déposé sur un tamis de 2500 µm pendant cinq minutes. On exprime le refus en pourcentage par apport à la prise d'essai.

2-4-3-3 L'Indice de Gonflement du couscous (IG) :

Le gonflement du couscous cuit est réalisé dans les mêmes conditions décrites par Guezlane et Abecassis (1991).

2-4-3-4 Analyse sensorielle des couscous cuits :

La qualité culinaire des couscous préparé selon la méthode ménagère est appréciée suivant les conditions arrêtées par la norme AFNOR (NF V09-014, 1995). Les essais de dégustation ont été réalisés le matin. Chaque assiette contenait environ 20 à 30gde couscous cuit est refroidi jusqu'à 45°C. Les assiettes sont codées et présentées avec les formulaires de réponse. Un jury composé de 6 sujets, déjà familiarisé avec les produits, a été invité à l'évaluation sensorielle des couscous cuits. Les critères choisis sont : le collant apprécié visuellement, la facilité d'émottage à la fourchette et en bouche et la texture des produits cuits (Fermeté à la dent).

3- Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du programme Statview 5.0 (SAS Institut) (Caldorola et al., 1998). Les résultats sont exprimés pour les paramètres déterminés sous forme de moyenne et écart-type de la moyenne. L'analyse par régression simple a été utilisée pour déduire le coefficient de corrélation entre les différents variables déterminés.

II- Résultats

1- Aptitudes technologiques des lignées orges sélectionnées

La zone agroclimatique de Sidi Bel-Abbes est caractérisée par une insuffisance et une mauvaise répartition interannuelle et saisonnière des précipitations se traduisant souvent par un déficit hydrique important coïncidant avec des phases critiques (gelées) de développement des céréales. Le travail représente un grand intérêt pour l'orientation et l'utilisation de la production d'orge dans la zone semi-aride. Il permet en outre, de sélectionner les lignées les plus intéressantes par leurs productions et pour leurs aptitudes technologiques.

1-1 les caractéristiques physicochimiques des grains d'orge de la récolte 2014

La valeur semoulière correspond à l'aptitude d'une céréale (orge ou blé) à donner un rendement élevé en semoule de qualité déterminée. Cette valeur peut être estimée ou appréciée par des tests indirects suivant les caractéristiques physiques de l'orge. Nous avons rassemblées dans le tableau 2, les différentes caractéristiques physiques des huit lignées d'orge sélectionnées et les deux variétés locales témoins.

Tableau 2 : Appréciations des caractéristiques physiques des lignées orges

Analyses Lignées d'orge	Teneur en eau, %	Phl, kg/hl	PMG, g	TC, %	I. Chute, s
LS05	9,10	54,36	44,55	2,33	63
LS09	9,37	55,06	45,71	2,26	241
LS15	9,69	56,32	45,41	2,48	327
LS16	9,27	56,91	43,88	2,24	62
LS17	9,42	57,54	44,86	2,18	70
LS18	9,79	58,74	45,65	2,34	275
LS20	9,62	51,57	42,28	2,27	213
LS22	10,15	60,51	39,34	2,33	343
Saida 183	9,37	52,32	44,72	2,48	63
Rihane 03	9,89	51,60	44,35	2,20	256
Moy± sd	9,57 ± 0,32	55,49 ± 3,07	44,07± 1,9	2,31±0,1	191,3±115,43

Phl : Poids à l'hectolitre, PMG : Poids de 100 grains, TC : Taux de cendre, I. Chute : indice de chute (Hagberg)

Les caractéristiques physiques des lignées d'orge étudiées sont assez satisfaisantes en comparaison avec les variétés locales témoins. Les résultats obtenus présentent des taux d'humidité très rapprochés avec une moyenne de $9,57 \pm 0,32$. Bien que la lignée LS22 présente la plus grande valeur (10,15). L'humidité, des céréales cultivées en Algérie et en particulier l'orge, est faible par rapport aux céréales d'origine étrangère. Godon et Willm (1991) ont classé les grains d'orge en fonction de leur PMG comme suite :

- Petits grains pour les grains ayant des PMG entre 35-41 g ;
- Grains moyens pour les grains ayant des PMG entre 42-48g ;
- Gros grains pour les grains ayant des PMG entre 49-60 g.

En se basant sur cette échelle de classification, l'ensemble des échantillons d'orges étudiées présente des grains moyens alors que la lignée LS22 est caractérisée par des petits grains. Le PMG le plus élevé est observé pour la lignée LS09 (45,71g) et le plus faible pour LS22 (39,34). La détermination du PMG permet de juger les degrés d'échaudage des grains et de pronostiquer le rendement en semoules d'orge. Le poids à l'hectolitre (Phl) ou poids spécifique des lignées d'orges et les deux variétés témoins étudiées varie entre 60,51 et 51,60 kg/hl avec une moyenne de $55,49 \pm 3,07$. En Algérie on utilise le Phl comme référence pour établir la législation en matière de taux d'extraction de semoules ou de farines à partir du blé (dur et tendre). D'après nos résultats, on remarque le Phl des deux variétés avec la LS20 est plus faible par rapport à l'ensemble des lignées étudiées. Le taux de cendre présente une amplitude de mesure relativement faible sur l'ensemble des variétés et lignées étudiées. Les taux de cendre des lignées et des deux variétés varient de 2,48 (LS15 et Saida183) à 2,18 (LS17) avec une valeur moyenne de $2,31 \pm 0,10$. Les valeurs de l'indice de chute Hagberg présentent des variations de grande amplitude et varient de 343 à 62 secondes avec une moyenne de $191,3 \pm 115,5$.

1-2-Bilan de mouture expérimentale

La valeur semoulière peut être définie comme étant l'aptitude d'une céréale (blé ou orge) à donner, dans des conditions industrielles, un rendement élevé en semoule de pureté déterminé. Le bilan de mouture quantitatif et qualitatif est présenté dans le tableau 3.

Tableau 3 : Bilan de mouture expérimentale en % des lignées et des deux variétés d'orge

LIGNEES	Son	Farine	TE S*	S0	S1	S2	S3	TC S1	R
LS05	31,46	2,99	65,55	12,08	44,1	6,69	2,68	1,61	0,69
LS09	20,55	5,56	73,89	15,93	45,59	8,19	4,18	1,92	0,85
LS15	28,97	3,68	67,35	18,99	38,16	6,73	3,47	2,08	0,83
LS16	32,17	3,02	64,81	3,53	49,29	8,85	3,14	1,34	0,58
LS17	28,00	3,35	68,65	2,86	50,06	11,97	3,76	1,91	0,87
LS18	32,18	3,07	64,75	4,96	46,74	9,73	3,32	1,60	0,68
LS20	28,86	2,23	68,91	5,65	45,72	14,07	3,47	1,40	0,62
LS22	35,91	4,38	62,71	3,55	45,27	10,40	3,49	1,49	0,64
Saida	37,48	2,11	60,41	4,59	47,49	10,12	2,80	1,47	0,59
Rihane	22,28	3,72	74,00	8,85	50,88	11,04	3,23	1,30	0,59
Moy±sd	29,8±5,3	3,4±1,1	67,1±4,4	8,1±5,7	46,3±3,6	9,8±2,3	3,3±0,4	1,61±0,2	0,69±0,11
Max	37,48	5,56	74,00	18,99	50,88	14,07	4,18	2,08	0,87
Min	20,55	2,11	60,41	2,86	38,16	6,69	2,68	1,30	0,58

- Les différentes fractions issues après tamisage du mélange de la semoule extraite :
 - La semoule **S₀** dont les particules sont assez grosses > 1250µm.
 - La semoule **S₁** dont la taille des grains est > 400 µm.
 - La semoule **S₂** dont la taille des grains est > 355 µm et < 400 µm.
 - La semoule **S₃** dont la taille des grains est > 250 µm et < 355 µm.

Les rendements semouliers (TE) des deux variétés et 08 lignées d'orge enregistrés sont satisfaisants et peuvent être considérés comme bons car ils ont atteint un maximum de 74% pour la variété Rihane, 73,89 % pour la LS 09 et un minimum de 60,4% correspondant à la variété Saida, 62,71% lignée LS22 avec une moyenne de 67,1±4,4 %. La granulation la plus importante du point de vue quantitatif est celle supérieure à 400 µm (comprise entre 1000 et 400µm). C'est bien cette fraction qui a été choisie pour la fabrication de nos couscous. La farine ne présentant qu'une portion faible variant de 2.11 à 5.56% avec une moyenne de 3,4±1,01. La teneur en cendre est une caractéristique de pureté de semoule. On considère que la valeur en matières minérales n'avait que peu de signification et que la pureté d'une semoule ne pouvait être correctement appréciée que par la détermination du rapport R (R=TC semoules / TC grains), qui doit être inférieur à 0,5% (Guezlane, 1979).

3- Les caractéristiques physicochimiques des semoules (S1) d'orge

La qualité de la semoule est déterminée par le dosage des différentes caractéristiques physicochimiques et biochimiques. On pense généralement que les protéines ont une position prééminente dans la détermination de la qualité technologique des céréales (blé dur ou orge) dans la fabrication des pâtes alimentaires et couscous.

3-1 Essai de granulation de la semoule S1

L'analyse granulométrique des semoules est déterminée selon la méthode préconisée par Calvel (1984). La distribution granulométrique d'une semoule permet d'apprécier le comportement de celle-ci lors de l'hydratation (quantité d'eau absorbée et vitesse d'hydratation) (FEILLET, 2000). Le calibrage est très important pour obtenir une bonne hydratation. Cette dernière est fonction de la surface de contact des particules avec l'eau et de leur homogénéité. Il ressort du tableau 4 que toutes les semoules S1 présentent plus de 76 % des particules de dimension ($\geq 800 \mu\text{m}$). Les fractions les plus importantes étant respectivement celles du refus du tamis de 800 µm et de 450 µm. Les valeurs moyennes respectivement des refus sont de 83,98±6,36 et 12,46±5,92. Selon ces valeurs on peut admettre que les semoules S1 des différentes lignées sont homogènes sur le plan granulométrique. Ces résultats coïncident avec les normes du Codex concernant la fabrication du couscous.

Tableau 4 : Granulation de la semoule S1 en % des deux variétés et des huit lignées d'orge

LIGNEES	Taux refus 1000µm	Taux refus 800µm	Taux refus 450	Taux d'extraction
LS05	0,44	79,75	16,44	2,91
LS09	0,42	73,88	21,93	3,77
LS15	2,01	81,96	14,05	1,20
LS16	0,87	89,70	6,61	2,80
LS17	0,66	90,79	5,67	2,81
LS18	0,54	82,51	13,44	3,37
LS20	0,35	85,24	11,30	2,75
LS22	1,80	86,16	11,25	1,63
Saida	1,25	93,61	4,15	1,70
Rihane	1,89	76,23	19,84	3,04
Moy±sd	1,02±0,66	83,98±6,36	12,46±5,92	2,59±0,82
Max	2,01	93,61	21,93	3,77
Min	0,35	73,88	4,15	1,20

3-2 La détermination de la teneur en protéines

La teneur en protéines est un critère très important d'appréciation de la qualité aussi bien pour l'alimentation animale (valeur alimentaire d'un produit) que pour l'alimentation humaine (valeur d'utilisation). Les résultats déterminés dans cette étude, tableau 5, ont été réalisés dans le but de préciser le rôle déployé par les protéines totales sur la qualité du couscous préparé à partir des différentes lignées d'orge.

A travers les résultats, on remarque que les teneurs en protéines des semoules d'orge des lignées et des deux variétés de la récolte 2014 sont relativement élevées par rapport aux récoltes de 2010 à 2013. La teneur varie de 16,36 à 13,83 avec une moyenne de 15,27±1,01. La variété Saida et les lignées LS09, LS17, LS18 et LS20 renferment les taux les plus élevés. La lignée LS15 présente la valeur la plus basse. Ces valeurs concordent avec de nombreuses études de variétés d'orge dont la teneur en protéines varie dans des intervalles de 12,9 à 18,6% (Belika et al., 2004) et de 10 à 17% (Kamel et al., 2013). La teneur en protéine d'une même variété est susceptible de changer d'une récolte à l'autre et d'un lieu à l'autre. Il est important de signaler que les lignées et les deux variétés d'orge étudiées sont cultivées sur des parcelles riches en fumure azotée ; une année jachère et la seconde année la parcelle a été utilisée pour la culture des légumes secs, ce qui explique des valeurs relativement élevées en protéines totales.

Tableau 5 : résultats concernant les taux de protéines en % des deux variétés et huit lignées d'orge

LIGNEES	Taux de protéines totales,%
LS05	15,31
LS09	16,28
LS15	13,83
LS16	14,44
LS17	16,01
LS18	16,36
LS20	16,19
LS22	14,09
Saida	16,01
Rihane	14,26
Moy±sd	15,27±1,01
Max	16,36
Min	13,83

4- Appréciation de la qualité couscoussière

4-1 la valeur couscoussière

La valeur couscoussière traduit l'aptitude d'une semoule à donner, dans des conditions déterminées, un couscous de bonne qualité. Le couscous est aliment dont la consommation a largement dépassé les frontières

du Maghreb dont il est originaire. La conduite du procédé de fabrication du couscous d'orge est encore fortement basée sur l'empirisme, l'expertise technologique et les savoir-faire des opérateurs. Peu de travaux scientifiques et techniques discutent du procédé de fabrication du couscous d'orge.

4-2 Appréciation du rendement en couscous

La préparation de produits à base de semoules d'orge au niveau du foyer familial est une tradition chez les populations d'Afrique du Nord. Le couscous, produit résultant de l'agglomération de semoule est apprécié par les populations rurales et urbaines du Maghreb. Les appellations différentes, rencontrées en Afrique du Nord pour désigner le couscous, sont liées au mode de préparation et aux habitudes alimentaires, ainsi en Algérie il s'agit de Tchicha, au Maroc on le nomme Dchicha ou Belboula (El Yamlahi et al., 2014). Les résultats des rendements en couscous obtenus des deux variétés (Saida 183 et Rihane 03) et des 08 lignées sont représentés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Bilan de fabrication des couscous à base de semoule S1 des deux variétés et 08 lignées d'orge

Lignées	Quantité de semoule S1 engagée (gr)	Quantité d'eau utilisée (ml)	Quantité de couscous fabriquée (gr)	Rendement en couscous (%)
LS 05	585.15	400	512.31	87.55
LS 09	367.04	300	322.49	87.86
LS 15	260.63	200	178.12	68.34
LS 16	470.33	300	340.12	72.32
LS 17	418.95	200	317.07	75.68
LS 18	440.42	500	389.47	88.43
LS 20	354.49	300	308.75	87.10
LS 22	348.07	300	300.58	86.36
Saida 183	428.02	200	321.87	75.20
Rihane 03	558.25	450	480.89	86.14
Moy ± sd	423,13±96,30	315±105,54	347,17±95,08	81,50±7,7
Minimum	260,63	200	178,12	68,34
Maximum	585,15	500	512,31	88,43

Le bilan des matières étudiées a permis l'évaluation de la faisabilité technologique de la fabrication du couscous à partir d'un seul type de semoule d'orge S1. Dans notre essai les rendements en couscous sont significativement élevés pour les deux variétés (Rihane 03 et Saida 183) et des 08 lignées. Ils varient de 68.34% à 88.43 % avec une valeur moyenne de 81,50±7,7. D'une manière générale, on remarque que l'ensemble des lignées d'orge conviennent très bien pour la préparation du couscous suivant la méthode artisanale.

4-3 caractéristiques granulométriques du couscous sec.

Le processus de fabrication du couscous est basé sur l'agglomération des particules de semoules (dans notre cas semoule S1) avec de l'eau afin d'obtenir un produit homogène. Le couscous d'orge représente un plat traditionnel aussi bien en Algérie qu'au Maroc, puisqu'il contribue non seulement à l'apport énergétique, mais aussi il fait partie intégrante de nos habitudes alimentaires. Les résultats de la granulation des couscous d'orge sont exprimés en pourcentage, pour chaque refus de tamis en pourcentage cumulé de la masse totale récupérée et sont présentés dans le Tableau 7. La distribution granulométrique des couscous fabriqués montre l'existence d'une similitude entre les deux variétés et les 08 lignées.

Tableau 7 : Caractérisation de la granulation des couscous des deux variétés et 08 lignées d'orge

Lignées	Taux Refus 2500 µm (%)	Taux Refus 1250 µm (%)	Taux Refus 1120µm (%)	Taux Refus 800 µm (%)	Taux Refus 630 µm (%)	Extraction 630 µm (%)
LS 05	0.21	53.11	24.84	19.26	1.39	0.85
LS 09	0.51	60.12	22.67	15.26	0.90	0.54
LS 15	0.26	79.01	12.33	6.12	0.82	0.60
LS 16	0.09	59.71	24.75	14.04	0.68	0.50
LS 17	0.15	73.29	15.95	8.21	0.30	0.15
LS 18	0.47	50.26	28.05	18.21	1.13	0.53
LS 20	0.90	75.34	13.85	7.59	0.89	0.57
LS 22	1.05	53.77	28.33	14.66	0.74	0.58
Saida 183	0.15	86.22	10.61	2.52	0.13	0.12
Rihane 03	0.02	67.48	21.84	9.46	0.32	0.41
Moy±	0,38±0,35	65,83±12,28	20,32±6,59	11,53±5,53	0,73±0,39	0,48±0,21
Minimum	0,02	50,26	10,61	2,52	0,13	0,12
Maximum	1,05	86,22	28,33	19,26	1,39	0,85

L'étude comparative de la granulation des couscous secs des différentes lignées d'orge montre qu'il y'a une large différence entre les échantillons étudiés bien que les conditions de préparation et la granulation de la semoule utilisée sont presque identique. La fraction la plus importante se situe entre les refus des tamis de 1250 et 1120 µm d'ouverture. Ces fractions varient entre 50,26 et 86,22% et 10,61 et 28,33% avec une des valeurs moyennes des deux fractions dans les intervalles sont respectivement 65,83±12,28 et 20,32 ±6,59. Les résultats de la répartition granulométrique des couscous des différentes lignées permettent de conclure que tous les produits présentent une granulométrie répondant aux exigences d'un couscous gros (CODEX ALIMENTARIUS, 1995).

5- L'appréciation de la qualité culinaire des couscous

Les principaux facteurs d'appréciation d'un couscous sont : l'indice de gonflement (IG), indice de prise en masse du couscous cuit (IPMC) et le test de dégustation par l'évaluation sensorielle.

5-1 Indice de gonflement du couscous

L'indice de gonflement du couscous à l'eau est un paramètre très important pour le contrôle de la qualité des produits aussi bien au niveau industriel que durant les transactions commerciales. La capacité du gonflement du couscous est liée en grande partie à la richesse de la matière première en protéines ainsi qu'à leur qualité. Selon Debbouz et Donnelly (1996), la capacité de couscous à absorber rapidement l'eau et à maintenir sa fermeté, est considérée comme un indicateur de bonne qualité comparé au couscous du blé dur. El Yamahi et al., (2014) ont rapportés qu'il existe une corrélation positive entre la qualité, la teneur en protéine, l'absorption d'eau et l'amélioration de qualité culinaire du couscous. L'évolution de l'IG du couscous cuit pour chaque lignée en fonction du temps est représentée dans la figure1.

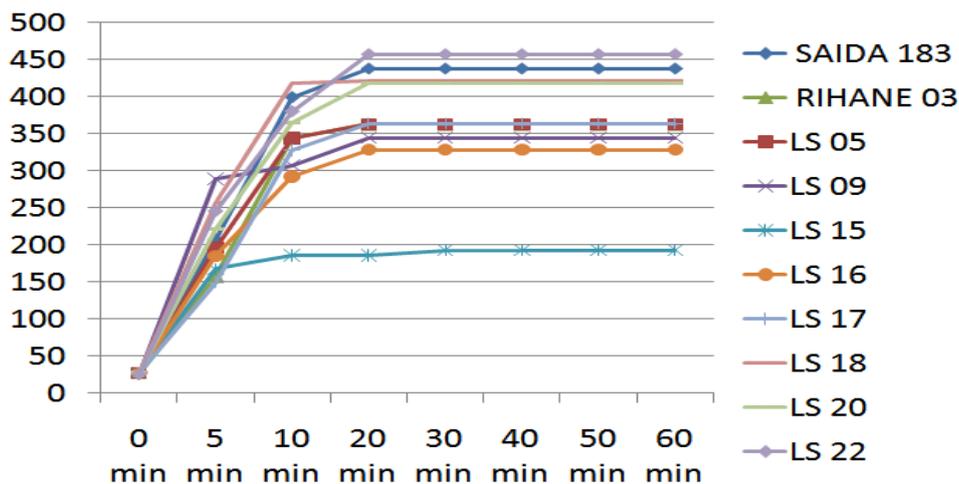


Figure 1: Indice de gonflement (IG) en % des couscous des deux variétés et 08 lignées d’orge

L’analyse des résultats montre que la capacité d’absorption d’eau par les grains de couscous cuits, traités par l’eau distillée à 100 °C diffère d’une lignée à l’autre. Cette différence observée est liée à la qualité de la matière première (teneur en protéines) ainsi que la granulation. On remarque que la vitesse de gonflement des couscous en fonction du temps est différente. L’analyse des courbes permet de constater que l’ensemble des lignées et les deux variétés atteignent leurs maximums de gonflement après vingt minutes. Debbouz et Donnelly (1996) confirment que la quantité d’eau absorbée augmente avec le degré de gélatinisation de l’amidon.

5-2 Indice de prise en masse du couscous cuit (IPMC)

L’indice de prise en masse du couscous cuit représente l’un des critères d’évaluation de la qualité organoleptique du couscous. Il rend compte de l’état physique d’agglomération des grains de couscous au cours de la cuisson à la vapeur suivie d’un séchage. Son principe consiste à hydrater puis sécher ce couscous avant de le soumettre à une analyse granulométrique. L’IPMC a été apprécié par l’évaluation de la taille des particules sur un tamis de 2500µm d’ouverture de maille. Les résultats des indices de prise en masse obtenus pour les couscous des deux variétés (Saida 183 et Rihane 03) et des 08 lignées sont représentés dans la figure 2. Selon ces résultats les couscous se révèlent assez collants. C’est le couscous issu de la variété Saida 183 qui est le moins collant. En revanche c’est celui issu de la variété Rihane 03 qui est le plus collant.

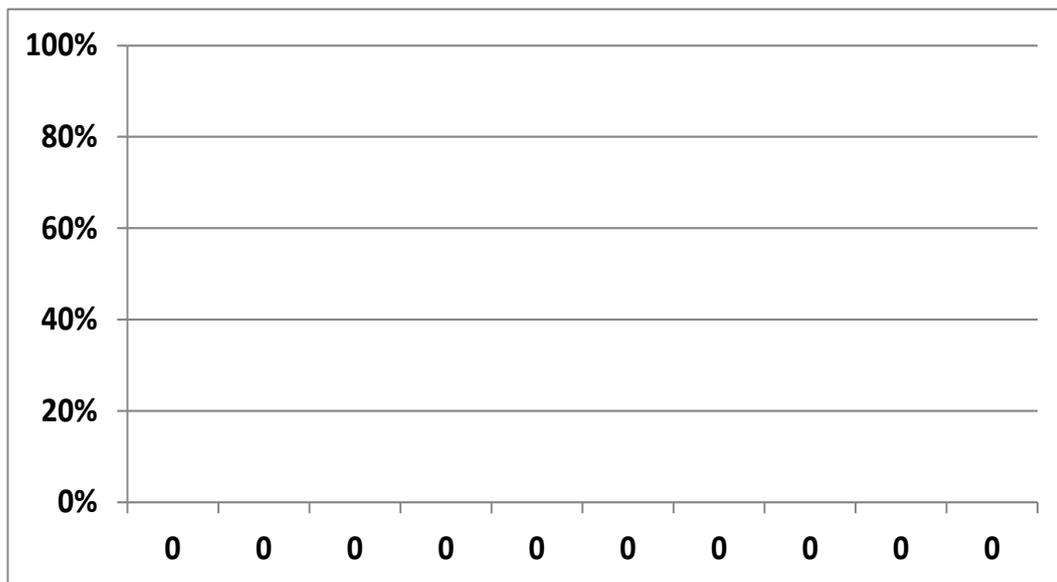


Figure 2: Indice de prise de masse (IPMC) en % des couscous des deux variétés et 08 lignées d’orge

Dans notre essai les IPMC sont très élevés pour les deux variétés (Rihane 03 et Saida 183) et des 08 lignées. Ils varient de 27,5 à 65.8% avec une valeur moyenne de 42,73±9,41.

5-3 Evaluation sensorielle de la qualité culinaire des couscous

Par analogie aux pâtes alimentaires, les propriétés culinaires du couscous cuit à la vapeur sont évaluées par une analyse sensorielle. Une fois cuit, les particules de couscous doivent être bien individualisées sans se déliter ni se coller entre elles. Les résultats de l'analyse de dégustation basée sur la notation sur une échelle de 9 points des caractéristiques sensorielles des couscous issus des deux variétés (Saida183 et Rihane03) et des 08 lignées d'orge, portant sur le critère de l'aspect et régularité des grains de couscous, La couleur, le collant et la fermeté sont présentés dans le tableau 8. Les notes sont attribuées de 1 à 9 et croisent avec la meilleure qualité par un ensemble de jury de six personnes.

Selon les valeurs des caractéristiques organoleptiques analysées par l'évaluation sensorielle, on observe d'une manière générale, que les couscous d'orge sont jugés assez ferme mais beaucoup moins collante et plus faciles à démotter avec une couleur appréciable. Les valeurs moyennes des notes de la fermeté : 4,86±0,58 ; le collant : 4,63±1,26 ; le démottage qui caractérise la régularité des couscous : 6,38±0,73, la couleur :5,19±1,0et la somme des moyenne : 21,37±2,54. Le calcul de la somme des moyennes des différents critères obtenues pour chaque couscous nous a permis le classement par ordre décroissant (Tableau 8). On observe que la variété Saida 183 (25,83) est le mieux appréciée suivie de LS17 (23,49), LS16 (22,48), LS15 avec LS20 (22,65) et en fin LS09 (21,66).

En générale, les couscous confectionnés ont été apprécié par l'ensemble des dégustateurs comme étant des couscous de bon gout présentant une fermeté acceptable malgré leur caractère un peu collant.

Tableau 8 : Moyenne des notes des différents critères utilisés lors de la dégustation des couscous attribuées aux des deux variétés et 08 lignées d'orge

Lignées	Aspect et régularité des grains de couscous*	Couleur*	Collant*	Fermeté*	somme des moyennes	Rang de chaque produit
LS 05	5,33	4,66	3,66	4,16	17,81	9
LS 09	6,5	4,5	3,16	4,5	21,66	6
LS 15	6,33	4,16	6,5	5,66	22,65	4
LS 16	6,66	6,33	5,33	4,5	22,82	3
LS 17	6,83	7,16	4,33	5,16	23,48	2
LS 18	6,66	4,16	3,5	5,16	19,48	8
LS 20	6,83	5,83	5,66	4,33	22,65	4
LS 22	5	4,5	3,66	4,33	17,49	10
Saida 183	7,5	5,5	6,5	5,83	25,33	1
Rihane 03	6,16	5,16	4	5	20,32	7
Moy±sd	6,38±0,73	5,19±1,0	4,63±1,26	4,86±0,58	21,37±2,54	
Minimum	5,0	4,16	3,16	4,16	17,49	
Maximum	7,5	7,16	6,5	5,83	25,33	

*La note 1=pas ferme=très collant=irrégularité des grains (difficile à démotter)

*la note 9=ferme=pas collant=très facile à démotter avec une bonne couleur appréciable par le consommateur

6- Relation entre les caractéristiques physicochimiques de la semoule, les analyses instrumentales et sensorielles du couscous.

Nous avons essayé d'étudier la relation entre les caractéristiques physicochimiques de la semoule, les analyses instrumentales et sensorielles du couscous des différentes lignées et des deux variétés (Saida 183 et Rihane 03) tableau 9.

Pour évaluer la capacité des mesures effectuées à prédire la qualité des couscous, la Matrice de corrélation entre les caractéristiques physicochimiques de la semoule, les analyses instrumentales et sensorielles du couscous des différentes lignées et des deux variétés (Saida 183 et Rihane 03) a été calculée (Tableau 10).

Tableau 9 : les caractéristiques de la semoule S1 et les caractéristiques du couscous d'orge

LIGNEES	GS1, %	TP, %	IG, %	IPMC, %	Dém	Col	Fer
LS05	79,75	15,31	362,96	43	5,33	3,66	4,16
LS09	73,88	16,28	344,44	56,8	6,5	3,16	4,5
LS15	81,96	13,83	192,86	32,3	6,33	6,5	5,66
LS16	89,70	14,44	328,57	36,5	6,66	5,33	4,5
LS17	90,79	16,01	364,29	49,1	6,83	4,33	5,16
LS18	82,51	16,36	421,43	51,5	6,66	3,5	5,16
LS20	85,24	16,19	417,86	35,0	6,83	5,66	4,33
LS22	86,16	14,09	457,69	47,1	5	3,66	4,33
Saida183	93,61	16,01	438,46	27,5	7,5	6,5	5,83
Rihane03	76,23	14,26	362,96	48,5	6,16	4	5

Tableau 10 : Matrice de corrélation entre les caractéristiques physicochimiques de la semoule, les analyses instrumentales et sensorielles du couscous des différentes lignées et des deux variétés (Saida 183 et Rihane 03)

	GS1, %	TP, %	IG, %	IPMC, %	Dém.	Col.	Ferm.
GS1, %	1,000						
TP, %	0,082	1,000					
IG, %	0,292	0,454	1,000				
IPMC, %	-0,588	0,223	0,169	1,000			
Dém.	0,418	0,541	--0,016	--0,356	1,000		
Col.	0,565	--0,185	--0,322	-0,938	0,541	1,000	
Ferm.	0,326	0,326	--0,265	--0,380	0,596	0,588	1,000

La corrélation entre la teneur en protéine est faiblement liée à la fermeté (0,32) et au collant (-0,18). Cela paraît étonnant puisque la qualité culinaire du couscous s'améliore avec l'augmentation de la quantité et la qualité des protéines (Debbouz et al., 1994). On peut penser que c'est la qualité des protéines qui intervient d'une importance capitale pour prédire la qualité culinaire. Le démottage est corrélé positivement avec la fermeté (0,59). L'IPMC est négativement corrélé au caractère collant (-0,94). Ce résultat ne confirme pas les données théoriques puisque l'IPMC suit le collant par diffusion de l'amidon à la surface des grains de couscous.

CONCLUSION

L'objectif principal de cette étude est de définir les paramètres physico-chimiques et technologiques de huit lignées d'orge issues du PBB. Cette première tentative de sélection participative en Algérie nous a montré clairement qu'il est possible d'introduire de nouvelles variétés d'orge sous des conditions semi-arides. L'objectif de la sélection participative n'est pas uniquement d'obtenir de bon rendement avec des variétés bien adaptées mais également d'améliorer la culture de l'orge, la régularité des rendements et la qualité d'utilisation des orges. Les résultats obtenus nous ont permis de confirmer le choix des agriculteurs avec les sélectionneurs.

La mouture sur meule après conditionnement des deux variétés et des huit lignées, de la récolte 2014, nous a donné des taux d'extraction satisfaisants très rapprochés pour les dix échantillons avec des rendements en semoules allant d'un minimum de 58.88% pour la lignée LS22 jusqu'à un maximum de 73.89 % pour la LS 09. Le taux de farine étant très faible et ne présentant que 5.56% comme maximum. La mesure de la valeur semoulière par l'essai de mouture traditionnelle montre que la plus part des lignées présentent des taux d'extraction élevés. Les résultats de la répartition granulométrie des couscous des différentes lignées permettent de conclure que tous les produits présentent une granulométrie répondant aux exigences d'un couscous gros.

Les dégustateurs ont jugé les couscous d'être assez fermes et plus au moins collants avec un aspect caractérisé pour tous les échantillons par la régularité de la forme et par le brunissement de la couleur. Cependant tous les couscous ont été appréciés et considérés comme satisfaisants. Nos résultats montrent la possibilité de fabriquer des couscous de bonne qualité à base d'orge ce qui va donner un nouveau potentiel à une vieille céréale.

Références bibliographiques

- Belicka I., Briedis U. and Liepa A., 2004. The characteristics of barley germplasm with Increased Crude Protein content. P. 518-524. In: Jaroslav Spunar et JarmilaJanikova 9th international Barley Genetics symposium proceedings, Brno, Czech Republic 20-26 June 2004
- Benmohammed A, 2004. La production de l'orge et possibilités dedéveloppement en Algérie. Céréaliculture. 41, 34-38. ITGC, Alger.
- Calvel R., 1984. La boulangerie moderne. 10^{ème} édition. Eyrolles. Paris. 436p.
- Caldorola J, Dilmaghani A, Gagnon J, Soper C, Wasserman E, 1998. Stat View for Windows version 5: Cary, NC 27513. SAS Institute Inc.
- CODEX ALIMENTARIUS, 1995.Normes du codex pour le couscous (Codex standard 202-1995)
- Debbouz A., J. W. Dick et B. J. Donnelly, 1994. Influence of raw material on couscous quality. Cereal Foods World, 39 (4), 213-236.
- Debbouz A. et Donnelly B. J., 1996. Process effect on couscous quality. Cereal chemistry, vol. 73, N° 6, p. 668-671.
- El-Haramein F.J., 2005. Food Barley Quality Evaluation at ICARDA, p. 141-144, In: GrandoStefania, Helena Gomez Macpherson. Food Barley: Importance, Uses and Local Knowledge, ICARDA
- El Haramein FJ., Grando S . 2010. Determination of iron and zinc content in food barley. In: Ceccarelli Sand Grando S. 2010. Proceedings of the 10th Inter. Barley Genetics Symposium, 5 – 10 April 2008, Alexandria, Egypt. Aleppo, Syria: International Center for Agricultural Rese arch in the Dry Areas (ICARDA), 603 - 605.
- El Yamlahi A., R. Salghi, M. Ouhsine, 2014. Quality study of cooked and dried barley semolina. International Journal of Engineering Inventions. Volume 4, Issue 2, PP: 31-44
- Feillet P., 2000. Le grain de blé. Composition et utilisation. Edition INRA. P : 58-75; 196-198.
- Godon B. 1991. Composition biochimique des céréales. A : Grains d'avoine, blé, maïs, orge, seigle, triticale. In : B. Godon, C. Willm, Les industries de première transformation des céréales Paris : Lavoisier. p.77-94.
- Grando S., H. Gomez Macpherson, 2005. Food Barley: Importance, Uses and Local Knowledge, ICARDA
- Guezlane L., 1979. Etude comparative de la qualité technologique de cinq variétés de blé dur cultivées en Algérie. Thèse de magister, INA, El-Harrach.
- Guezlane L., Abecassis J., 1991. Méthodes d'appréciation de la qualité culinaire du couscous de blé dur. IAA, 11 p. 966-971.
- Kamal M.E. Youssef FawzyAbd El-Kader El-Fishawy, El-Sayed Abd El-Naby Ramadan, Asmaa Mohamed Abd El-Rahman, 2013. Nutritional Assessment of Barley, Talbina and Their Germinated Products. Frontiers in Science 2013, 3(2): 56-65
- Khaldoun A., 1989. Etude du comportement de l'orge exploitée à double fin.Fourrages , 117, 77-88
- Norme AFNOR, NF V03-703, 1997. Céréales et produits céréaliers : détermination de l'indice de chute selon Hagberg-Perten.
- Norme AFNOR, NF V03-720, 1981. Céréales et produits de mouture : détermination des cendres- méthode par incinération à 900°C.
- Norme AFNOR, NF V03-719, 1996. Céréales : détermination de la masse volumique, dite masse à l'hectolitre.
- Norme AFNOR, NF V03-702, 1981. Céréales : détermination de la masse de mille grains.
- Norme AFNOR, 1995.Recueil de normes- contrôle de la qualité des produits alimentaires : Analyse sensorielle. AFNOR 5ème édition, Paris, p 400.
- Reguieg M. M., Labdi M., Benbelkacem A., Hamou M., Maatougui M. E. H., Grando S., Ceccarelli S., 2013. First Experience on Participatory Barley Breeding in Algeria Journal of Crop Improvement, Volume 27, Number 4, 469-486
- Rozenhal E, 1975. Wheat quality evaluation. 3 Influence of genotype and environment. Canadian Journal of Plant Science, 55, 263-269.
- Saulnier L, 2012. Les grains de céréales : diversité et compositions nutritionnelles. Cahier de nutrition et diététiques 47, 54-515.
- Williams PC, El-Haramein FJ, Nakkoul H, Rihawi S, 1988. Crop qualityevaluation, methods and guidelines. Technical Manual N°.14 ICARDA,Aleppo, Syria.

Premier Séminaire International sur: Systèmes de Production en Zones Semi-arides. Diversité Agronomique et Systèmes de Cultures. M'sila, 04 et 05 Novembre 2015