

N° d'ordre :

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE & POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR & DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DJILLALI LIABES  
FACULTE DES SCIENCES DE LA  
NATURE ET DE LA VIE  
SIDI BEL ABBES

# ***THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES***

Présentée par : Mr. ZAIRI Mohamed

Spécialité: Sciences Biologiques

Option : Biochimie alimentaire

Intitulé du thème

**Caractérisation de la production de quelques lignées  
d'orge issues de la première sélection participative en  
Algérie.**

Soutenue le : 15 /12 / 2015

Devant le jury composé de :

**Président:** Pr ABOUNI Bouziane- Université Djilali Liabes- SBA

**Examineur:** Pr BELBRAOUEZ Slimane - Université de Moncton-Canada

**Examineur :** Pr RIAZI Ali- Université de Mostaganem

**Examineur :** Pr BELABID Lakhdar - Université de Mascara

**Directeur de thèse :** Pr BENALI Mohamed – Université Djilali Liabes- SBA

Année universitaire : 2015-2016

## Remerciements

Louanges à Dieu le tout puissant et le miséricordieux qui a guidé mes pas vers cette issue.

En témoignage de ma respectueuse considération, qu'il soit permis d'exprimer ma reconnaissance à mon directeur de thèse le professeur **Benali Mohamed** qui a accepté avec toute modestie de m'encadrer, malgré ses multiples charges, tout le long de ces années d'études. Je le remercie pour son aide, sa patience, ses conseils précieux qui ont conduit à l'achèvement ce travail. Qu'il trouve ici l'expression mon plus profond respect et ma profonde gratitude.

Mes remerciements vont aussi au professeur **ABOUNI Bouziane**, qui m'a fait l'honneur de présider le jury et aux professeurs **BELBRAOUE** Slimane, **RIAZI Ali** et **BELABID Lakhdar** d'avoir accepté d'examiner ce travail, je leur exprime mes plus vifs remerciements. Qu'il me soit agréable d'exprimer toute ma considération à monsieur **LABDI Mohamed** directeur de recherche de l'unité Ouest et à monsieur **HAMOU Mimoune** directeur de l'INRA de SBA qui m'a beaucoup aidé dans la réalisation de ce travail et de m'avoir fourni les échantillons d'orge.

Ma gratitude va aussi aux professeurs **CECARRELLI Salvatore** et à madame **GRANDO Stefania** du laboratoire de Génétique et d'amélioration des orges de l'ICARDA(Syrie) pour leur aide et les moyens matériels qu'ils ont mis à ma disposition.

Je remercie vivement tous les ingénieurs : **EL-Haramein, AMAR, Amina, MUSTAFA Farida** et autres du laboratoire de technologie alimentaire de l'ICARDA, qui m'ont aidé à la réalisation des analyses.

Je tiens remercie mes deux étudiantes en master Melle **BOUCHENTOUF Samira Nawal** et Madame **HADJEM Nawal** d'avoir préparé le couscous d'orge.

J'exprime toute ma reconnaissance à Monsieur **MENADI N.**, de m'avoir prêté aide et assistance pour finaliser le document.

Très nombreux sont les gens qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de cette étude.

Tout en m'excusant de ne pas les citer, je leur exprime mes remerciements les plus sincères.

C'est à mon épouse et mes enfants que je dédie cette thèse qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leurs aides et encouragements

Je clos enfin ces remerciements en dédiant cette thèse de Doctorat à mes parents et particulièrement à ma défunte Mère que j'ai eu la chance d'avoir à mes côtés, qui m'a soutenu et qui a toujours cru en moi.

## RESUME

**Contexte :** En Algérie, l'orge largement cultivée occupe la deuxième place après le blé dur avec 35 à 40% des surfaces réservées aux céréales. Malgré l'étendue de la superficie consacrée aux céréales, la production nationale est loin de satisfaire les besoins de la population. L'abandon progressif des variétés populaires par les agriculteurs constituent une menace sérieuse de disposition d'un potentiel de ressources génétiques. 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 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.

**Objectifs :** La présente contribution a pour objectif d'étudier la qualité technologique des lignées d'orge introduites de l'ICARDA (Aleppo, Syrie) en Algérie (INRA, SBA). Cette étude a été lancée pour caractériser la qualité physicochimique et biochimique de huit lignées d'orge cultivées pendant trois années successives (2011, 2012 et 2013) et la qualité technologique de la récolte de l'année 2014. 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).

**Méthodes :** Plusieurs paramètres physico-chimiques et technologiques ont été évalués : poids de mille grains (PMG), poids à l'hectolitre (Phl), le calibrage des grains (plumpness kernel), la dureté des grains (hardness kernel), la teneur en enveloppes (Husk kernel), la teneur en protéine (TP), en fer, en Zinc, en  $\beta$ -glucane, le taux de cendre (TC), le pouvoir et l'énergie de germination. La mouture d'essai pour la production de semoule et la fabrication du couscous d'orge ont été réalisées par la méthode traditionnelle. La valeur culinaire du couscous est déterminée par des méthodes instrumentales et par l'évaluation sensorielle. Les résultats obtenus ont été soumis à l'analyse statistique et des coefficients de corrélation entre paramètres ont été calculés. La vérification de la pureté variétale a été déterminée par la méthode de coloration.

**Résultats :** Cette analyse a révélé la confirmation du choix des agriculteurs avec les sélectionneurs. La sélection participative est un outil efficace pour améliorer la culture d'orge, la régularité des rendements et la qualité d'utilisation des orges. Les lignées ayant un parent la variété Saida ont donné des résultats intéressants et suivent l'identification faite par les agriculteurs. L'analyse comparative des résultats montre une évolution positive de la qualité durant les années d'essai. La mouture sur meule a donné des taux d'extraction satisfaisants et très rapprochés. Les rendements en couscous sont significativement élevés. 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.

La vérification de la pureté variétale par coloration du grain d'orge (caryopse) montre que l'ensemble des lignées d'orge étudiées sont constituées d'un mélange de populations de grains hétérogènes ainsi que les deux variétés témoins.

**Mots clés :** lignées d'orge, PPB, adaptation, qualité, physico-chimique, technologique et pureté variétale.

## Summary

### Context:

In Algeria, the widely cultivated barley occupies the second place after the durum wheat with 35 to 40 % of surfaces reserved for cereal. In spite of the area of the surface dedicated of cereal, the national product is far from satisfying the needs of the population. The progressive abandonment of the popular varieties by the farmers constitute a serious threat of arrangement potential of genetic resources. Algeria launched, approximately ten years (2005-2006) ago, a program of participative selection (PPB) from adapted barleys and to high yield. This program was improved by the introduction of the concept of the participative selection the first principle of which is the participation of the farmers in the selection of the varieties, which they consider the best adapted to their environment and their system of culture.

### Objective

The present contribution has objective to study the technological quality of the lineages of barley introduced by the ICARDA (Aleppo, Syria) in Algeria (INRA, SBA). This study was undertaken to characterize the quality of the eight lines of barley grown for three successive years (2011, 2012 and 2013) and the technological quality of the harvest of year 2014. These lines were selected from the first participatory selection (PBB), compared to two varieties widely grown in Algeria (Saida183 and Rihane 03).

### Methods

Several physicochemical and technological parameters were evaluated: thousand kernel weight (TKW), hectoliter weight (HW), grain calibration (kernel plumpness), grain hardness (hardness kernel), envelope content (husk kernel), protein content, iron, zinc,  $\beta$ -glycan, ash content (ash), power and energy of germination. The trial grinding for the production of semolina and the manufacturing of the couscous of barley were realized by the traditional method. The culinary value of the couscous is determined by instrumental methods and by sensory evaluation. The results were subjected to statistical analysis and correlations between parameters were calculated. The check of the varietal purity was determined by the method of coloring.

### Result

This analysis revealed the confirmation of the choice of farmers with breeders. The participative selection is an effective tool to improve the culture of barley, the regularity of the yields and the quality of use of barleys. The lineages having a parent the variety Saïda gave interesting results and following the identification made by the farmers. The comparative analysis of the results shows a positive evolution of the quality during trial years. The grinding on grindstone gave satisfactory rates of extraction and very reproaches. The yields in couscous are significantly brought up. However, every couscous were appreciated and considered as satisfactory. Our results show the possibility of making good quality couscous with barley what is going to give a new potential to an old cereal.

The check of the varietal purity by coloring of the grain of barley (caryopses) shows that all the studied lineages of barley is constituted by a mixture of populations of heterogeneous grains as well as both varieties witnesses.

**Keywords:** lineages of barley, PPB, adaptation, quality, physical-chemical, technological and varietal purity

## ملخص

### السياق

في الجزائر، على نطاق واسع زراعة الشعير تحتل المرتبة الثانية بعد القمح الصلب مع 35 الى 40 % من ظهور الحبوب المحجوزة. وعلى الرغم من أن مجال الأراضي المخصصة للحبوب، فإن الإنتاج الوطني من تلبية احتياجات السكان. التخلي التدريجي أو التخلي عن أصناف الشعبية تنص على المزارعين يشكل تهديدا خطيرا من الترتيب (اجراء) من إمكانات الموارد الجينية. بدأت الجزائر منذ حوالي عشرة سنوات (2005-2006) بالمشاركة برنامج اختيار وتستخدم الشعير (barley) من تكييف عالية الغلة. هذا البرنامج هو تحسين من إدخال مفهوم المشاركة اختيار المبدأ الأول من هو مشاركة المزارعين في اختيار الأصناف التي يعتبرونها أفضل تكييف البيئة نظام الثقافة.

### الهدف

هذه مساهمة موضوعية في دراسة تكنولوجية نوعية بسجلات لسلااتهم العائلية، من الشعير عرض المركز (حلب سوريا في الجزائر أقيمت هذه الدراسة (بدء) لوصف الخواص الفيزيائية-الكيميائية والبيولوجية نوعية ثمانية بسجلات لسلااتهم العائلية، من الشعير المزروعة خلال ثلاث سنوات متتالية (2011 و2012 و2013) جودة تكنولوجية من حصاد عام 2014. تنشأ هذه بسجلات لسلااتهم العائلية، من المشاركة الأولى اختيار (PBB) بالمقارنة مع الشأن (بالمقارنة مع كل أنواع تزرع على نطاق واسع في الجزائر سعيدة (183) وريحان (03)

### الأساليب والطرق

بعض الخواص الفيزيائية-الكيميائية والتكنولوجية من البارامترات المقدره: وزن واحد من الحبوب (ألف) (الفريق)، الوزن في (Phi) الفلبين المعاييرة من الحبوب (plumpness) الوحدة الأساسية لنظام التشغيل (kernel)، على القسوة من الحبوب (الوحدة الأساسية لنظام التشغيل (kernel)، محتوى قشر اللب، المحتوى البروتيني) (TP) معدل الأعمال) " (الدرجة العملية). {حصص دراسية عملية)، الحديد، الزنك، فليكان- (glucane) نسبة الرماد(Tc) ، الطاقة من الطاقة. محاكمة مشروع (عملية الطحن على (semoule) السميد وصنع الكسكس من الشعير قد تتحقق من الطريقة التقليدية. الطهي الكسكس القيمة تتحدد مفيدة بأساليب التقييم الحسي. نتائج الاستفادة تعرضوا في التحليل الإحصائي معاملات الارتباط بين البارامترات المحسوبة. التحقق من أن نقاء السلالات يحدد بطريقة التلوين.

### نتائج

هذا التحليل على تأكيد خيار المزارعين مع اختيار المشاركة أداة فعالة لتحسين انتاج الشعير على انتظام الغلة والكفاءة ونوعية استخدام (orge) بسجلات لسلااتهم العائلية، بالنسبة مجموعة متنوعة صيدا اعطت نتائج مثيرة للاهتمام واتبع تحديد من المزارعين. التحليل المقارن النتائج يظهر تطور إيجابي من نوعية خلال المحاكمة. مشروع عملية الطحن في المسن أعطى مرضية اقتربت جدا من معدلات الاستخراج. والكفاءة في الكسكس بدرجة كبيرة. ولكن كل الكسكس fتقدير يعتبر مرضيا. النتائج إمكانية جيدة مع الشعير ما يعطي إمكانيات جديدة على الحبوب.

للتحقق من نقاء السلالات من الشعير (caryopse) يبين أن كل دراسة من الشعير بسجلات لسلااتهم العائلية، هو وضع تشكل من خليط من مختلف الحبوب وكذلك تنوع الشهود

الكلمات المفتاحية: السلالات العائلية للشعير، تكييف، الجودة، الخواص الفيزيائية-الكيميائية والتكنولوجية، نقاء السلالات

## La liste des abréviations

CAPAC : Complexe des Pâtes Alimentaires et Couscous  
CNCC : Centre National de Certificat de Conformité  
Da : dalton  
DSA : Direction des Services Agricoles  
EG: Energie de germination  
FAO: Food and Agriculture Organization of United Nations  
FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of United Nations – Statistic Division  
GS1 : Granulation de Semoule  
Ha : hectare  
IC : Indice de Chute (Hagberg)  
ICARDA: International Center for Research in the agricultural Dry Areas  
IG : Indice de Gonflement du couscous  
INRA : Institut National de Recherche Agronomique  
IPMC : Indice de Prise en Masse du couscous Cuit  
ISTA : International Seed Testing Association  
ITCF : Institut Technique des Céréales et Fourrages  
ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures  
LDL : low-density lipoprotein  
LS : Large Scale  
Mt : millions de tonnes  
pH : potentiel de l'Hydrogène  
PCR : Polymerase Chain Reaction  
Phl : Le poids à l'hectolitre  
PG : pouvoir de germination  
PM : poids moléculaire  
PMG / Poids de Mille Grains  
PPB : Participatory Plant Breeding  
PS : Le poids spécifique  
RC : Rendement en Couscous  
RdT : rendements  
SAM : sélection assistée par marqueurs  
SDS : Sodium Dodécyl Sulfate  
SSR : Simple Sequence Repeat  
TC : Taux de Cendres  
TE S : Taux d'Extraction Semoule  
QTL : Quantitative Trait Loci  
UE : Union Européen

## La liste des figures

<b>Les figures</b>	<b>N° de page</b>
Figure 1 : Le Croissant Fertile	4
Figure 2 : Les pays du Croissant Fertile	4
Figure 3 : Distribution de l'orge sauvage ( <i>Hordeum spontaneum</i> )	5
Figure 4 : les principaux pays exportateurs d'orge dans le monde	8
Figure 5 : Les principaux pays importateurs d'orge dans le monde	8
Figure 6 : Evolution de la superficie cultivée en blé et en Orge en Algérie durant la période (2008-2013)	9
Figure 7 : Evolution de la production des différents types de céréales cultivés en Algérie durant la période (2008-2013)	11
Figure 8 : Potentialités agricole de la Willaya de SBA	13
Figure 9 : Evolution La superficie en (ha) des différents types de céréales cultivés dans la zone de Sidi Bel Abbes durant la période (2009 – 2013)	14
Figure 10 : Evolution de la production obtenue et collectée (quintaux) et RDT/ha des céréales dans la wilaya de Sidi Bel Abbes	14
Figure 11 : Evolution de la production en quintaux des différents types de céréales cultivés dans la wilaya de Sidi Bel Abbes durant la période (2009 – 2014)	15
Figure 12 : Epillet d'orge à deux rangs à gauche et d'orge à six rangs à droite	17
Figure 13 : Epillet d'orge à six rangs à gauche et d'orge à deux rangs à droite	17
Figure 14 : Vue ventrale et dorsale du grain d'orge	20
Figure 15 : Coupe longitudinale d'un grain d'orge	21
Figure 16 : Coupe transversale des enveloppes, de la couche à aleurone et de l'endosperme amylicé d'un grain d'orge	21
La figure 17 : la structure d'une macromolécule protéique constituée par une chaîne d'acides aminés	32
Figure 18 : Diagramme des différents débouchés de la mouture des grains d'orge	40
Figure 19 : Le procédé de Fabrication des couscous inspirés des lignes de production de l'entreprise FERICO	43
Figure 20 : Le procédé Artisanal de Fabrication du Couscous	44
Figure 21 : Localisation des tocols et $\beta$ -glucane du grain d'orge	46
Figure 22 : Schéma de sélection généalogique pour l'amélioration de la valeur en panification des blés tendres	52
Figure 23. Place de la station de recherche et des champs des producteurs en sélection classique et en sélection participative	54

Figure 24 : Représentation schématique de la sélection participative de d'orge mis en œuvre avec des fermiers	55
Figure 25 : Schéma d'introgession du gène D provenant du parent donneur dans le génome de la plante receveuse à l'aide des marqueurs A et B visualisés par électrophorèse	59
Figure 26 : Exemple d'un marqueur de type microsatellite (SSR)	59
Figure 27 : Illustrant la meule utilisée dans la mouture d'essai	64
Figure 28 : la disposition des entrées de la première étape de la sélection participative	68
Figure 29 : représentant les valeurs moyennes du poids de milles grains (PMG) durant 3 années d'essai	77
Figure 30 : représentant les valeurs moyennes du taux de protéines durant 3 années d'essai	78
Figure 31 : représente l'amplitude des variables mesurées : (A) la dureté (B) le % des enveloppes des grains d'orge	80
Figure 32 : représente les valeurs moyennes de la teneur en Fer des différentes lignées d'orge	80
Figure 33 : représente les valeurs moyennes de la teneur en Zinc des différentes lignées d'orge	81
Figure 34 : représente les valeurs moyennes de la teneur en $\beta$ -glucane des différentes lignées d'orge	82
Figure 35 : représente les valeurs moyennes des indices de chute des différentes lignées d'orge	82
Figure 36 : représente les valeurs moyennes des pouvoirs de germination des différentes lignées d'orge	83
Figure 37 : représente les valeurs moyennes des énergies de germination des différentes lignées d'orge	84
Figure 38 : Résultats concernant le taux d'humidité des deux variétés et 08 lignées d'orge	89
Figure 39 : Résultats du Poids de 1000 grains en (gr) par rapport à la matière sèche des deux variétés et 08 lignées d'orge	89
Figure 40 : Résultats du Poids spécifique en Kg/Hl des deux variétés et 08 lignées d'orge	90
Figure 41: Résultats concernant les taux de cendres des grains des deux variétés et 08 lignées d'orge par rapport à la matière sèche	91
Figure 42: Résultats de l'indice de chute des deux variétés et 08 lignées d'orge	92
Figure 43: Indice de gonflement (IG) en % des couscous des deux variétés et 08 lignées d'orge	102
Figure 44: Indice de prise de masse (IPMC) en % des couscous des deux variétés et 08 lignées d'orge	104

Figure 45 : Les résultats moyens relatifs à la vérification variétale des deux variétés et 08 lignées d'orge 111

## La liste des tableaux

<b>Les tableaux</b>	<b>N° de page</b>
Tableau 1 : Les récoltes d'orge dans le monde par grandes zones et principaux pays producteurs en millions de tonnes (*) prévisions.	7
Tableau 2 : importance moyenne des céréales par zone agro climatique	11
Tableau 3 : Caractères de Neergaard pour le classement des variétés d'orge	18
Tableau 4 : la taille des grains des céréales en millimètres	19
Tableau 5 : Masse des grains des céréales en milligrammes	19
Tableau 6 : Composition biochimique de l'endosperme	22
Tableau 7 : constituants biochimiques de l'orge en % de matière sèche	24
Tableau 8 : Composition en acides gras (AG) des lipides des grains de céréales en pourcentage du total des AG	27
Tableau 9 : les différences de composition des protéines entre les différentes céréales	29
Tableau 10 : Teneur en acides aminés essentiels en mg/100 g de grains des principales céréales	32
Tableau 11 : Composition en mg des minéraux existant dans 100 gr de grains d'orge complet	33
Tableau 12 : Composition des vitamines existant dans 100g de grains d'orge complet	34
Tableau 13 : Quantité de matériels de sélection générés par la recherche de l'ICARDA	55
Tableau 14 : Pédigrées des lignées d'orge étudiées	61
Tableau 15 : Les caractéristiques des emplacements utilisés dans le programme de sélection participatif.	69
Tableau 16 : Les entrées qui ont été testées dans la quatrième phase des essais	70
Tableau 17 : la qualité de la récolte 2011	72
Tableau 18 : la qualité de la récolte 2012	73

Tableau 19 : la qualité de la récolte 2013	74
Tableau 20 : Comparaison des lignées d'orge sur trois années de récolte (2011, 2012 et 2013)	76
Tableau 21 : Coefficient de corrélation entre la pluviométrie le poids de 1000 grains et la teneur en protéine	74
Tableau 22 : Comparaison des lignées d'orge par rapport aux deux variétés (Saida 183 et Rihane3)	85
Tableau 23 : Synthèse (Moyenne estimée) - Lignée :	86
Tableau 24 : Appréciations des caractéristiques physiques des orges de la récolte 2014	88
Tableau 25 : Bilan de mouture expérimentale en % des lignées et des deux variétés d'orge	93
Tableau 26 : Granulation de la semoule S1 en % des deux variétés et des huit lignées d'orge	96
Tableau 27 : résultats concernant les taux de protéines en % des deux variétés et huit lignées d'orge	97
Tableau 28 : Bilan de fabrication des couscous à base de semoule S1 des deux variétés et 08 lignées d'orge	99
Tableau 29 : Caractérisation de la granulation des couscous des deux variétés et 08 lignées d'orge	100
Tableau 30 : Moyenne des notes des différents critères utilisés lors de la dégustation des couscous attribuées aux des deux variétés et 08 lignées d'orge	106
Tableau 31 : les caractéristiques de la semoule S1 et les caractéristiques du couscous d'orge	107
Tableau 32 : 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)	108

## Table des matières

---

Remerciements	I
Résumé	II
Abstract	III
ملخص	IV
La liste des abréviations	V
La liste des figures	VI
La liste des tableaux	VIII
<b>Introduction</b>	1
<b><i>Chapitre 1 L'orge</i></b>	
<b>1- Origine</b>	4
<b>2- Production de l'orge</b>	6
2-1 Production mondiale	6
2-2 La production nationale	8
2-3 Production de l'orge au niveau de la Wilaya de Sidi Bel Abbes	11
<b><i>Chapitre 2 Classification, structure histologique et biochimique du grain d'orge</i></b>	
<b>1-Classification botanique de l'orge</b>	16
<b>2- Taxonomie</b>	16
<b>3- Structure histologique du grain d'orge</b>	18
3-1 Morphologie du grain d'orge	19
3-2 Caractéristiques histologiques du grain d'orge	20
3-2-1 L'embryon	20
3-2-2 L'endosperme	22
3-2-3 Les enveloppes	22
3-2-3-1 La paroi externe	23
3-2-3-2 Les glumelles	23
3-2-3-3 Péricarpe et Testa	23
3-2-3-4 la couche à aleurone	23
<b>4- les constituants biochimiques de l'orge</b>	24
4-1 Les glucides	25
4-1-1 L'amidon	25
4-2 Les fibres	26
4-3 Les lipides	26
4-4 Les protéines	27
4-4-1 Les différents groupes de protéines Les différents groupes de protéines	27
4-4-1-1 Les protéines solubles	28
4-4-1-2 Les protéines insolubles	29
4-4-2 Composition en acides aminés des fractions protéiques	31

4-5 Les minéraux	33
4-6 les composés phénoliques	34
4-7 Les vitamines	34
4-8 Les enzymes	35
<b>Chapitre 3 Utilisation et intérêt nutritionnel de l'orge</b>	
<b>I- Utilisation de l'orge</b>	36
<b>1-L'orge une céréale ancienne</b>	36
<b>2- Classes d'orge</b>	36
2-1 L'orge brassicole	36
2-2 L'orge pour l'alimentation animale	37
2-3 L'orge alimentaire	38
2-3-1 la consommation d'orge dans le monde	38
2-3-2 La consommation de l'orge en Algérie	39
<b>3- La transformation de l'orge</b>	40
<b>4-1 le procédé industriel de fabrication</b>	40
4-1-1 La semoule d'orge	40
4-1-2 le couscous d'orge	42
<b>4-2 Le procédé artisanal ou manuel de fabrication</b>	43
4-2-1 La semoule d'orge	43
4-2-2 Le procédé artisanal de fabrication du couscous	44
<b>5- La valeur couscoussière</b>	45
<b>II- Intérêt nutritionnel de l'orge</b>	46
<b>1-Composition des nutriments de l'orge</b>	46
<b>2- Les bienfaits de l'orge</b>	47
<b>Chapitre 4 La sélection de l'orge</b>	
<b>1-Historique de la sélection</b>	50
<b>2- Les méthodes de sélection</b>	51
<b>3- La sélection participative</b>	53
<b>3- Les objectifs de la sélection</b>	56
<b>4- Les outils de la sélection pour l'amélioration de la qualité</b>	56
4-1 Les outils biochimiques et technologiques	56
4-2 Les outils biotechnologiques	57
<b>Chapitre 5 La partie expérimentale</b>	
<b>1- Matériels et méthodes</b>	61
1-1 Matériel végétal	61
1-2 Conduite et installation de l'essai	62
<b>2- Méthodes d'analyses</b>	62
2-1 Analyses physiques des grains	62
2-2 Analyses biochimiques et technologiques	63
2-3 Appréciation de la valeur semoulière	64
2-3-1 La mouture d'essai	64
2- 4 Appréciation de la valeur couscoussière	65

2-4-1 Fabrication artisanale du couscous	65
2-4-2 Appréciation du rendement en couscous	66
2-4-3 Détermination de la qualité culinaire du couscous	66
2-4-3-1 La cuisson du couscous	66
2-4-3-2 L'indice de prise en masse du couscous cuit	66
2-4-3-3 L'indice de gonflement	66
2-4-3-4 Analyse sensorielle des couscous cuits	66
<b>3- Analyse variétale</b>	67
<b>4- Analyses statistiques</b>	67
4-1 Description des données	67
4-2 Analyse de la variance	67
4-3 Matrice de corrélation	67
<i>Chapitre 6 Résultats et interprétations</i>	
<b>1-Résultats de la première sélection participative</b>	68
<b>2- Résultats des caractéristiques physicochimiques des lignées d'orge</b>	70
2- 1 analyse descriptive des résultats obtenus durant les trois récoltes successives	71
2-1-1 Lignées d'orges Prometteuses de la récolte 2011	71
2-1-2 Lignées d'orges Prometteuses de la récolte 2012	72
2-1-3 Lignées d'orges Prometteuses de la récolte 2013	73
2-2 Comparaison des lignées d'orge sur trois années de récolte	74
<b>3- Discussion des résultats physicochimiques des lignées d'orges sélectionnées</b>	77
<b>4- Aptitudes technologiques des lignées orges sélectionnées</b>	87
4-1 Les caractéristiques physicochimiques des grains d'orge de la récolte 2014	87
4-2 Bilan de mouture expérimentale	93
4-3 Les caractéristiques physicochimiques des semoules (S1) d'orge	95
4-3-1 Essai de granulation de la semoule S1	95
4-3-2 la détermination de la teneur en protéines	96
4-4 Appréciation de la qualité couscoussière	98
4-4-1 La valeur couscoussière	98
4-4-2 Appréciation du rendement en couscous	98
4-4-3 Caractéristiques granulométriques du couscous sec	99
<b>5- L'appréciation de la qualité culinaire des couscous</b>	101
5-1 Indice de gonflement du couscous	101
5-2 Indice de prise en masse du couscous cuit	103
5-3 Evaluation sensorielle de la qualité culinaire des couscous	105
<b>6- Relation entre les caractéristiques physicochimiques de la semoule, les analyses instrumentales et sensorielles du couscous</b>	107
<b>7- Utilisation du test de coloration pour la vérification variétale</b>	110
<b>Conclusion générale</b>	113
<b>Références bibliographiques</b>	116
<b>Annexes</b>	

## INTRODUCTION

Les céréales, socle historique de la diète méditerranéenne, occupent encore aujourd'hui une place prépondérante à la fois dans la production agricole et agroalimentaire de l'Algérie et dans la consommation alimentaire des ménages. La consommation de céréales en Algérie représente 25% des dépenses alimentaires et 230 kg/an d'équivalent-grains, avec une prépondérance de la semoule de blé dur. Les céréales constituent la base de l'alimentation humaine en tant que sources protéiques et énergétiques. Le taux de couverture en blés par les importations s'établit à 74% sur la période 2005-2009, pour des besoins nationaux de 7,6 millions de tonne. Le déficit concerne beaucoup plus le blé tendre que le blé dur. Pour l'orge, les besoins en importation sont beaucoup plus faibles, de l'ordre de 15%. Par contre, la quasi-totalité des disponibilités intérieures en maïs provient de l'importation (Rastoin et Benabderrazik, 2014).

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 (USDA, 2010/2011). 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 (Khaldoun, 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.

Pendant longtemps, les efforts ont porté sur l'augmentation de la production de l'orge grâce à l'évolution des techniques culturales et à la sélection des variétés plus performantes. 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 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 Abbas 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.

Une nouvelle sélection dite participative est introduite en Algérie. Cette première expérience est le résultat d'un programme de recherche entre l'ICARDA (centre international de la recherche agronomique en zone aride, Alpe Syrie) et l'INRA de Sidi Bel-Abbes. D'où la problématique : quelles lignées d'orge faut-il sélectionner pour leur commercialisation au niveau national. Pour cela il est nécessaire de tester les lignées au champ et de les caractériser tout le long du cycle de végétation. Cette opération permet de garder les meilleures lignées et de continuer à les tester et à les sélectionner jusqu'à ce qu'il en reste au moins une lignée qui pourra être inscrite et commercialisée.

L'étape de sélection est très importante, car il ne faut pas :

- Rejeter une lignée avec un bon potentiel qui serait masqué par un effet année ou un comportement dû à la parcelle, car elle serait perdue définitivement ;
- Garder trop de lignées en test car les plates-formes expérimentales sont limitées pour une question de temps de travail et de coût ;
- Conserver une lignée comportant une « tarre » c'est-à-dire un facteur problématique dans le comportement de la lignée. Mais ce paramètre est difficile à juger car le comportement des lignées est différent chaque année et un caractère peut ne pas apparaître ou se voir l'année précédente ou suivante.

Il est donc important de bien tester les futures variétés dans une multitude de contextes pédologiques et climatiques avant de les certifier. Avant l'inscription d'une lignée, une étape importante est nécessaire qui consiste à caractériser le potentiel qualitatif.

La caractérisation de la qualité des grains est, par conséquent, indispensable dans l'accompagnement des agriculteurs. Cette caractérisation nous permet de différencier le niveau d'utilisation des orges non seulement pour la consommation humaine mais également comme aliment pour le bétail. Notre objectif est de caractériser de nouvelles lignées mieux adaptées à notre climat, résistantes aux maladies et avec une bonne qualité technologique afin de les homologuer et de les inscrire au catalogue national.

Les lignées testées sont différentes les uns des autres, obtenues par croisement entre deux variétés Algérienne Saida 183 et Dahbia (Reguieg et al., 2013).

Compte tenu de l'intérêt et de l'importance économique de l'orge, l'amélioration de la production pour réduire la part des orges importées (15% du besoin national), il était naturel de chercher à mettre au point un ensemble de caractéristiques permettant de sélectionner des orges par une détermination exacte.

Nous avons jugé utile d'apporter notre contribution à ce travail par un éventuel apport supplémentaire sur les caractéristiques technologiques de quelques lignées issues de la première sélection participative en Algérie prélevées au niveau de l'INRA de Sidi Bel-Abbes. La détermination de la qualité des huit lignées d'orge retenues représentent les essais issus de la récolte de 2011 à 2014.

La présente contribution permet d'étudier la qualité physico-chimique, biochimique et 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. Ces huit lignées ont été choisies par les agriculteurs (Reguieg et al., 2013). Ce choix est basé sur une sélection visuelle participative d'évaluation variétale réelle sous leurs conditions.

Les études entreprises ont été réalisées au laboratoire de technologie alimentaire de la faculté SNV de l'université de Sidi Bel-Abbes et au niveau du laboratoire de technologie alimentaire de l'ICARDA en Syrie.

Le présent travail comporte trois parties :

- La première partie consiste à une synthèse bibliographique et de signaler les travaux antérieurs :
- La seconde partie sera réservée aux matériels et la description des méthodes d'analyses utilisées ;
- La troisième partie a été consacrée à la présentation des résultats obtenus ainsi qu'à leur interprétation avec une conclusion.

## L'ORGE : ORIGINE et PRODUCTION

### 1-ORIGINE

L'origine géographique de l'orge (*Hordeum vulgare*) remonte à plusieurs millénaires avant J-C dans la région nommée le croissant fertile. Le territoire comprend, la Vallée du Jourdain et les zones adjacentes de Palestine, de la Jordanie et de l'Irak, jusqu'au l'Ouest de l'Iran (figures 1 et 2) (Feldman, 1976). La plus part des recherches archéologiques ont confirmé que les origines du blé et de l'orge se situent dans les zones du croissant fertile (Harlan, 1976 ; Badr et al., 2000 ; Bonjean, 2001).

L'orge est une des premières céréales cultivées par les hommes 8000 ans avant J-C. L'orge servait à fabriquer des galettes et autres bouillies. En Egypte, la légende raconte que suite à l'inondation d'une récolte d'orge, les graines germées ont fermenté pour donner naissance à la découverte de la bière.



Figure 1 : Le Croissant Fertile

(commons.wikimédia.org)



Figure 2 : Les pays du Croissant Fertile

(www.guidemondialdevoyage.com)

C'est par la Grèce que l'orge va faire son apparition en Europe. Rapidement, il va conquérir l'ensemble du continent par l'Italie, l'Espagne, la France puis l'Allemagne. A l'époque Gauloise, l'orge est déjà connu en France pour alimenter le bétail, faire du pain, mais aussi pour fabriquer la cervoise. Malgré la concurrence du blé, la culture d'orge va s'étendre dans le monde pour l'alimentation du bétail et surtout pour la fabrication du malt, nécessaire à la préparation de boissons telles que la bière.

Par ailleurs, Harlan et Zohary (1966) ont considéré le croissant fertile comme centre unique de l'origine de l'orge sauvage (*Hordeum spontaneum*) et parent héréditaire de l'orge cultivée à deux et à six rangs, qui a diffusé vers les maquis méditerranéens (Figure 3).

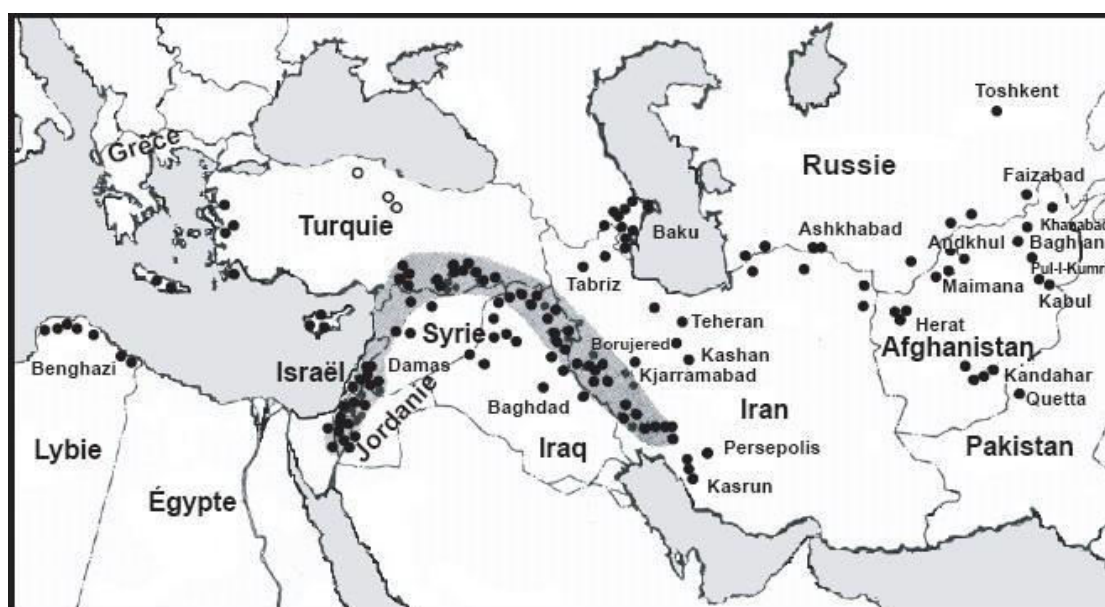


Figure 3 : Distribution de l'orge sauvage (*Hordeum spontaneum*) Harlan et Zohary (1966)

L'orge cultivée (*Hordeum vulgare* L.), considérée comme étant le reste des plus anciens des orges, est généralement une plante diploïde ( $2n=2x=14$ ) et nettement autogame. Elle est l'une des espèces dont les origines remontent à celles de l'agriculture elle-même. L'orge à 2 rangs a été découverte dans le croissant fertile, au Moyen Orient (Figure 3). C'est à partir de cette zone que les blés ont été diffusés vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe. La route la plus ancienne de diffusion des céréales vers les pays du Maghreb fut à partir de la péninsule italienne et de la Sicile. Quant aux orges, ils ont atteint les pays du Maghreb depuis le croissant fertile en passant par l'Égypte (Bonjean, 2001). L'orge est issue des formes sauvages de l'espèce *Hordeum spontaneum* que l'on trouve encore aujourd'hui au Moyen Orient. Des formes

tétraploïdes ( $2n = 4x = 28$ ) peuvent apparaître spontanément, ou par traitement au laboratoire, mais elle ne présente guère d'intérêt agronomique. L'orge a été domestiquée dans le Croissant Fertile (Zohary, 1999).

Rasmusson (1987), note que le genre *Hordeum* comprend des espèces diploïdes ( $2n=14$ ) dont les biotypes cultivés comme *Hordeum Vulgare*, *Hordeum Distichum*, *Hordeum intermedium*, et sauvage comme *Hordeum spontaneum*, *Hordeum agriocrithon* et *Hordeum pusillum*. L'espèce tétraploïde ( $2n=28$ ) est constituée uniquement des biotypes sauvages comme *Hordeum murinum*, *Hordeum bulbosum*, *Hordeum jubatum* et *Hordeum nodosum*.

## 2- PRODUCTION DE L'ORGE

### 2-1 Production mondiale

De nos jours, les céréales occupent environ 15% des terres agricoles, avec une production mondiale de l'ordre de 2400 Mt se répartissant, pour la campagne 2010/2011, en 38% pour le maïs, 29% pour le blé, 20% pour le riz, 6% pour l'orge et 7% pour les autres céréales (seigle, avoine, sorgho) (Saulnier, 2012). L'orge est l'une des céréales les plus importantes dans le monde, étant classée au quatrième rang pour la production dans le monde. (FAOSTAT, 2015). Selon la FAO, la production mondiale de l'orge n'a pas connue de grandes variations durant la période 2012-2015 (Tableau 01).

Contrairement aux exportations mondiales (16Mt) dominées par l'Australie, l'UE et l'Ukraine (Figure 4), les importations d'orge se répartissent sur un large nombre de pays et les dix principaux pays importateurs ne représentent que 40% des quantités importées (Figure 5). Parmi eux, deux pays se distinguent nettement par l'importance de leurs importations : la Chine et le Japon. Les 20% de l'orge vendue sur le marché mondial sont destinés à ces deux marchés. Le Moyen-Orient constitue globalement une zone de commerce importante pour l'orge. La Jordanie, la Syrie, le Liban et l'Iran représentent environ 10% des importations mondiales. Les pays du Maghreb (Maroc et Tunisie) sont également des importateurs significatifs (5% du marché mondial) et d'importance pour l'Union européenne en raison de la proximité de leurs marchés. (FAOSTAT, 2015) (<http://www.mesmarches.chambagri.fr/menu-horizontal/apprendre-les-marches/marches-physiques/marche-de-lorge.html> consulté le 20.06.2015).

Tableau1 : Les récoltes d'orge dans le monde par grandes zones et principaux pays producteurs en millions de tonnes (\*) prévisions (FAOSTAT, 2015)

	2012/2013	2013/2014	2014/2015*
<b>Europe</b>	<b>55,9</b>	<b>60,8</b>	<b>56,8</b>
- dont U.E.	54,5	59,6	55,6
<b>Ex-URSS</b>	<b>26,0</b>	<b>28,8</b>	<b>29,3</b>
- dont Russie	13,9	15,4	15,5
- dont Ukraine	6,9	7,6	8,0
<b>Nord et Centre Amérique</b>	<b>13,4</b>	<b>15,5</b>	<b>12,5</b>
- dont Canada	8,0	10,2	7,7
- dont Etats-Unis	4,8	4,7	4,2
<b>Sud Amérique</b>	<b>6,3</b>	<b>5,8</b>	<b>4,0</b>
<b>Proche Orient</b>	<b>10,3</b>	<b>12,5</b>	<b>9,5</b>
- dont Iran	3,4	3,2	3,1
- dont Turquie	5,5	7,3	5,0
<b>Extrême Orient</b>	<b>5,0</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>
- dont Chine	2,4	1,7	1,7
- dont Inde	1,6	1,7	1,7
<b>Afrique</b>	<b>5,4</b>	<b>7,0</b>	<b>7,1</b>
- dont Algérie	1,5	1,5	1,7
- dont Ethiopie	1,7	1,8	1,8
- dont Maroc	1,2	2,7	2,5
<b>Océanie</b>	<b>7,9</b>	<b>9,9</b>	<b>8,5</b>
- dont Australie	7,5	9,5	8,1
<b>TOTAL MONDE</b>	<b>130,2</b>	<b>144,9</b>	<b>133,0</b>
Source : Conseil International des Céréales, chiffres du 26/06/2014			



Figure 4 : Les principaux pays exportateurs d'orge dans le monde (USDA, 2011)

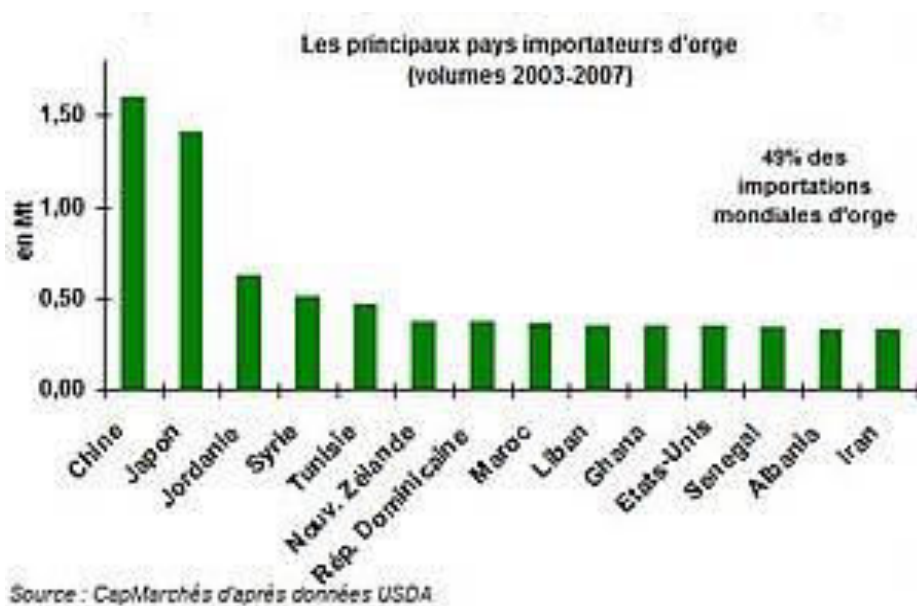


Figure 5 : Les principaux pays importateurs d'orge dans le monde (USDA, 2011)

## 2-2 La production nationale

Les céréales d'automne (blé dur, blé tendre et orge) demeurent l'aliment de base des régimes alimentaires et revêtent une importance stratégique dans la nutrition humaine et l'alimentation animale. De fait, elles occupent une place privilégiée dans l'agriculture ce qui confirme leur caractère stratégique dans l'économie nationale.

En Algérie, les céréales sont très importantes du point de vue agronomique, socio-économique et culturel. En effet, les céréales occupent la plus grande superficie agricole cultivée et représentent le premier aliment de base de la population algérienne. La sole céréalière de l'Algérie est restée presque constante avec une moyenne comprise 2.7 millions d'hectares. L'orge occupe la deuxième place après le blé dur. Sa superficie varie annuellement de 300.000 à 1.600.000ha, c'est-à-dire 35 à 40 % de la superficie réservée aux grandes cultures (Benmohammed, 2004). En suivant l'évolution de la superficie cultivée en céréales, en blé et en orge durant la période 2008-2013 représentée dans la figure 6, on constate que la superficie consacrée à la production du blé est toujours supérieur à celle de l'orge qui est généralement cultivé dans les hauts plateaux, zones connues par la rigueur de leur climat. Les orges traditionnelles (*Hordeum vulgare L*) d'Algérie constituent un patrimoine génétique important adapté aux conditions locales par la population. L'abandon progressif des variétés populaires par les agriculteurs constitue une menace sérieuse de disposition d'un potentiel de ressources génétiques. Jusqu'à ces dernières années, l'ensemble des superficies cultivées en orge étaient couvertes par trois variétés locales Rihane 03, Saida 183 et Tichedreh. L'introduction de variétés nouvelles à haut rendement et l'intensification de programmes d'amélioration devient indispensable.

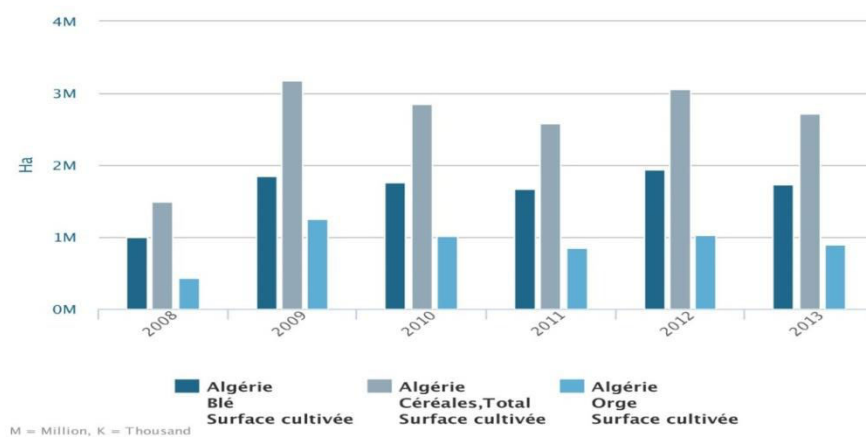


Figure 6 : Evolution de la superficie cultivée en blé et en Orge en Algérie durant la période (2008-2013) (FAOSTAT, 2015).

La production des céréales reste tributaire des conditions climatiques qui sévissent, sachant que d'une année à l'autre elle fluctue énormément. Le climat Algérien se caractérise principalement par la variabilité intra et interannuelle des précipitations et du régime thermique. Les stress climatiques, comme le déficit hydrique, les températures extrêmes, deviennent très communs à mesure qu'on pénètre à l'intérieur du pays (Mekhlouf et al, 2012). Ces contraintes climatiques affectent la culture des céréales notamment de l'orge dans son développement en raison des fortes chaleurs, et surtout des pluies irrégulières et aléatoires notées durant l'année agricole comme durant la période de croissance avec une incidence négative sur la production (Zouaoui et Bensaid, 2007).

La production de céréales en Algérie est marquée par une forte irrégularité, elle-même conditionnée par les aléas climatiques. Ainsi, sur les 40 dernières années, on enregistre un écart de 1 à 5 entre une année calamiteuse (9,7 millions de q en 1994) et une année d'abondance (52,5 millions de q en 2009) (annexe 1). Cependant, les progrès technico-économiques, s'ils ne parviennent pas à stabiliser la production du secteur, ont permis de l'augmenter significativement : la moyenne décennale a ainsi presque doublé entre 1981-90 (18,2 millions de q) et 2001-2010 (34,9 millions de q), avec une progression régulière qui a permis d'accompagner la progression démographique (de 19 à 38 millions d'habitants entre 1980 et 2012) (Rastoin et Benabderrazik, 2014).

La production moyenne de céréales des 5 dernières années (2008 à 2012), qui a légèrement dépassé 32 millions de quintaux selon la Fao, se répartit de la façon suivante :

- Blé, 19 millions de q (60%)
- Orge, 13 millions de q (40%)

Les céréales sont cultivées à travers toutes les zones de productions du nord et du sud du pays. Cependant 71% des superficies se trouvent localisées dans les zones à pluviométrie inférieures à 450 mm comme le montre le tableau 2 (Hamou et al., 2009).

La sécheresse observée durant la campagne 2007/2008 a considérablement affaibli les niveaux de productivité à travers toutes les zones céréalières (Zaghouane, 2010). La figure 7 illustre la production de céréales en Algérie. Sur le plan spécifique le blé est plus productif suivie de l'orge alors que la production en maïs et riz est quasi nulle.

Tableau 2 : importance moyenne des céréales par zone agro climatique (Hamou et al. 2009)

Désignation	Répartition par isohyète					total
	±600	600-450	450-350	350-200	≤200	
Isohyètes, mm	±600	600-450	450-350	350-200	≤200	
Superficies céréales, ha	64000	850000	1400000	480000	350000	3144000
%	2	27	45	15	11	100

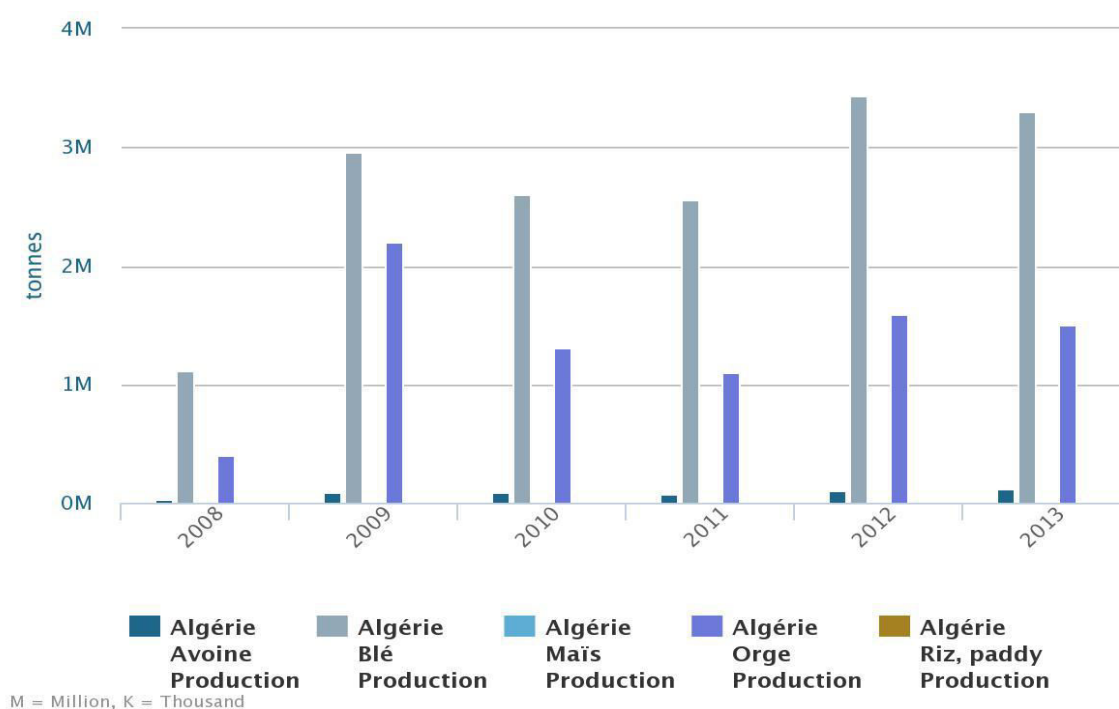


Figure 7 : Evolution de la production des différents types de céréales cultivés en Algérie durant la période (2008-2013) (FAOSTAT, 2015).

### 2-3 Production de l'orge au niveau de la Wilaya de Sidi Bel Abbes

Les céréales sont cultivées à travers toutes les zones de production du nord et du sud de la wilaya où la pluviométrie est comprise entre 350-450 mm/an (figure 8). Ainsi le phénomène de sécheresse se manifeste le plus, avec deux périodes très critiques.

En effet, la combinaison des deux paramètres climatique température et précipitation, a permis à la mise en évidence de plusieurs indices qui rendent compte du climat et de la végétation existante. L'annexe 2 représente le digramme Ombrothermique durant les 33 dernières années de la région de SBA 1980-2013.

Une sécheresse au début de cycle qui influe sur l'installation de la culture et une autre à la fin du cycle qui affecte l'élaboration des composantes du rendement. Ce déficit hydrique a engendré toujours une baisse de production des cultures céréalières. Ce dernier peut être comblé par des apports d'eau sous forme d'irrigation d'appoint. La faiblesse des rendements des céréales enregistrés n'est pas seulement due aux aléas climatiques mais elle reste liée aux contraintes techniques qui constituent les raisons les plus marquantes.

De point de vue géomorphologique, la wilaya de Sidi Bel-Abbes présente un relief contrasté permettant de distinguer trois grands ensembles :

- **Zone montagneuse**

Elle occupe une superficie totale de l'ordre de 2250.36 km<sup>2</sup> soit 24.59% de l'espace de la wilaya, située entre 400 et 800 m d'altitude. Elle est représentée par les monts de Tassala-Beni Chograne occupant 864.20 km<sup>2</sup> du nord de la wilaya et les monts de Dhaya dans la partie centrale avec une superficie de 1386.16 km<sup>2</sup>.

- **Zone de plaines**

Elle couvre une superficie totale de l'ordre de 3240 km<sup>2</sup> soit 35% de l'espace wilaya. Elle est représentée par la plaine de Sidi Bel Abbes. Dont l'altitude varie de 400 à 800 m et les hautes plaines de Telagh environ (1136.59 km<sup>2</sup>) dont l'altitude varie de 400 à 1000 m

- **Zones de steppe**

Les zones occupent une superficie totale de l'ordre de 3660.82 km<sup>2</sup>, soit 40% de l'espace wilaya dont l'altitude varie de 1000 à 1400 m : (INRA, 2002).

**Carte : Potentialités Agricoles  
de la Wilaya**

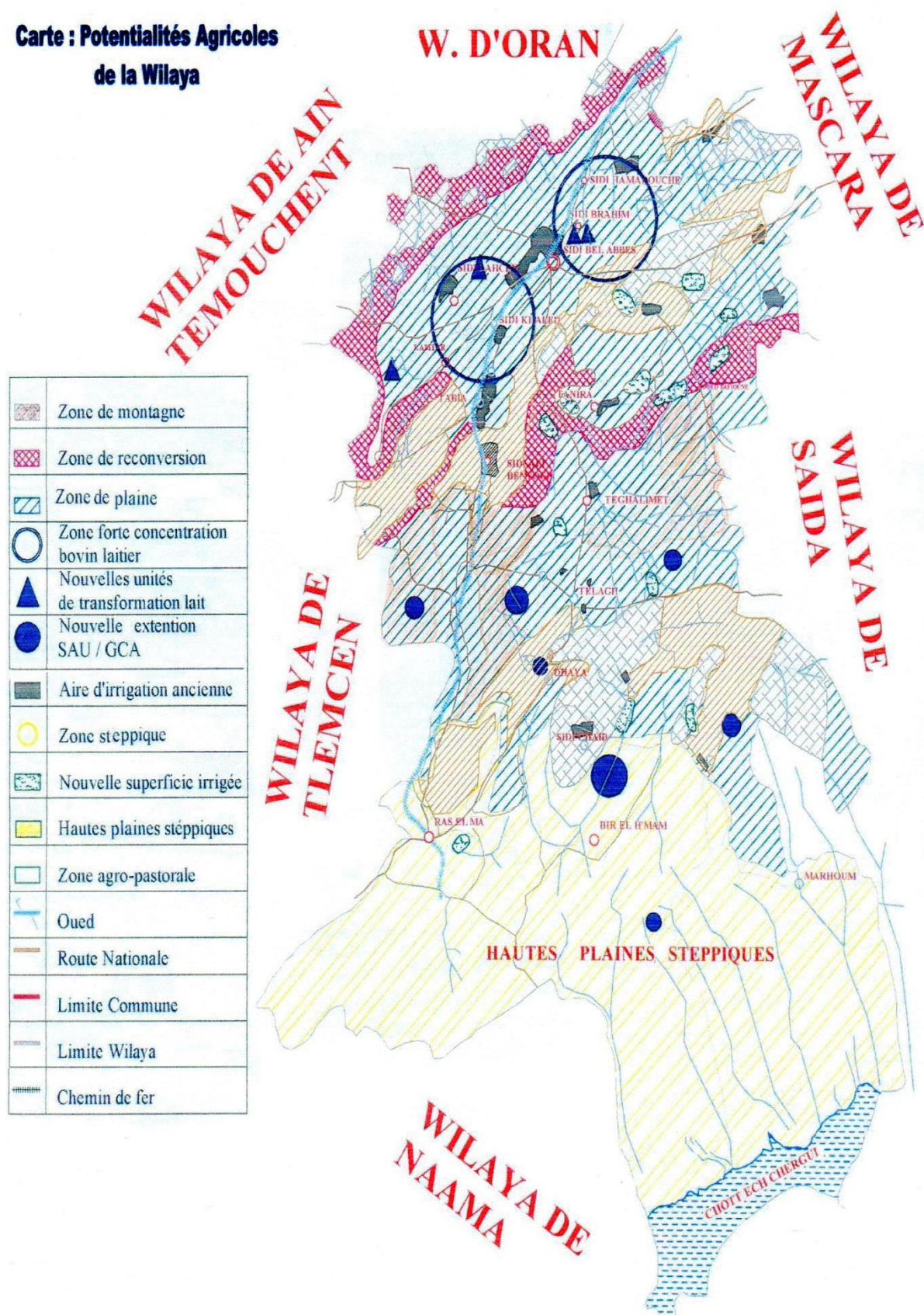


Figure 08: Potentialités agricoles de la wilaya de Sidi Bel-Abbes (Direction des services agricoles, 2009).

En suivant l'évolution des superficies moissonnées destinées à la culture de certains céréales dans la wilaya de Sidi Bel Abbes durant la période (2009-2013), on remarque que l'orge gagne la plus grande superficie (Figure 9). Le nombre de variétés d'orge utilisé dans la wilaya de SBA reste limité à savoir Saida183 et Rihane 03. En effet, l'orge est la céréale la plus appréciée par les agriculteurs de cette région.

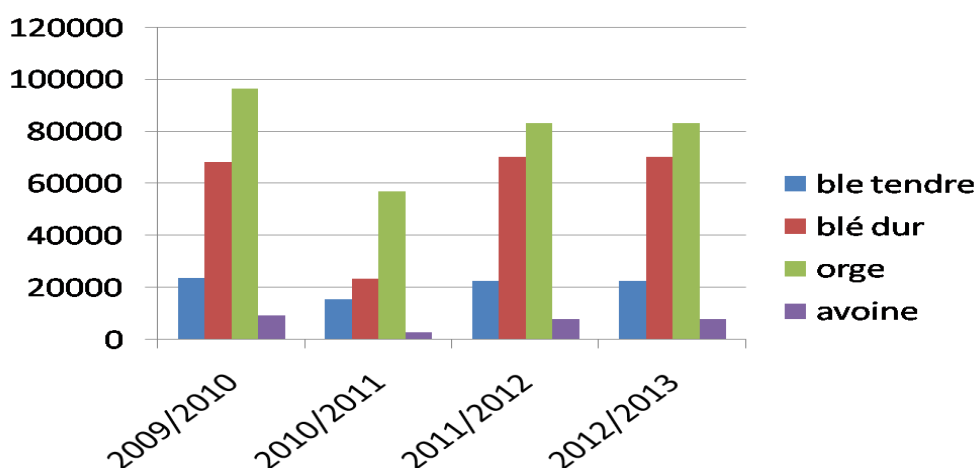


Figure 9 : Evolution La superficie en (ha) des différents types de céréales cultivés dans la zone de Sidi Bel Abbes durant la période (2009 – 2013) (DSA, 2015).

L'analyse de l'évolution de la production des céréales, (figure10) montre que les rendements à l'hectare sont très bas avec des variations interannuelles très importantes se traduisant sur la courbe de récolte (figure11) en dent de scie. Ces fluctuations sont principalement dues à la sécheresse, aux gelées tardives enregistrées jusqu'en mai et aux techniques culturales.

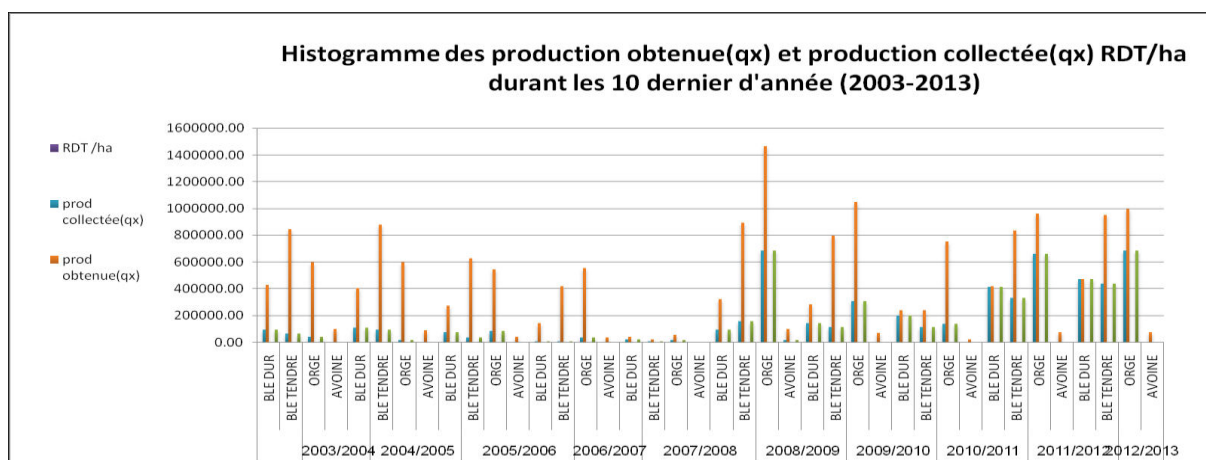


Figure10 : Evolution de la production obtenue et collectée (quintaux) et RDT/ha des céréales dans la wilaya de Sidi Bel Abbes. (DSA, 2013)

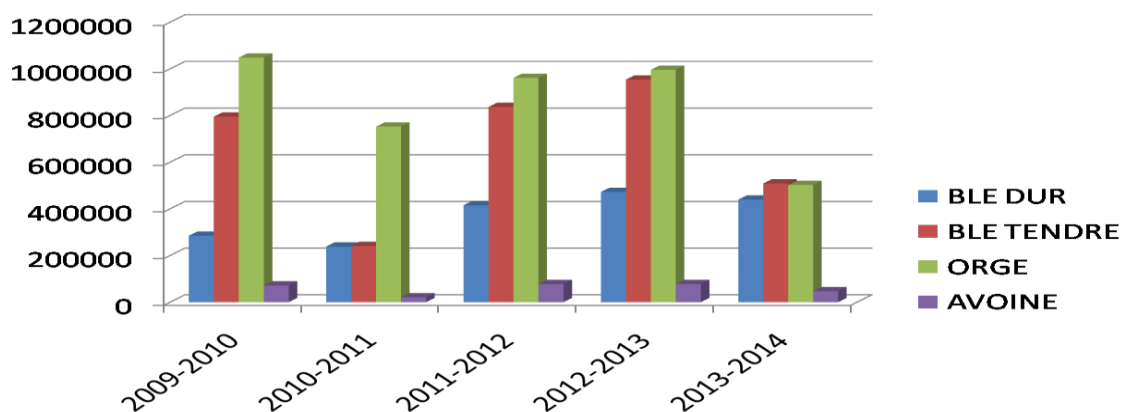


Figure 11 : Evolution de la production en quintaux des différents types de céréales cultivés dans la wilaya de Sidi Bel Abbès durant la période (2009 – 2014) (DSA, 2013).

Les niveaux de production des céréales sont faibles par rapport aux potentialités réelles des différentes zones agro-écologiques de la région de Sidi Bel-Abbès avec une superficie agricole totale de 737 856 hectares soit 80% de la surface totale (DSA, 2009). L'analyse des données relatives au rendement de céréales (figure10) durant la période 2003-2013 illustre une production d'orge peu variable mais avec des taux toujours supérieur aux autres céréales.

A l'instar des autres wilayas du pays, les superficies céréales au niveau de la wilaya de Sidi Bel-Abbès sont très importantes, et sont dominées par les orges. Sur les 10 années dernières année (2003-2013), la moyenne occupée par les quatre espèces : le blé dur, blé tendre, l'orge et l'avoine sont de l'ordre de 110.92 hectares récoltés avec une production de 57.159.92 tonnes, soit un rendement moyen par espèce de : le blé dur (12.06 qx/ha), le blé tendre (10.72 qx/ha), l'avoine (11.17 qx/ha) et l'orge (8.84 qx/ha). L'analyse du rendement reste dépendant en grande partie des conditions climatiques de l'année. Ainsi nous remarquons une grande fluctuation est observée et ces rendements n'ont guère dépassé les 14 qx/ha pour l'orge et le blé tendre. (DSA, 2013).

## II- CLASSIFICATION ET STRUCTURE HISTOLOGIQUE ET BIOCHIMIQUE DU GRAIN D'ORGE

### 1-Classification botanique de l'orge

Les premières classifications botaniques à partir des ancêtres sauvages, furent renforcées par les premiers travaux de cytogénétiques qui aboutirent à la détermination du nombre de chromosomes des différentes espèces. *Hordeum spontaneum L.*, orge sauvage diploïde à deux rangs ( $2n=14$ ), répandue depuis la Grèce et la Lybie jusqu'au Nord-Est de l'Inde est reconnue comme la forme ancestrale de l'orge cultivée (*Hordeum vulgare L.*) (Nevo, 1992 ; Zohary et Hopf, 1993 ; Jestin, 1996). *Hordeum spontaneum L.* n'est représentée que par des formes d'épis à deux rangs à rachis fragile (cassant), alors que les orges à six rangs ne sont apparues que plus tard suite à une mutation spontanée. L'orge appartient au genre *Hordeum* qui se divise en trois groupes d'espèces :

- Le groupe diploïde à  $2n=14$ . Les espèces appartenant à ce groupe sont : les formes sauvages (*Hordeum agriocrithon*, *H. spontaneum*, *H. murinum*, *H. californicum*) et les formes cultivées (*Hordeum vulgare L.*). L'espèce la plus cultivée est *Hordeum vulgare*.
- Le groupe tétraploïde à  $2n=28$ , représenté par des formes sauvages (*Hordeum jubatum* et *Hordeum bulbosum*) ;
- Le groupe hexaploïde à  $2n=42$ , représenté par des formes sauvages (*Hordeum nodosum* et *Hordeum arizonicum*).

### 2- Taxonomie

L'orge appartient au règne végétal, à l'embranchement des Anthophytes, à la classe des Monocotylédones, à la sous classe des Commelinidae, à l'ordre des Cyperales, à la famille des Poacées (ex graminées), sous-famille des Hordeoideae, la tribu des Triticées (ex Hordées) et au genre *Hordeum* (Hariri, 2003 ; Chadeaud et Emberger, 1960).

Liné (1755) cité par Grillo (1959), classe les orges selon le degré de fertilité des épillets et la compacité de l'épi en deux groupes :

- **le groupe des orges à six rangs** dont les épillets médians et latéraux sont fertiles et qui se subdivise selon le degré de compacité de l'épi en :
  - *Hordeum hexastichum L.* (escourgeon) a un épi compact composé sur chaque axe du rachis de 3 épillets fertiles.

-*Hordeum tétrastichum* L. a un épi lâche composé sur chaque axe du rachis de 2 épillets fertiles.

- **le groupe des orges à 2 rangs** dont les épillets médians seuls sont fertiles. Ce sont :
- *Hordeum distichum* L. a un épi aplati et lâche composé de deux rangées d'épillets fertiles, sur chaque axe du rachis, entouré de 4 épillets stériles. Les figure 12 et 13 représentent les orges à six rangs et ceux à deux rangs (Soltner, 2005 ; Souillah, 2009).

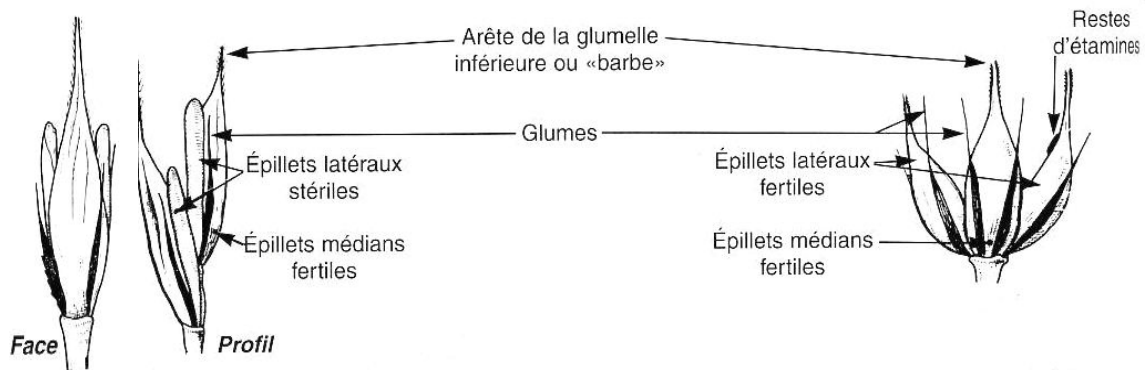


Figure 12 : Epillet d'orge à deux rangs à gauche et d'orge à six rangs à droite (Soltner, 2005)

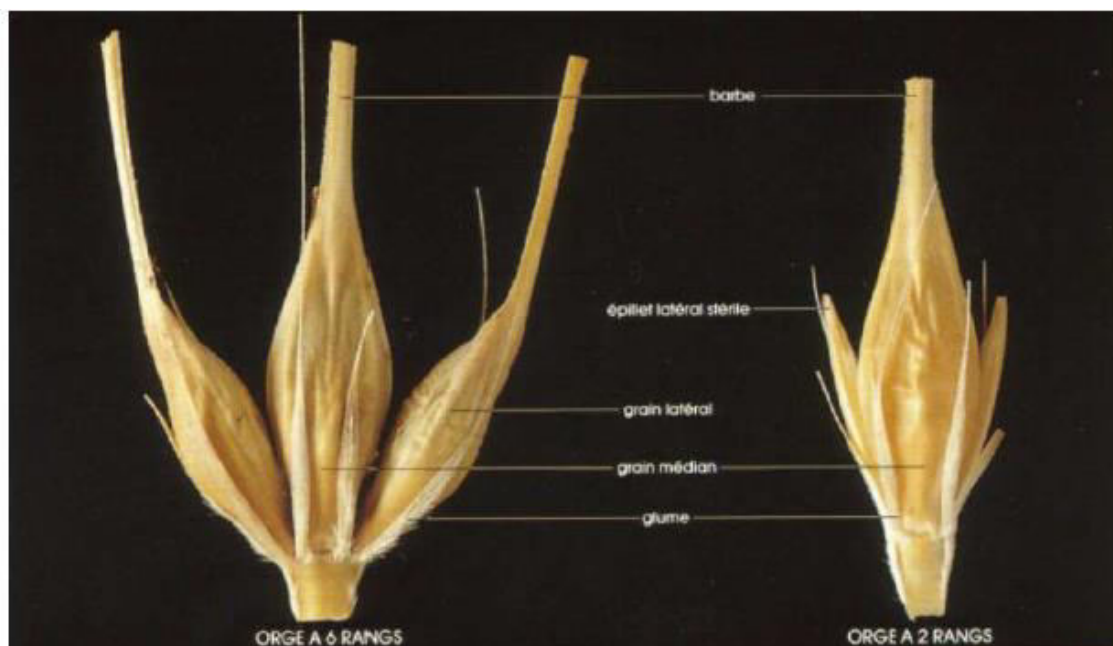


Figure 13 : Epillet d'orge à six rangs à gauche et d'orge à deux rangs à droite (Souillah, 2009)

Erroux (1952) distingue au niveau de l'espèce *Hordeumvulgare*L les types *Pallidum*, dont l'épi est de faible densité à section rectangulaire, ce sont les orges à quatre rangs et les types *Parallelum*et *Pyramidatum*, dont les épis sont plus denses à section hexagonale dites orges à six rangs.

Quant à Soltner (2005), classe les orges selon leur milieu de culture en trois groupes qui sont :

- **Les orges d'hiver** dont le cycle de développement varie de 240 à 265 jours, s'implantent en automne. Ces orges ont besoin pour assurer leur montaison, de température vernalisante qui manifeste un degré plus au moins élevé de résistance au froid hivernal.
- **Les orges de printemps** dont le cycle de développement est très court (environ 120 à 150 jours), s'implantent au printemps. Ces orges n'ont aucun besoin de vernalisation pour assurer leur montaison.
- **Les orges alternatives** qui sont intermédiaires au plan tolérance au froid, entre les orges d'hiver et celles de printemps.

L'orge peut être classée en quatre (04) catégories dénommées A, B, C, D selon le type de grain (Tableau 3). Ces catégories sont établies à partir de 2 caractéristiques du grain :

- La denticulation des nervures dorsales et la glumelle inférieure,
- La longueur des poils de la baguette (Moule, 1980).

Tableau 3 : Caractères de Neergaard pour le classement des variétés d'orge (Moule, 1980)

	Glumelle inférieure	Baguette	
Nervures latérales et dorsales de la glumelle inférieure	Sans épine	A	C
	Avec épine	B	D

### 3- Structure histologique du grain d'orge

Le grain d'orge est un fruit sec indéhiscant (caryopse) de section arrondie ou ovale, de taille et de poids variable selon les espèces et les variétés (tableau 4 et 5) (Godon, 1991). Une des particularités intéressantes de l'orge est d'être un grain vêtu. Les glumelles adhèrent au grain et ne s'en séparent pas au battage.

Tableau 4 : la taille des grains des céréales en millimètres (Godon, 1991)

Espèces	Longueur			Largeur			Epaisseur		
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
Avoine	10,0	14,0	18,0	2,5	3,0	3,5	2,0	2,4	2,8
Blé	5,0	6,5	8,5	1,6	2,9	4,7	1,5	2,3	3,5
Mais	6,0	11,5	17,5	5,0	8,0	11,0	2,7	5,0	8,0
<b>Orge</b>	<b>8,0</b>	<b>10,0</b>	<b>12,0</b>	<b>2,7</b>	<b>4,1</b>	<b>5,0</b>	<b>1,8</b>	<b>3,5</b>	<b>4,5</b>
Seigle	5,0	7,5	10,0	1,5	2,2	3,5	1,5	2,5	3,0
Triticale	5,0	7,0	9,5	1,5	2,0	4,0	1,5	2,5	3,5

Tableau 5 : Masse des grains des céréales en milligrammes (Godon, 1991)

Espèces		Minimum	Moyenne	Maximum
Avoine		19	30	42
Blé		15	45	70
Mais	Gros grain	163	273	382
	Moyen grain	66	104	143
	Petit grain	43	67	90
<b>Orge</b>		<b>25</b>	<b>40</b>	<b>52</b>
Seigle		13	30	50
Triticale		14	40	65

### 3-1 Morphologie du grain d'orge

Le grain d'orge présente une nervure médiane et deux nervures latérales dorsales. Il est prolongé par une barbe. Alors, que la glumelle supérieure correspond à la face ventrale du grain. Celui-ci présente une dépression ou sillon à la base duquel est insérée une baguette (Figure 14). Il comporte plusieurs parties distinctes :

- L'embryon : siège des activités vitales de la graine ;
- L'albumen amylicé : tissu de réserve de l'orge contenant des granules d'amidon et des protéines de réserve ;
- Les assises successives limitant l'embryon et l'albumen : le péricarpe et la testa soudés et des enveloppes appelées glumelles (Jeantet et al., 2007).

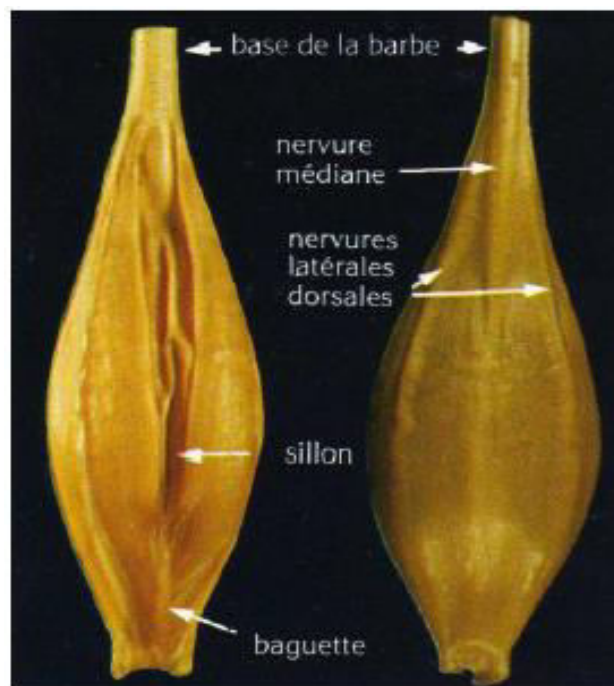


Figure 14 : Vue ventrale et dorsale du grain d'orge (Souillah, 2009)

### 3-2 Caractéristiques histologiques du grain d'orge

L'anatomie exacte d'un grain d'orge est très complexe. Le grain d'orge est une matière complexe contenant une plantule complète (embryon), une réserve de matière nutritives (l'endosperme), une couche périphérique de cellules capables de former des enzymes hydrolytiques (la couche aleurone), une membrane semi-perméable (le péricarpe-testa) et une paroi extérieure pailleuse (Hariri, 2003). Les figures 15 et 16 représentent les coupes longitudinale et transversale d'un grain qui permettent de distinguer trois parties essentielles (embryon ou germe, l'endosperme et les enveloppes). Chaque partie du grain d'orge se caractérise par une composition biochimique particulière.

#### 3-2-1 L'embryon

Le grain d'orge est constitué d'un embryon (germe) arrangé principalement sur la face dorsale du grain, et d'une couche amylicée limitée extérieurement par plusieurs assises successives. L'embryon est séparé de l'endosperme par le scutellum, qui a une fonction de sécrétion et permet la diffusion des enzymes hydrolytiques de l'embryon vers l'endosperme. Il contient le patrimoine génétique responsable de la future plante. L'embryon qui représente le

siège des activités vitales du grain, en particulier grâce aux enzymes, contient un substrat respiratoire qui est le saccharose, des lipides et des protéines de structure (Mac, 1979 ; Souilah, 2009 ; Hariri, 2003). Il est riche en protéines, lipides, minéraux et en vitamine (E, tocophérols). Il contient à lui seule la plus grande proportion de lipides (Favier, 1989 ; Godon et Willm, 1991). Les principaux sucres de l'embryon sont le saccharose et le raffinose. Ils représentent 25% du poids sec de l'embryon. Les principales protéines sont des albumines et des globulines.

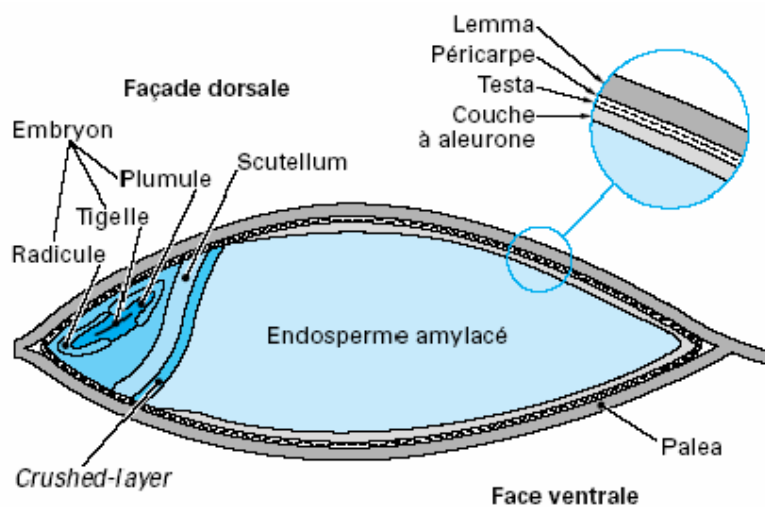


Figure 15 : Coupe longitudinale d'un grain d'orge (Société Malteurop, 2000)

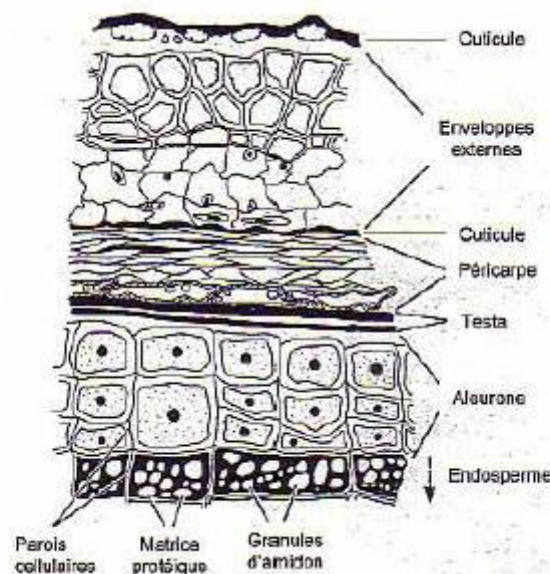


Figure 16 : Coupe transversale des enveloppes, de la couche à aleurone et de l'endosperme amylicé d'un grain d'orge (Guiga, 2006)

### 3-2-2 L'endosperme

L'albumen (L'endosperme) représente l'organe de réserve de l'orge. Il est constitué de cellules mortes remplies de granules d'amidon entourés de protéines. L'albumen est constitué de 65% d'amidon, de 7 à 12% de protéines, de 6 à 8% de matériels celluloseux dans les parois cellulaires (70% de  $\beta$ -glucanes, 20% de pentosanes, 5% de protéines, 2% de glucomannanes, 2% de cellulose, 0,5% d'acides phénoliques et 0,5% d'acides uroniques) et 2 à 3% de lipides (Jeantet et al., 2007). La composition biochimique de l'endosperme est donnée dans le tableau 6. Les grains d'orge sont caractérisés par une différence structurale au niveau de l'endosperme. Il existe des secteurs farineux, contenant des cellules condensées avec la présence d'un espace entre les granules d'amidon et des secteurs durs avec des granules d'amidon condensés dans une matrice de protéines denses (Chandra et al., 1999).

Tableau 6 : Composition biochimique de l'endosperme (Jeantet et al., 2007)

Constituants biochimiques	Teneur dans l'endosperme, %
Amidon	65
Protéines	7 à 12
Lipides	2 à 3
Parois cellulaires : Gommés dont matériels celluloseux	6 à 8
- $\beta$ -glucanes	70
- Pentosanes	20
- Protéines	5
- Glucomannanes	2
- Cellulose	2
- Acides phénoliques	0,5
- Acides uroniques	0,5

### 3-2-3 Les enveloppes

Les enveloppes du grain d'orge restent attachées ou soudées après battage. Selon Deepak et al., (2013) les enveloppes de l'orge sont composées de 39 % de cellulose, 12% d'hémicellulose, 22 % de lignine, 11 % d'amidon, 4 % de protéines et 4 % de lipides. Elles sont formées de plusieurs couches composées de nombreux tissus morphologiquement différents. De l'extérieur vers l'intérieur on trouve :

- **3-2-3-1 La paroi externe** : La paroi externe entoure complètement le grain sauf aux 2 extrémités. Elle représente  $\pm 3\%$  du poids du grain. Elle possède une fonction protectrice, et assure par capillarité la distribution d'eau sur la surface du grain. Le grain est sélectivement perméable, il empêche non seulement la sortie des sucres et des acides aminés du grain, mais aussi l'entrée des microorganismes. Les dégradations fortuites par ces parois permettent la perte de substances nutritives, la croissance microbienne dans les tissus et la perte de la force mécanique (Guiga, 2006).

- **3-2-3-2 Les glumelles** :

La glumelle dorsale ou lemma possède une paroi épaisse, alors que la glumelle ventrale ou palea a une paroi plus fine. Les glumelles protègent le grain et la future plantule au cours de la germination. Les glumelles sont très riches en celluloses et hémicelluloses et représentent 10 à 20 % du poids sec de la graine (Mac Leod, 1979).

- **3-2-3-3 Péricarpe et Testa** :

Le péricarpe est subdivisé en épicarpe, protégé par la cuticule et les poils, en mésocarpe, formé par des cellules transversales et endocarpe, constitué par des cellules tubulaires (Figure 16). Le péricarpe est composé majoritairement de cellulose (20%) mais il contient également 6% de protéines, 2% de cendres, 0,5% de lipides et de pentosanes (Jeantet et al., 2007). La testa est constituée de deux bandes superposées composées de matériaux cireux et lipidiques. L'ensemble péricarpe-testa est semi-perméable ; il est perméable à l'eau mais constitue une barrière pour de nombreux solutés. Il attribue la capacité sélective de l'absorption du grain. Le testa contient beaucoup de substances phénoliques telles que les pro-anthocyanidines (ou tannins condensés) qui sont impliquées dans le trouble colloïdal de la bière (Hariri, 2003 ; Guiga, 2006).

- **3-2-3-4 La couche à aleurone** :

Au point de vue de la structure anatomique, la plus grande différence à signaler entre l'orge et le blé réside dans la couche de cellules à aleurone : chez le blé, comme chez le seigle, cette couche ne comprend qu'un seul rang de cellules; chez l'orge, elle comprend trois et quelquefois quatre rangs de cellules, excepté dans le voisinage de l'embryon, où la couche s'amincit progressivement, se réduisant peu à peu à deux rangs, puis à un seul rang (Saulnier, 2012) (figure 16). Les cellules à aleurone de l'orge sont plus petites que celles du blé et du seigle (Boutroux, 1897). La couche à aleurone renferme, dans sa partie la plus externe, de l'amidon et des protéines, et dans sa partie interne, des lipides (30%), des protéines (20%), de l'acide phytique, des vitamines du groupe B, de la cellulose et des pentosanes, mais pas d'amidon (Jeantet et al., 2007).

#### 4- Les constituants biochimiques de l'orge

L'azote, les minéraux, l'amidon et les fibres alimentaires sont les composants qui présentent le plus d'intérêt dans l'orge (Grando et Gómez Macpherson, 2005). Il contient également des protéines avec un contenu limité en lysine et des lipides dont le tiers est situé dans le germe. Ces constituants se répartissent très différemment selon les tissus (figure 16). Les diverses familles de constituants biochimiques d'un grain d'orge sont représentées dans le tableau 7.

Tableau 7 : constituants biochimiques de l'orge en % de matière sèche (Allsio-Ouarnier, 1999).

Constituants chimiques	Teneur en % du poids sec
<b>Glucides</b>	<b>78-85</b>
- Amidon	63-65
- Saccharose	1-2
- Sucres réducteurs	0,1-0,2
- Polysaccharides solubles dans l'eau (gommes)	1-1,5
- Polysaccharides solubles dans les solvants organiques (hémicelluloses)	8-10
- Cellulose	4-5
- Autres	1
<b>Lipides</b>	<b>2-3</b>
<b>Protéines</b>	<b>8-11</b>
- Albumines	0,5
- Globulines	3
- Hordéines	3-4
- Glutélines	3-4
- Acides aminés et peptides	0,5
<b>Acides nucléiques</b>	<b>0,2-0,3</b>
<b>Sels minéraux</b>	<b>2</b>
<b>Autres dont lignine ...</b>	<b>5-6</b>

#### 4-1 Les glucides

Dans le grain d'orge, les glucides se présentent sous forme de :

- Sucres simples comme le glucose et le fructose qui se trouvent en faibles quantités (<0.2%) (Jilal, 2011) ;
- Saccharose et de raffinose au niveau de l'embryon (Hariri, 2003) ;
- Polysaccharides dont l'amidon et les fibres alimentaires.

##### 4-1-1 L'amidon

C'est le constituant majeur des glucides de l'orge et représente par conséquent la source principale d'énergie. Il représente 63-65% du poids sec d'un grain d'orge et se localise principalement dans l'endosperme. Il est constitué de deux polymères de D-glucopyranose :

- 25 % d'amylose, de structure linéaire, avec des liaisons de type  $\alpha$  (1-4) regroupant 500 à 2500 unités de D-glucose.

- 75% d'amylopectine formée par la polymérisation du D-glucose, lié par les liaisons  $\alpha$  (1-4) et quelques liaisons  $\alpha$ (1-6) qui est à l'origine des ramifications. ces dernières représentent environ 5 à 6% du nombre total de liaisons (Koehler et Wieser, 2013).

Les propriétés physico-chimiques de l'amidon dépendent de la proportion, la composition et la structure des molécules de l'amylose et de l'amylopectine (Van Hung et al., 2006 ; Henry, 1988).

A maturité, l'amidon de l'orge se présente sous forme de deux types de granules, qui ont une structure semi-cristalline. Les gros granules d'amidon (Type-A), de diamètre compris entre 10 et 25  $\mu\text{m}$  de forme arrondie, représentent 10% du nombre de granules et 90 % du poids de l'amidon. Ils ont une température de gélatinisation de 61-62°C. Les petits granules d'amidon (Type-B), de diamètre compris entre 1 et 5  $\mu\text{m}$  représentent 90 % du nombre de granules et 10 % du poids de l'amidon, et ont une température de gélatinisation de 75-80°C (Jilal, 2011 ; Buleon et al., 1998).

L'amidon est constitué de granules de différentes tailles. La distribution de la taille des granules est corrélée à la dureté du grain. En effet plus les variétés sont dures plus la quantité de petit granules (type B) est importante et possédant un temps de chute de Hagberg très faible (Reaker et al., 1998 ; Capoutchova et al., 2003). La dureté reflète l'état de texture du grain et de la cohésion des particules dans l'albumen. Selon l'état de dureté, les orges sont classées sur une échelle croissant de dureté du type faible à fort.

Depuis toujours, les amidons sont utilisés dans l'industrie alimentaire, non seulement comme ingrédient nutritif mais également comme agent épaississant, liant stabilisant ou gélifiant. Synthétisé par voie biochimique, source de glucides, l'amidon est l'une des matières

organiques les plus répandues du monde végétal, où il constitue la réserve nutritionnelle des organismes. D'un point de vue nutritionnel, la digestibilité des amidons de céréales est conditionnée par la gélatinisation au cours de la cuisson et par la structure de l'aliment. En conséquence, elle dépend avant tout du procédé de fabrication (Saulnier, 2012).

#### **4-2 Les fibres alimentaires :**

Les céréales constituent la première source de fibres dans l'alimentation. Le taux des fibres peut atteindre jusqu'à 17% de grains d'orge complet (Fichier canadien sur les éléments nutritifs, 2010). On y trouve :

- Les fibres insolubles comme l'hémicellulose, la lignine et la cellulose. Cette dernière est concentrée dans les glumelles, le péricarpe et la couche d'aleurone. Elle représente 4 à 5 % du poids sec du grain d'orge.
- Les fibres solubles comme le  $\beta$ -Glucane, constituant principale des parois cellulaires se trouvant dans l'endosperme et la couche d'aleurone. Il représente 5 à 11% du poids sec du grain d'orge. (Sullivan, 2010).

Les autres polysaccharides sont essentiellement les constituants des parois cellulaires, les pentosanes et les  $\beta$ -glucanes. Les  $\beta$ -glucanes sont constituées d'enchaînement de 3 à 4 unités glucose liées par des liaisons  $\beta$ -(1-4) séparées par des liaisons  $\beta$ -(1-3). Les pentosanes ou arabinoxylyanes sont des polymères de xylose (Hariri, 2003).

En utilisant plusieurs méthodes d'extraction chimiques et enzymatiques, Hoije et al., (2005) font remarquer que les enveloppes sont principalement composées d'arabinoxylyanes, de lignines, de glucose et de protéines.

#### **4-3 Les lipides**

Les lipides représentent une faible proportion du grain, généralement 2 à 3%. Ces lipides se répartissent en :

- Les lipides apolaires (lipides de réserve du grain) : mono, di et triglycérides, et des acides gras libres essentiellement localisés en petites quantités au niveau de l'embryon de l'endosperme, de la couche à aleurone et du péricarpe (Hariri, 2003 ; Saulnier, 2012).
- Les lipides polaires (lipides de structure du grain) : phospholipides et glycolipides essentiellement (Saulnier, 2012). Certains sont libres, mais la majorité est associée aux protéines et à l'amylose (Koehler et Wieser, 2013). Les granules d'amidon contenant des quantités plus petites de lipides polaires seront plus faciles à dégrader par les enzymes (Hariri, 2003).

Les lipides sont riches en acides gras insaturés comme le montre leur composition figurant dans le tableau 8 (Berger, 1984)

Tableau 8 : Composition en acides gras (AG) des lipides des grains de céréales en pourcentage du total des AG, (Berger, 1984)

Espèces	Acide palmitique C16 (saturé)	Acide oléique C18 : (insaturé à 1 double liaison)	Acide linoléique C18 :: (insaturé à 2 doubles liaisons)	Acide linoléique C18 ::: (insaturé à 3 doubles liaisons)
Avoine	17	37	41	5
Blé	18	15	63	4
Mais	12	26	60	2
Orge	25	8	51	6
Seigle	21	7	64	8

#### 4-4 les protéines

La teneur en protéines des grains d'orge est de l'ordre de 10 à 17% (Czuchajowska et al., 1998 ; Izydorczyk, et al., 2000), avec des variations assez importantes en fonction des particularités génétiques, des variétés et des conditions de culture. La répartition des protéines dans le grain de céréales n'est pas uniforme : la couche à aleurones comporte 30 à 35 % de protéines, le germe 35 à 40 % mais le péricarpe et l'albumen amylicé contiennent respectivement 6 à 7 % et 6 à 9 % (Popineau, 1985). Globalement et compte tenu de l'importance pondérale relative des différentes parties du grain, 87% des protéines se trouvent dans l'albumen et la couche à aleurone.

Selon Courvoisier (1984) les protéines solubles sont essentiellement synthétisées et accumulées au niveau de la couche à aleurone pauvre en protéines insolubles et en grain d'amidon. Les protéines de réserve sont accumulées à l'intérieur des membranes endoplasmiques granuleux dès leur synthèse.

##### 4-4-1 Les différents groupes de protéines

C'est l'œuvre considérable d'Osborne (1907) qui a permis de dégager les notions fondamentales sur les constituants des protéines végétales en général et des protéines des céréales en particulier. Les protéines de céréales sont constituées par plus d'une cinquantaine

de constituants classées d'après leurs propriétés de solubilité (Osborne, 1907 ; Huebner et Rothfuss, 1968 ; Charbonnier, 1973 ; Feuillet, 1975 ; Lookhart et Scott, 1995). Le caractère de solubilité a permis de définir et de distinguer quatre groupes de protéines du grain.

Les albumines solubles dans l'eau et les globulines solubles dans les solutions salines sont souvent regroupées sous le terme protéines solubles.

Les gliadines solubles dans l'éthanol 70%, les glutélines protéines résiduelles solubles dans les acides et les bases diluées, sont regroupées sous le terme de protéines de réserve.

Les albumines et globulines forment les protéines cytoplasmiques présentes en faibles quantité (15 à 20 % des protéines totales) sont constituées de nombreuses protéines possédant des propriétés physicochimiques très diverses. Les gliadines et les glutélines constituent les protéines de réserves de l'albumen (endosperme). Elles représentent 80 à 90 % des protéines totales. Les protéines de réserve associées forment un constituant d'un type unique dans le règne végétal : le gluten. Ce dernier est un complexe protéique viscoélastique constitué d'un mélange hétérogène de prolamines et de glutélines associées par des liaisons covalentes (S-S et S-H) et non covalentes (hydrogène, hydrophobe et ionique) (Melas et al., 1993). La farine d'orge contient un faible taux de gluten que celle de la farine du blé (Boutroux, 1897).

Le tableau 9 montre les différences de composition des protéines entre les différentes céréales. Certaines de ces protéines particulièrement importantes ont reçu des noms spécifiques. Ainsi dans le cas du blé, les prolamines sont appelées gliadines et les glutélines sont des gluténines. Dans le cas de l'orge les prolamines portent le nom d'hordéine (Godon et Willm, 1998 ; Marot-Chaudry, 1997).

#### **4-4-1-1 les protéines solubles de l'orge**

Ce sont des protéines cytoplasmiques ou métaboliques ayant une certaines activité enzymatique. Elles se localisent dans l'embryon et dans l'endosperme. Elles sont pauvres en acide glutamique et en proline. On distingue :

- Les albumines : elles représentent 3 à 4% des protéines totales. Elles portent le nom leucosine. Elles sont coagulables par la chaleur, de poids moléculaire (PM) compris entre 100000 à 300000 daltons (Da), elles se caractérisent par leur richesse en acides aminés basiques, surtout la Lysine et l'Arginine.
- Les globulines : elles représentent 10 à 20% des protéines totales. Elles portent le nom édestine. Leur masse moléculaire se situe aux environs de 100000 Da avec des constituants de masse supérieure à 200000 Da. Elles ont une composition proche de celle des albumines avec un taux plus élevé en Lysine et Arginine et un taux plus faible en Tryptophane et acides aminés amides.

Tableau 9 : les différences de composition des protéines entre les différentes céréales (Godon et Willm, 1998 ; Marot-Chaudry, 1997).

Céréales	Protéines (% MS)	Albumines, %	Globulines, %	Prolamines, %	Glutélines, %
Avoine	8-20	5-10 (avenaline)	50-60	10-15	5-10 (avenine)
Blé	10-15	5-10	5-10	40-50 (gliadine)	30-40 (gluténine)
Mais	7-13	2-10	10-20	50-55 (zeine)	30-45
<b>Orge</b>	<b>10-16</b>	<b>3-4 (leucosine)</b>	<b>10-20 (édestine)</b>	<b>35-45 (hordéine)</b>	<b>35-45</b>
Seigle	10-11	20-30 (leucosine)	5-10 (édestine)	20-30 (sécaline)	30-40
Triticale	12-13	20-30	5-10	20-30	30-40
Sorgho	9-13	/	/	60-70 (kaffirine)	30-40
Riz	8-10	2-5	2-8	1-5	85-90 (oryzénine)

#### 4-4-1-2 les protéines insolubles ou protéines de réserve

Elles sont constituées de glutélines et de prolamine. Elles se localisent dans l'albumen et sont très riches en glutamine et en proline (Wilhelm, 1998 ; Shewry et Casey, 1999).

Elles jouent un rôle très important sur le plan technologique en effet c'est l'agglutination de ces protéines qui forme le gluten, produit doué de propriétés visqueuses et élastiques, qui réfère aux farines et aux pâtes qui en résulte leur propriétés viscoélastiques. A cet égard, la qualité culinaire de différentes pâtes est généralement appréciée par la qualité et la quantité de ces protéines.

- Les gluténines :

Selon Gordon (1991), On distingue trois types de gluténine d'orge. Celle dont la masse moléculaire des agrégats est supérieure à 20000 Da avec une composition de type

albumine et globuline, celle dont la masse moléculaire est comprise entre 100000 et 200000 Da et celle dont la masse se situe entre 25000 et 50000 Da. Elles assurent au gluten ses caractéristiques élastiques, sa cohésion et sa résistance aux déformations.

- Les Prolamines (Hordéines) :

Les hordéines représentent la fraction la plus importante, environ 50% des protéines totales (Vapal et Radovic, 1998) et 35 à 45 % selon Shewry et al., (1977) ; Bourdet, (1956). Elles sont les plus abondantes dans les endospermes des céréales (Shewry, 1995). Elles sont riches en proline et en glutamine (Shewry et Tatham, 1990). Elles apportent à ce produit ses caractéristiques visqueuses (fluidité, extensibilité). L'immunocytochimie a montré que les hordéines sont situées dans la matrice intergranulaire de l'albumen et peuvent être ponctuellement associées aux granules d'amidon (Benetrix, 1993). Le poids moléculaire (PM) de ces polypeptides est de l'ordre de 43000 et 94000 Da. Plusieurs classifications ont été attribuées aux hordéines :

- Selon leur mobilité électrophorétique et leur PM

On les a classés en premier temps en 03 groupes les B, les C et les D Hordéines (Shewry et al., 1983). Shewry et al., (1985),; Qi et al., (2006), ont distingué une quatrième fraction : Les  $\gamma$  Hordéines.

- selon leur composition en acides aminés : Elles sont classées en trois groupes :

- Les hordéines pauvres en soufre (C-hordéines).
- Les hordéines riches en soufre (B et  $\gamma$  Hordéines).
- Les hordéines à haut poids moléculaires possédant des quantités intermédiaires de soufre (D- Hordéines) (Shewry et Tatham, 1990).

- Les C-Hordéines :

Les C-Hordéines sont des monomères dont le PM varie de 55000 à 70000 Da (Shewry et Tatham, 1990). Elles sont constituées des deux parties N-terminal et C-terminal composées respectivement de 12 et 6 résidus d'acides aminés flanquant une partie centrale qui renferme un grand nombre de séquences répétées dont le motif est Pro-Gln-Gln-Pro-Phe-Pro-Gln-Gln (Shewry et Tatham, 1990).

- Les B-Hordéines :

Les B-Hordéines représentent 80-90% des hordéines de l'orge et 30-40% de l'azote total du grain d'orge (Shewry et Al, 1985).

Elles se trouvent sous forme de monomères ou de polymères résultant de l'association de différents monomères par les liaisons de disulfure (Vapa et Radovic, 1998). Les B-Hordéines sont des polypeptides riches en glutamate et en proline et dont le PM est compris entre 36000

et 44000 Da. La partie N-terminale est constituée de séquences répétées riches en proline. Par contre la partie C-terminale est composée en grande partie de Cystéines. C'est ce composé qui confère au  $\beta$ -Hordéines leur richesse en soufre (Shewry et Tatham, 1990).

- Les  $\gamma$ -Hordéines :

Les  $\gamma$ -Hordéines se trouvent sous forme de monomères et de polymères. Dans les gels d'Electrophorèse, elles ressemblent aux B-Hordéines par leur configuration et leur mobilité électrophorétique. Les recherches faites sur les  $\gamma$ -Secalines et les  $\gamma$ -Hordéines indiquent que ces deux derniers ont la même structure que les  $\gamma$ -Gliadines (Shewry et Tatham, 1990). La partie N-terminale est constituée de 12 résidus suivie de séquences répétitives dont le motif est Pro-Gln-Gln-Pro-Phe-Pro-Gln, puis de la partie C-terminale qui est riche en Cystéine. Dans les gels d'électrophorèse, les  $\gamma$ -Hordéines ressemblent aux B-Hordéines par leur configuration et leur mobilité électrophorétique (Rechinger et al., 1993).

- Les D-Hordéines :

Les D-Hordéines sont des monomères constitués d'une seule chaîne polypeptidique. Elles sont riches en Glycine, en Glutamine et en Proline. Leur structure est composée de deux parties N-terminale et C-terminale englobant une partie centrale formée de séquences répétées. La masse moléculaire des D-Hordéines a connu de très grandes variations d'un chercheur à l'autre selon la technique utilisée et les conditions de réalisation de cette dernière. Le PM varie de 83000 à 91000 Da (Blake et al., 1984).

Les hordéines sont codées par des gènes situés sur le chromosome 5 et peuvent être utilisées comme marqueurs génétiques pour l'identification des variétés d'orge. Elles ont, à cet effet, fait l'objet de plusieurs études biochimiques : Electrophorèse sur gel d'amidon, Acide-Page, Isoélectrofocalisation, Electrophorèse bidimensionnelle et Electrophorèse monodimensionnelle sur gel de polyacrylamide en présence de SodiumDodécyl Sulfate (SDS-PAGE) qui reste à nos jours la méthode la plus utilisée (Heisel et al., 1986).

#### **4-4-2 Composition en acides aminés des fractions protéiques**

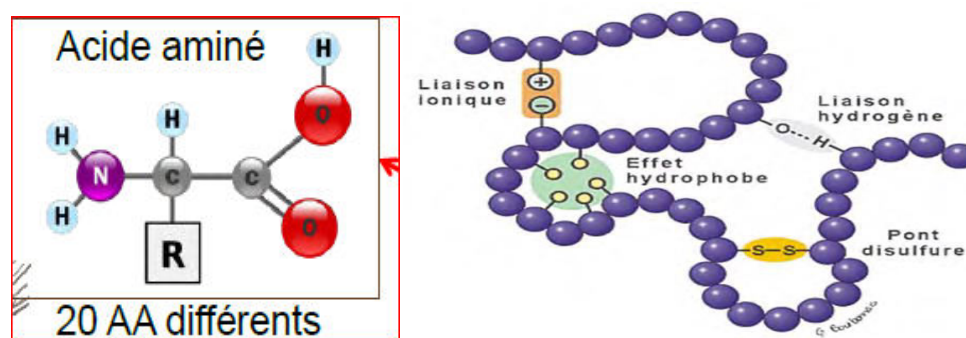
La composition en acides aminés du riz et de l'avoine se distingue des autres céréales en raison de la prédominance des globulines, tandis que le blé, l'orge et le seigle sont caractérisés par l'abondance en acide glutamique et en proline, caractéristiques majeures des prolamines (Saulnier, 2012). La composition en acides aminés essentielles est donnée dans le tableau 10.

Tableau10 : Teneur en acides aminés essentiels en mg/100 g de grains des principales céréales  
(Cordain, 1999)

Espèces mg/100 g	Blé	Mais	Riz	Orge	Seigle	Avoine
Tryptophane	160 (64%)	67 (27%)	101 (40%)	<b>208 (83%)</b>	154 (62%)	234 (94%)
Thréonine	366 (81%)	354 (79%)	291(65%)	<b>424 (94%)</b>	532(118%)	575 (128%)
Isoleucine	458 (71%)	337 (52%)	336 (52%)	<b>456 (70%)</b>	550(85%)	694 (107%)
Leucine	854 (90%)	1155(122%)	657 (69%)	<b>848 (89%)</b>	980(103%)	1284(135%)
Lysine	335 (42%)	265(33%)	303 (38%)	<b>465 (58%)</b>	605 (76%)	701(88%)
Méthionine	201 (47%)	198 (46%)	179 (42%)	<b>240 (56%)</b>	248 (58%)	312 (73%)
Cystine	322 (76%)	170 (40%)	96 (23%)	<b>276 (65%)</b>	329 (77%)	408 (96%)
Phénylalanine	593(125%)	463 (97%)	410 (86%)	<b>700(147%)</b>	673(142%)	894 (188%)
Tyrosine	387(81%)	383 (81%)	298 (63%)	<b>358 (75%)</b>	339 (71%)	573 (121%)
Valine	556 (85%)	477 (73%)	466 (72%)	<b>612 (94%)</b>	747(115%)	937 (144%)
Histidine	285 (52%)	287 (52%)	202 (37%)	<b>281 (51%)</b>	367 (67%)	405 (74%)

Les valeurs en parenthèse correspondent aux apports recommandés par jour

Les protéines cytoplasmiques sont plus riches en lysine et en tryptophane que les protéines de réserve. Les globulines témoignent la présence des lipides et des acides nucléiques. Les protéines de réserve et en particulier les gliadines sont les mieux pourvues en acides glutamiques ainsi par leur richesse en proline. Les gluténines ont une teneur en résidu lysine, glycine, alanine, serine et tyrosine fortement supérieur à celle des gliadines (Linden et al., 1994). La cystéine offre par l'intermédiaire de son groupement thiol (S-H) des possibilités de liaisons covalentes intra et intermoléculaire. La figure 17 représente la structure d'une macromolécule protéique constituée par une chaîne d'acides aminés (Arvalis, 2014).



La figure 17: la structure d'une macromolécule protéique constituée par une chaîne d'acides aminés (Arvalis, 2014).

Les acides aminés ayant un résidu acide (acides glutamique et aspartique) leurs amides et les acides aminés basiques (lysine, arginine et histidine), confèrent aux molécules protéiques des charges électriques locales en réponse du pH du milieu. La leucine, isoleucine et la proline favorisent les liaisons hydrophobes. Plusieurs facteurs sont susceptibles d'exercer une action sensible sur la composition en acides aminés du grain d'orge. Ainsi la nature du sol, la fumure et le climat modifient les teneurs en acides aminés soufrés (cystéine, méthionine) sans affecter les teneurs en lysine et en acide glutamique (Bourdet, 1954).

#### 4-5 Les minéraux :

Le grain d'orge est une véritable source de minéraux comme le Potassium, le Phosphore, le Magnésium, le Calcium et spécialement le Sélénium. Ces minéraux des grains peuvent contribuer significativement à l'apport dans la ration alimentaire (Saulnier, 2012). Le tableau 11 représente la composition moyenne en mg des minéraux existant dans 100 gr de grains d'orge complet (Fichier canadien sur les éléments nutritifs, 2010).

Tableau 11 : Composition en mg des minéraux existant dans 100 gr de grains d'orge complet et l'orge (Fichier canadien sur les éléments nutritifs, 2010 ; Saulnier, 2012).

Minéraux	Valeurs estimées (Orge)	Valeurs estimées (Blé)
Calcium, Ca	33	29
Fer, Fe	3.60	3,19
Magnésium, Mg	133	126
Phosphore, P	264	288
Potassium, K	452	363
Sodium, Na	12	2
Zinc, Zn	2.77	2,65
Cuivre, Cu	0.498	0,43
Manganèse, Mn	1.943	3,98
Sélénium, Se	0,066	0,043

D'après le tableau 11 on remarque que l'orge est caractérisée par sa richesse en minéraux par rapport au blé. La matière minérale de l'orge est dispersée dans toutes les parties structurales du grain. Les plus grandes concentrations sont localisées dans l'embryon, le péricarde et la couche d'aleurone.

#### 4-6 Les Composés Phénoliques :

L'orge contient plusieurs composés phénoliques, un autre type d'antioxydants. Parmi ces divers composés, les flavanols (appartenant à la famille des flavonoïdes) seraient ceux qui se trouvent en plus grande proportion dans les grains d'orge, pouvant atteindre une quantité totale d'environ 255 µg/g selon la variété du grain (Goupy et al., 1999).

#### 4-7 Les Vitamines :

Les vitamines sont des substances nécessaires pour l'organisme que l'homme ne peut synthétiser en quantité suffisantes. Elles doivent être fournies par l'alimentation.

Le grain d'orge est très riche en vitamines notamment les vitamines B1, B2, B3, B5, B6, B9 et la vitamine E (Tocotriénols). En effet L'orge contient toutes les variantes différentes de la vitamine E, pour un total d'environ 75 mg/kg de poids sec. Parmi ces divers composés, la plus grande proportion (environ 80 %) est constituée de Tocotriénols, des antioxydants qui pourraient être plus puissants que les tocophérols, une autre forme de vitamine E (Panfili et al., 2003). Le tableau 12 représente la composition en mg des vitamines existant dans 100 Gr de grains d'orge complet.

Tableau12 : Composition des vitamines existant dans 100g de grains d'orge complet (Fichier canadien sur les éléments nutritifs, 2010).

Vitamines	Unités	Valeurs estimées
Bêta-carotène (Provitamine A)	µg	13
Folacine (Vitamine B9)	µg	19
Niacine (Vitamine B3)	mg	4.604
Acide pantothénique (Vitamine B5)	mg	0.282
Riboflavine (Vitamine B2)	mg	0.285
Thiamine (Vitamine B1)	mg	0.646
Vitamine B6	mg	0.318
Vitamine K	µg	2.2
Tocophérol, alpha	mg	0.57

Les vitamines du grain d'orge sont concentrées dans l'embryon, La couche d'aleurone et dans l'endosperme (Koehler et Wieser, 2013).

Les vitamines B se localisent principalement dans l'embryon et la couche d'aleurone. Pour les Tocophérols, elles se trouvent exclusivement dans le tissu du germe.

#### **4-8 Les enzymes :**

Ce sont aussi des substances complexes présentes en quantité négligeable mais dont le rôle est très important. Ils sont responsables des transformations que subissent les autres substances (hydrolyse de l'amidon et des protéines, destruction des sucres simples et des acides aminés).

Dans le grain d'orge, les enzymes se localisent dans le germe et la couche à aleurone ou elles sont synthétisées pour la plus part au cours de la germination du grain. Selon leur rôle on y trouve :

- Les enzymes dégradant l'amidon

Ce sont les enzymes dites amylolytiques. On y distingue dans l'orge quatre ensembles : l' $\alpha$ -amylase, la  $\beta$ -amylase, la dextrine limite et l' $\alpha$ -glucosidase.

L' $\alpha$ -amylase est une endoenzyme synthétisée dans la couche à aleurone au cours de la germination. Elle libère du glucose et des oligosides de 2 à 7 unités de glucose.

La  $\beta$ -amylase est une exoenzyme synthétisée au cours de la croissance et la maturation du grain. Elle hydrolyse les chaînes d'amidon (liaisons  $\alpha$  (1-4)).

L'action des  $\alpha$  et  $\beta$  amylases permet la conversion de l'amidon en glucose, maltose et dextrines contenant les liaisons  $\alpha$  (1-6) qui sont hydrolysées par la dextrine limite.

- Les enzymes dégradant les protéines

On note l'existence de plusieurs enzymes protéolytiques tels que l'endopeptidase qui dégradent les protéines en peptides et polypeptides et les carboxypeptidases qui dégradent les polypeptides en acides aminés.

- Les enzymes dégradant les lipides

L'hydrolyse des lipides est réalisée par les lipases qui sont localisées dans les couches extérieures des grains non germés.

D'autres enzymes sont à citer comme les pentosonases, les hemicellulase, les  $\beta$ -glucanase qui dégradent les  $\beta$ -glucanes des parois cellulaires de l'endosperme, les polyphénoloxydase qui catalysent l'oxydation des polyphénols et qui sont concentrées dans les parties périphériques du grain.

## UTILISATION ET INTERET NUTRITIONNEL DE L'ORGE

### I-UTILISATION DE L'ORGE

#### 1- l'orge une céréale ancienne

L'orge avec le blé font ainsi partie des plantes fondatrices de l'agriculture dans le Croissant fertile du Proche-Orient. L'orge est appréciée comme céréale fourragère. Sa culture ne pose aucun problème, elle prospère même en montagne et dans les régions sèches. Elle est très résistante au froid, au manque d'eau et à la pauvreté des sols.

Dans l'Antiquité, l'Orge était l'aliment de base des Grecs qui la consommaient sous la forme d'une galette appelée maza.

Les Hébreux attribuaient à cette céréale un symbole de puissance et une valeur guerrière. On retrouve cette même connotation chez les Égyptiens, les Gladiateurs romains et les Vikings. On croyait que le pain d'orge donnait aux Gladiateurs une force et une énergie supérieures comparativement aux autres aliments (Percival, 1921 ; Jilal et al., 2010). En Amérique, les premières cultures remontent à Christophe Colomb qui, en 1493, avait embarqué des grains au départ d'Europe.

Aujourd'hui l'Orge est produite à grande échelle, principalement en Europe et en Amérique du Nord. Elle représente 7 à 8 % de la production mondiale des céréales, derrière le maïs, le riz et le blé.

#### 2- Classes d'orge

L'orge se distingue des autres céréales par les multiples fonctions qui lui sont propres vu qu'elle trouve une grande utilisation aussi bien dans de l'alimentation animale qu'en alimentation humaine. Actuellement elle est considérée comme une céréale aux multiples usages. Cela est dû principalement à sa grande valeur nutritive et ces effets sur la santé.

L'orge est divisée en trois classes en fonction de son utilisation finale :

- orge brassicole : la production d'orge est sélectionnée aux fins de maltage.
- orge à des fins générales : L'orge à des fins générales sert principalement à l'alimentation animale.
- orge alimentaire : la production d'orge est sélectionnée pour un marché alimentaire

#### 2-1- l'orge brassicole

Cette céréale de la famille des graminées est cultivée à grande échelle, notamment en Europe et en Amérique du nord. Elle est utilisée dans les brasseries (malteries) pour la production du malt qui sert à la fabrication de la bière et dans les distilleries pour la fabrication du whisky. Les caractéristiques qualitatives des orges de maltage sont bien définies. Ullrich et al., (2010)

rapport que les variétés brassicoles sont tendre (mou) tandis que les variétés durs ne conviennent pas pour le maltage. Les variétés riches en protéines sont utilisées par les distillateurs pour la fabrication du whisky, tandis que les variétés plus molles, riches en amidon, sont préférées par les fabricants de bière.

La qualité technologique de l'orge brassicole doit prendre en considération les paramètres suivants:

- la teneur protéine qui doit être comprise entre 9,5 et 11,5%. Les protéines permettent la croissance des levures pendant la fermentation et elles sont les principaux paramètres responsables du caractère mousseux de la bière (Brisson, 1998).
- La filière brassicole demande des lots d'orges avec au moins 90 % des grains de taille supérieure à 2,5 mm. La taille des grains doit être uniforme avec une pureté variétale dépassant 93 % (Hariri, 2003). Ainsi le calibrage des grains d'orge est facteur déterminant dans l'estimation du rendement au brassage, caractéristique importante pour le malteur.
- Les grains d'orge doivent être viables (au moins 95%). La détermination de la faculté germinative est un moyen qui permet d'apprécier l'aptitude au maltage d'une orge de brasserie. C'est en effet au cours de la germination contrôlée de l'orge, dans des conditions optimales d'aération, de température et d'humidité, que se produit la transformation de l'amidon en sucres fermentescibles par les enzymes nécessaires (Bar-L'Helgouach, 2001).

## 2-2- l'orge pour l'alimentation animale

L'Alimentation animale est le premier débouché des cultures d'orges. Les orges fourragères sont bien adaptées à l'alimentation des porcins et des bovins. L'importance de l'orge est prouvée dans son utilisation comme aliment pour le bétail.

Elle joue un rôle important en période hivernale lorsque le déficit fourrager est grand et le prix du fourrage est élevé. Elle offre l'avantage de pouvoir être menée en double exploitation, première récolte en vert suivi d'une récolte en grain (Khaldoun, 1989). Elle peut être pâturée en courte période avant de la laisser produire en grains et en pailles. La double exploitation de l'orge (*Hordeum vulgare* L) pour l'alimentation animale consiste à couper ou à pâturer le fourrage en hiver puis à récolter les repousses en grain ; cette pratique est commune dans le Grand Maghreb. L'orge joue ainsi un rôle de soudure dans les calendriers fourragers entre

Octobre et Février, ce qui couvre une période où la majorité des espèces fourragères pluviales ne sont pas encore productives (Ben Yousef et al., 2001). La paille d'orge est très estimée et demandée par les éleveurs autant que les fourrages de qualité. Dans une étude, Shrimali (2010) a démontré que l'orge avait des meilleurs paramètres de qualité de fourrage pour la volaille, le mouton, la chèvre et le porc que l'avoine. L'orge améliore la qualité et la fermeté de la viande en comparaison avec d'autres fourrages. Le fourrage d'orge pourrait facilement être fait des aliments pour bétail plus facilement digérés. La digestibilité du fourrage d'orge s'étend de 60 à 90% (Carollo et al., 2010).

### **2-3- L'orge alimentaire**

L'utilisation de l'Orge pour la consommation humaine n'est pas très importante dans les pays occidentaux. Aujourd'hui, seulement un tiers de la production mondiale d'Orge est destinée à la consommation humaine. 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). Elle 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).

Dans les rapports historiques et archéologiques, l'orge est référée comme une source de santé, de force, et d'énergie pour les athlètes et les ouvriers manuels. Les bénéfices sur la santé et les aspects médicaux des aliments à base d'orge font référence à la littérature arabe, chinoise, égyptienne, éthiopienne et grecque ancienne, et ont été signalés par des civilisations plus récentes, de l'Asie jusqu'en Europe (Newman et al., 2008). Dans l'Antiquité, l'orge était l'aliment de base des Grecs qui la consommaient sous forme d'une galette appelée maza (Simonsohn, 2003).

#### **2-3-1- la consommation d'orge dans le monde**

Il existe des pays où l'orge demeure un aliment important, notamment au Tibet, en Corée, en Mongolie et plusieurs pays Africains et Asiatiques (McIntosh, 1995). Par exemple, le Maroc a la consommation d'orge la plus élevée par habitant, où elle est incorporée aux soupes, au pain et à la bouillie. Au Japon, l'orge est utilisée pour produire du miso, du thé et shochu, et est utilisée pour épaissir le riz (Ashman et Beckley, 2006). L'orge est offerte en Amérique du Nord comme orge mondé ou perlé, farine d'orge, flocons ou semoules.

L'orge est aussi utilisée en cuisine comme un épaississant naturel. On le consomme sous différentes formes et appellations à travers le monde :

- Le café d'orge, tisane d'orge grillé, boisson populaire en Italie sous le nom café d'orzo. Elle est consommée au Japon sous le nom de mugicha, en Corée sous le nom de boricha et en Espagne sous le nom d'orcheta (orgeat).
- Au Japon on consomme le jus d'herbe d'orge, à titre de complément alimentaire, dont les vertus furent révélées par un pharmacien dans les années 1960 (Simonsohn, 2003).
- Aliment de base au Tibet au même titre que le riz en Chine, la farine d'orge grillée porte le nom de Tsampa.
- En Asie, en Afrique du Nord et au Moyen-Orient, on utilise l'orge sous de farine ou de grains. Pour les Magrébines on consomme l'orge sous forme de galettes ou de couscous. Une prise de conscience se fait de plus en plus autour de la nécessité d'un retour aux produits traditionnels au Maghreb.

### **2-3-2- la consommation d'orge en Algérie**

En Algérie le pain complet (khobz Ezraa) et certaines dérivées d'orge (semoule en bouillie soupe d'orge : la Hrira et couscous d'orge ; Tchicha) sont de plus en plus demandés. Le secteur industriel entrevoit de grandes opportunités et commence à élaborer des offres adaptés.

La valorisation industrielle de l'orge est utilisée actuellement comme un ingrédient potentiel pour la fabrication des produits alimentaires dits fonctionnels.

### 3- La transformation de l'orge

L'industrie des céréales est de loin la première branche de l'industrie agroalimentaire algérienne. La meunerie constitue la première voie de transformation de l'orge à destination de l'alimentation humaine. Les débouchés sont de plus en plus diversifiés. La figure 18 caractérise les différentes utilisations de la mouture des grains d'orge. Les issues de l'orge sont destinées soit à l'alimentation animale soit comme combustible. Le froment et l'orge en grains sont les céréales les plus utilisées comme combustible (Warnant et al., 2006).

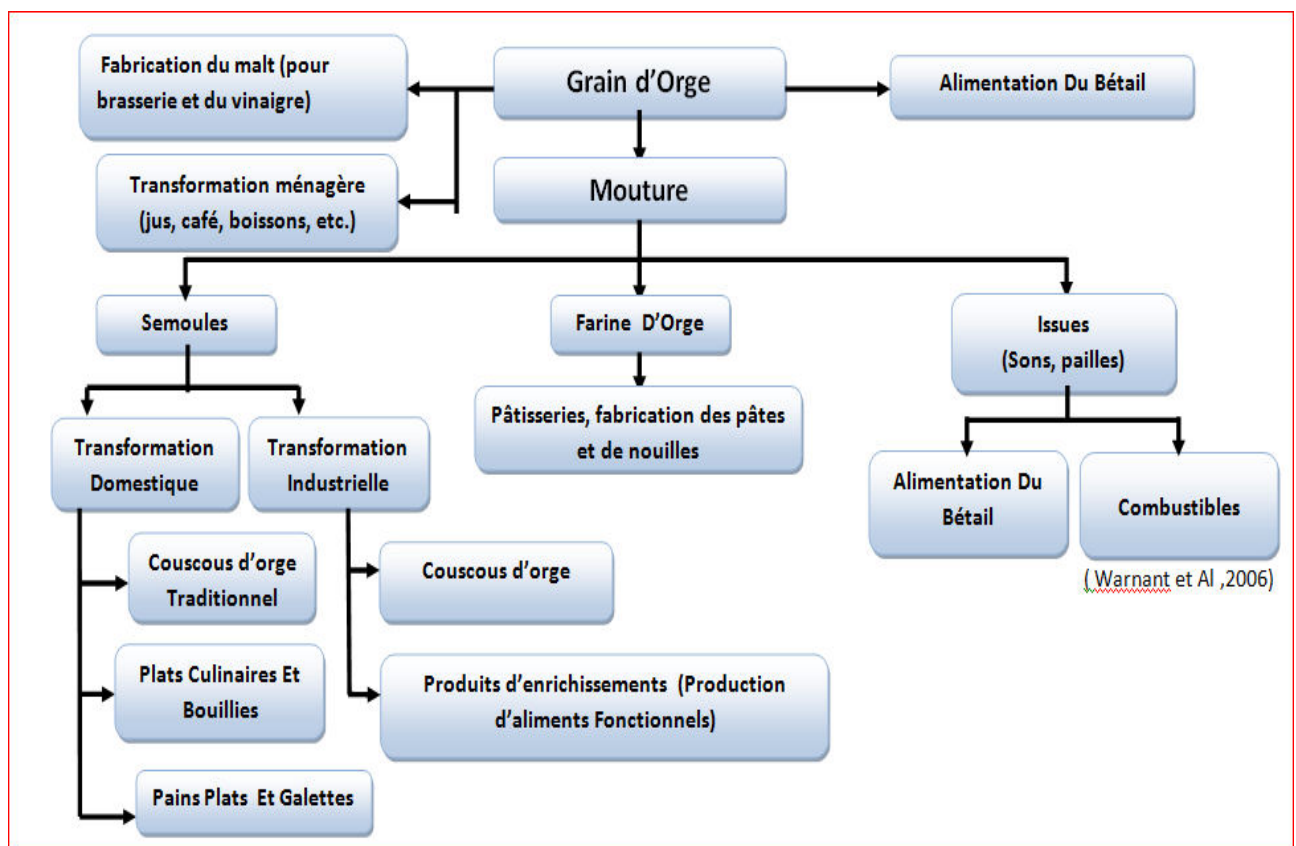


Figure 18 : Diagramme des différents débouchés de la mouture des grains d'orge

#### 4-1 Le procédé industriel de fabrication

##### 4-1-1 La semoule d'orge (Tchicha)

La fabrication de la semoule exige trois étapes nécessaires et complémentaires : le nettoyage, le conditionnement et la mouture.

- Le nettoyage :

Les grains destinés à la transformation doivent subir un nettoyage rigoureux. Ils doivent être débarrassés des grains étrangers, des grains noirs et colorés, des pierres et des différentes impuretés pouvant y exister comme les particules métalliques. Ce nettoyage est effectué par une série d'équipement de nettoyage.

- La préparation de l'orge à la mouture (Conditionnement)

En semoulerie, on doit prendre des mesures pour ne pas trop briser le son car on devra maintenir le caractère vitreux de l'amande (Boudreau et Matsuo, 1992). On procède à cet effet à une addition d'eau suivie d'une période de repos allant de 05 à 06 heures. La teneur en eau additionnée et la durée du repos sont en fonction de la teneur initiale des grains en eau. Cet apport doit assouplir le son sans modifier l'amande et permettre ainsi la séparation des enveloppes (Franconie et al., 2010).

Après humidification, on déluge le germe à l'aide d'un dégermeur (Boudreau et Matsuo, 1992). En effet la présence du germe dans la semoule est une impureté et se manifeste comme des piqures. Aussi, sa présence diminue la durée de conservation de cette dernière.

- La Mouture

La mouture proprement dite est réalisée en combinant trois opérations unitaires :

➤ Le broyage

La dissociation des grains se fait à l'aide de divers appareils à cylindre cannelés (Broyeur, Désagrégateur) ou lisses (Claqueurs, convertisseurs) qui appliquent sur les grains et les produits à mouture des actions de cisaillement ou de compression conduisant à la rupture des matériaux. (Abecassis et al., 2010).

➤ Le classement granulométrique des produits de mouture

Cette opération, réalisée dans des plansichters, permet l'obtention de produits calibrés mais hétérogènes. On peut y trouver de la semoule vêtue d'enveloppe, des grains de semoule pure et du son qui sera éliminé par les Bluters (brosse à son).

➤ Le classement aérodynamique des particules de semoules

Cette opération est réalisée dans des sasseurs afin d'obtenir des semoules pures (Feillet, 2000). Les sasseurs permettent la séparation des fractions de semoule par densité et en fonction des dimensions des particules. Les particules trop grosses ou vêtues d'enveloppes seront à nouveau broyées et séparées.

#### 4-1-2 Le couscous d'orge (Tchicha)

- Les origines du Couscous

Le couscous, plat culte des pays du Maghreb, est issu d'une longue histoire. C'est un plat porteur d'une signification profonde, qui a su conquérir le monde.

Il est plus qu'une simple recette de cuisine ou un délicieux mélange d'ingrédients. C'est un ensemble de références culturelles, selon les régions et les pratiques sociales. Certains le voient naître en Chine, il y a des milliers d'années, d'autres pensent qu'il a d'abord existé en Afrique de l'Est, cependant la plupart reconnaissent ses origines Nord-Africaines, car c'est vraisemblablement à partir de cette région que le couscous a commencé à bâtir sa renommée. Le couscous tirerait son origine de l'arabe classique kouskous et du berbère kesksou. Appelé chez ces derniers Seksu, il est connu sous plusieurs noms : en Turquie : Kuskus, au Maroc : Maftol, au Liban : Moghrabieh, en Libye : Kusksi (Coskun, 2013). D'autres auteurs avancent qu'il proviendrait du mot arabe kaskasah qui signifie pilé.

Le couscous désigne les granules sphériques dont le diamètre est de 1 à 2 mm, obtenues par agglomération de semoule de blé dur, mais également à partir d'autres céréales comme l'orge, le maïs et le riz peuvent être obtenus soit par préparation artisanale soit par procédé industriel. Le terme générique de couscous englobe deux produits : couscous humide et sec. Le couscous présent dans les fêtes et les occasions, fait partie intégrale dans nos habitudes alimentaires en contribuant ainsi à la ration calorifique et protéique (Guezlane et al., 1986).

- Le procédé industriel de fabrication du couscous

La fabrication industrielle du couscous, inspirée du procédé artisanal, est réalisée sur des lignes de production dont le débit moyen est 1500 kg/h. L'intégration de la technologie de fabrication du couscous en industries alimentaires serait liée à la forte demande suite à la perte des habitudes des femmes à fabriquer le couscous artisanal. Elle consiste à agglomérer des grains de semoule de blé dur ou d'orge après hydratation par des traitements physiques (malaxage et roulage) suivis par des traitements thermiques (précuisson à la vapeur et séchage) dans le but de former un produit de granulométrie homogène et régulière. L'industrie du couscous d'orge n'est pas très répandue voire inexistante à part quelques types de marques connues fabriquées au Maroc tel que " Kesksous Albelboula " et en Algérie (couscous Essanouber et d'autres). La figure 19 représentant le procédé industriel de fabrication des couscous inspirés des lignes de production de l'entreprise FERICO (FERICO, 2015).

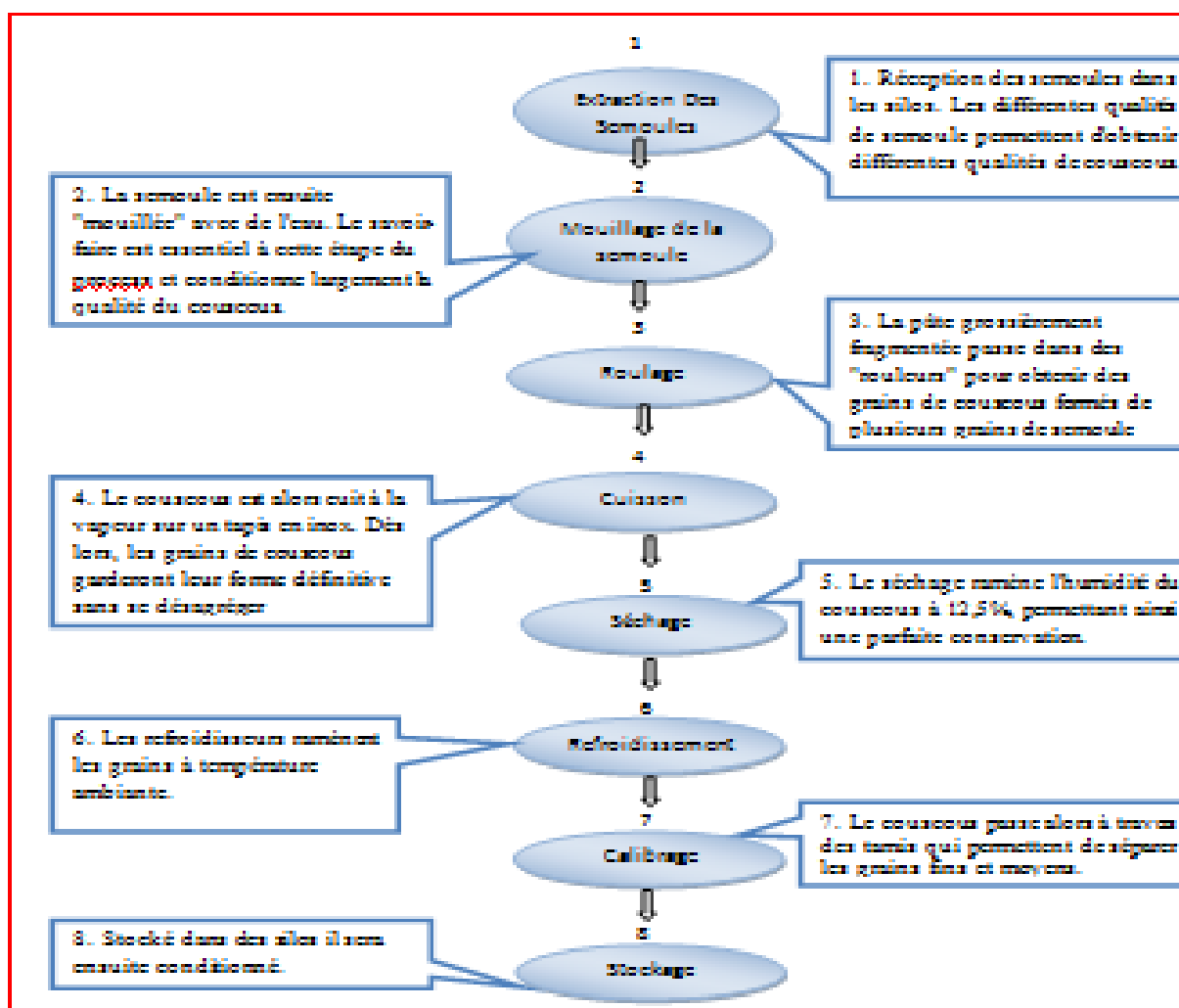


Figure 19 : Le procédé de Fabrication des coucoux inspirés des lignes de production de l'entreprise FERICO

## 4-2- Le procédé artisanal ou manuel de fabrication

### 4-2-1- La semoule d'orge (Tchicha)

La fabrication artisanale de la semoule d'orge diffère d'un pays à l'autre selon les cultures et les traditions, cependant elle se réunissent sur le même principe de mouture qui est réalisée à l'aide d'une meule à mouvements circulaires, faites le plus souvent, comme en Afrique du Nord, de deux éléments circulaires superposées en pierre. Cette meule est aménagée pour permettre d'alimenter la meule et d'écarter plus ou moins les deux éléments de la meule en fonction de la finesse recherchée (Chastanet, 2010). Passés une fois au meule pour en détacher les enveloppes, les grains sont broyés plusieurs fois de suite,

jusqu'à obtention d'une mouture qui est moins fine que celle du blé dure. Les fractions obtenues à chaque broyage sont séparées par des tamis traditionnels de diverse granulométrie.

Au cours d'une mouture sèche de l'orge, on obtient de la farine d'orge, plusieurs types de semoules dont l'appellation diffère d'un pays à l'autre et d'une région à l'autre. En Algérie, on parle généralement de grosse Tchicha, de Tchicha moyenne et de fines semoules.

#### 4-2-1 Le procédé artisanal de fabrication du couscous d'orge

Le procédé de fabrication du couscous d'orge passe par les mêmes étapes de fabrication du couscous à base de semoule de blé dur.

Il est fabriqué à partir de semoule dite « Moyenne » et de semoule « fine », en utilisant des ustensiles tels que : la « terrine ou Guessaa en aluminium ou en bois », le couscoussier et les tamis de différents diamètres. Les étapes de fabrication artisanale (figure 20), qui diffèrent d'une région à l'autre, consistent en une agglomération manuelle des particules de semoule hydratée, suivie d'un tamisage sur plusieurs tamis des agrégats formés et d'une reprise des particules les plus grosses et les plus fines. Les graines de couscous de dimension recherchée sont séchées au soleil.

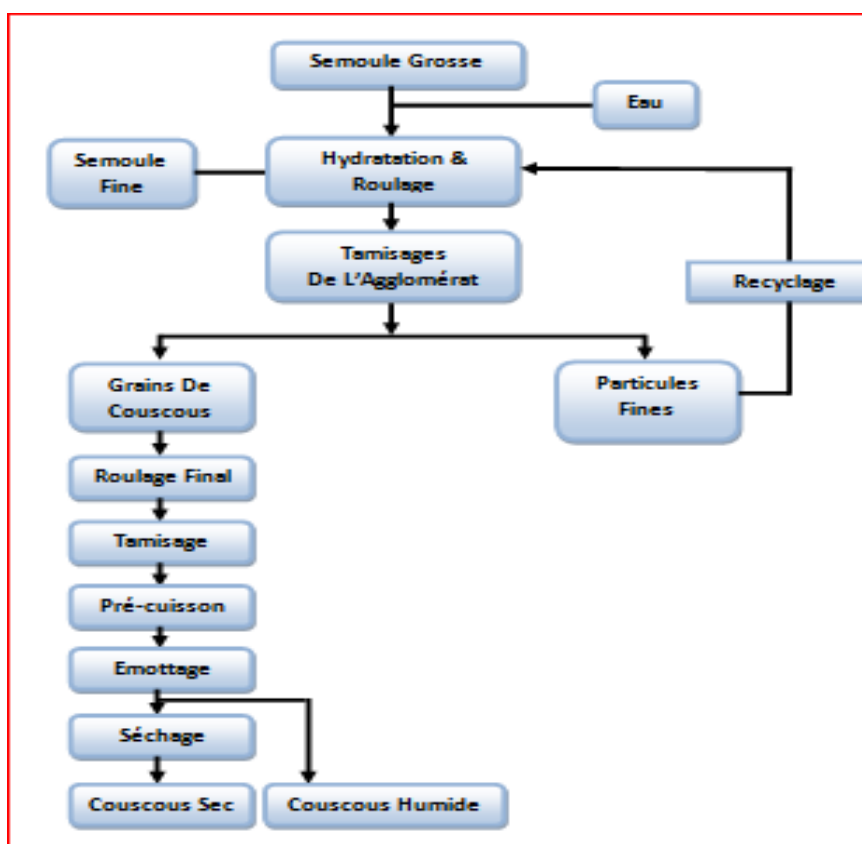


Figure 20: Le procédé Artisanal de Fabrication du Couscous

Généralement le couscous de fabrication artisanal est mieux apprécié par le consommateur que celui industriel. Cette différence provient sans doute des procédés et conditions d'élaboration du produit.

#### **5- La valeur couscoussière**

La valeur couscoussière d'une semoule peut être définie comme étant la l'aptitude de cette dernière à donner un couscous de granulométrie régulière et homogène. L'appréciation de cette valeur peut être définie par la détermination de la teneur en protéines, en gluten et la granulométrie des grains de semoule.

Les graines du couscous doivent présenter une forme et une granulométrie uniforme car le consommateur accorde une grande importance à la régularité de la taille des grains de couscous.

## II- INTERET NUTRITIONNEL D E L'ORGE

L'orge fait partie de l'alimentation humaine depuis plusieurs milliers d'années, bien qu'elle soit relativement peu consommée dans notre quotidien. Elle est considérée comme source alimentaire majeure en Asie et en Afrique du Nord (Newman et Newman, 2006). Actuellement elle est considérée comme une céréale aux multiples usages. Cela est du principalement à sa grande valeur nutritive et ces effets sur la santé. Zohary et Hopf (1988) ont rapportés que l'orge a pris le statut 'le pain des pauvres' comparativement à beaucoup d'autres grains alimentaires (le blé, le seigle et l'avoine) et joue un rôle significatif comme source de nourriture.

### 1- Composition des nutriments de l'orge

Le grain d'orge est constitué de 65-68% d'amidon, de 10-17% de protéines, 4-9% de  $\beta$ -glucanes, 2-3% lipides et de 1,5-2,5% de minéraux (Kamel et al., 2013).

L'intérêt de l'utilisation alimentaire se concentre en grande partie autour des effets des nutriments de l'orge : des fibres alimentaires (les  $\beta$ -glucanes), des vitamines (B1, B2, B6, B12), particulièrement la vitamine E et certains minéraux (K, Ca, Fe, P, Mg et Zn). Il contient également des composants bénéfiques pour la santé, dont les antioxydants principalement les composés phénoliques, les tocophérols et des tocotriénols. Parmi les céréales, l'orge est le grain principal pour le développement des nourritures fonctionnelles car il contient deux composés de vif intérêt alimentaire : tocols (vitamine E) et fibres de  $\beta$ -glucanes (figure21) (Finocchiaro et al., 2005).

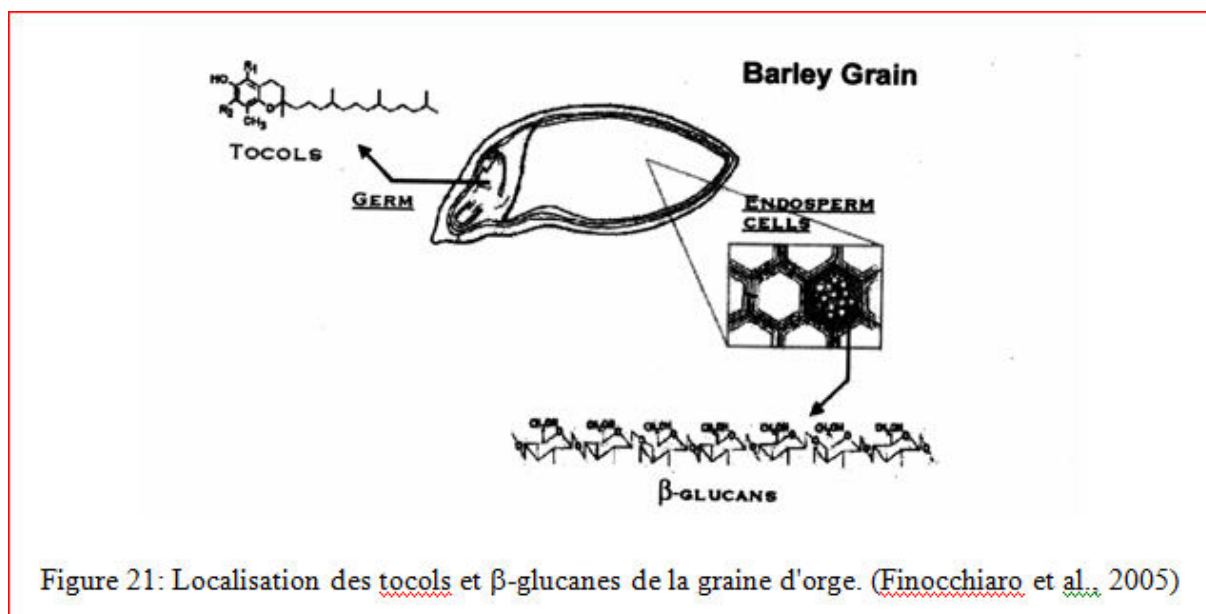


Figure 21: Localisation des tocols et  $\beta$ -glucanes de la graine d'orge. (Finocchiaro et al., 2005)

L'orge est similaire aux autres céréales alimentaires en terme de valeur calorique et protéine, mais contient des niveaux de fibres solubles de  $\beta$ -glucanes plus élevés que les autres céréales (blé et seigle), à l'exception de l'avoine. Récemment toutefois, on s'est de nouveau intéressés à l'orge comme céréale pour l'alimentation humaine, car les consommateurs sont plus conscients de l'importance d'une bonne nutrition et recherchent davantage les aliments et les ingrédients alimentaires riches en fibres (Izydorczyk et Dexter, 2008).

## 2- Les bienfaits de l'orge

Le grain d'orge est une excellente source de fibres alimentaires ( $\beta$ -glucanes et les arabinoxylanes). Les bêta glucanes, principaux constituants des fibres de l'orge, ont été liés à la baisse du cholestérol plasmatique, à l'amélioration du métabolisme des lipides et à la réduction de l'indice glycémique. Ces fibres sont donc des composés intéressants dans le traitement nutritionnel des maladies cardiovasculaires et du diabète de type 2 (Marlett et al., 2002). Les arabinoxylanes peuvent aussi avoir des propriétés antioxydant à cause de la présence des fragments phénoliques dans leurs structures moléculaires (Madhujith et al., 2006). En 2005, la Food and Drug Administration des États-Unis a modifié son allégation santé relative aux effets de la fibre soluble d'avoine sur le risque de coronaropathie de manière à inclure l'orge : « Comme pour le  $\beta$ -glucane d'avoine, il suffit de consommer 3 g par jour de  $\beta$ -glucanes d'orge pour obtenir une réduction du cholestérol sérique total et du cholestérol LDL. Plusieurs études ont démontrés l'effet hypocholestérolémiant de l'orge. D'après une étude cet effet agit selon trois mécanismes ; Absorption réduite de lipides diététiques incluant cholestérol et de l'acide biliaire. Les quantités d'acides biliaires mesurées dans les contenus intestinaux ainsi que le coefficient d'efficacité de l'absorption intestinale calculé au moyen du drainage biliaire montrent tous deux une diminution globale de l'absorption intestinale des acides biliaires avec des différences importantes selon l'acide biliaire et production d'acides gras volatils dans le gros intestin qui sont réabsorbés et agissent comme les inhibiteurs de coenzyme A (HMG-CoA) réductase dans le foie (McIntosh et Oakenfull, 1990). La consommation de bêta-glucanes d'orge (son d'orge, flocons d'orge, orge perlé) a entraîné une diminution des concentrations sanguines de cholestérol total et de cholestérol LDL (Lupton et al., 1994 ;Behall et al., 2004).

L'orge est une excellente source de fibres insolubles importantes pour maintenir la santé digestive et protéger contre le cancer du côlon. Chez des personnes en santé, des chercheurs ont observé que la consommation d'une diète contenant de l'orge augmentait le volume des selles; ils rappellent également qu'il y aurait une relation entre un volume de selles plus élevé et une diminution du risque de cancer du côlon. Cette propriété est l'une des caractéristiques notables des aliments riches en fibres alimentaires (Li et al., 2003). La recherche a également démontré que les  $\beta$ -glucanes de l'orge diminuent les niveaux de glucose sanguin, ce qui est important dans la prévention et la gestion du diabète de type 2 et augmente la satiété, ce qui favorise la gestion du poids (El Khoury et al., 2012 ; King et al., 2008). Jood et Kalra, (2001) rapportent dans une étude publiée dans le Journal américain de Gastro-entérologie que des produits alimentaires riches en fibre insoluble comme l'orge permettent d'éviter des calculs biliaires chez la femme. Cette propriété est l'une des caractéristiques notables des aliments riches en fibres alimentaires.

Plusieurs recherches ont aussi attribué aux fibres de l'orge un effet bénéfique sur la tolérance au glucose chez des personnes en santé, des personnes avec un surplus de poids, ainsi que chez des diabétiques de type 2. Ces études ont en effet démontré que la consommation de différents produits à base d'orge (grains, farine, flocons) atténuait l'augmentation des concentrations sanguines de glucose et d'insuline après un repas (Behall et al., 2005 ; Rendell et al., 2005 ; Arun et al., 2010.).

L'orge possède également des niveaux élevés de tocotriénols et des composés phénoliques, lesquels ont démontré une réduction du risque de maladie cardiaque coronarienne, du diabète et de certains cancers. Une vaste revue de littérature scientifique sur les effets des tocotriénols indique que plusieurs études chez l'humain lui ont attribué une capacité d'inhiber la prolifération de cellules cancéreuses, principalement celles du sein (Sen et Roy, 2004). L'orge contient plusieurs composés phénoliques (flavanols, appartenant à la famille des flavonoïdes) antioxydants. Une étude in vitro a observé des effets bénéfiques en exposant des cellules cancéreuses à un type de flavanol extrait du son d'orge, et les auteurs de l'étude voient en cette céréale un intérêt potentiel pour contribuer à la prévention du cancer (Goupy et al., 1999).

L'orge est une bonne source de plusieurs vitamines et minéraux essentiels, notamment la thiamine, la niacine, les folates, la riboflavine, le fer, le phosphore, le magnésium, le zinc et le sélénium, tous étant importants pour maintenir une bonne santé.

L'orge est aussi une bonne source d'acide nicotinique, une vitamine B qui fournit de nombreuses actions protectrices contre des facteurs de risque cardiovasculaire. L'acide nicotinique contribue à réduire les niveaux du cholestérol total et la lipoprotéine (Lp). Cette dernière est une molécule composée de protéine et de graisse, se trouvant dans le plasma sanguin, et plus dangereuse que le LDL. La choline est une substance nutritive très importante dans l'orge. Elle maintient la structure des membranes cellulaires, à la transmission d'impulsions nerveuses et réduit l'inflammation chronique. L'orge est une source de magnésium, un minéral qui agit comme cofacteur pour plus de 300 enzymes, y compris des enzymes impliquées dans le corps humain pour la sécrétion d'insuline et de glucose (Jood et Kalra, 2001).

Cependant le magnésium joue un rôle essentiel dans plusieurs réactions cellulaires fondamentales. Il est impliqué dans de nombreux mécanismes enzymatiques pour la synthèse d'acide désoxyribonucléique (ADN) et d'acide ribonucléique (ARN) (Galan et al., 2002). Il joue aussi un rôle dans le métabolisme de l'énergie et dans la transmission de l'influx nerveux. L'orge est une source de zinc. Ce dernier participe notamment aux réactions immunitaires, à la fabrication du matériel génétique, à la perception du goût, à la cicatrisation des plaies et au développement du fœtus. Il interagit également avec les hormones sexuelles et thyroïdiennes. Dans le pancréas, il participe à la synthèse (fabrication), à la mise en réserve et à la libération de l'insuline (Alais et Linden, 1991). L'orge est une source de fer. Chaque cellule du corps contient du fer. Ce minéral est essentiel au transport de l'oxygène et la formation des globules rouges dans le sang. Il entre dans la construction de l'hémoglobine, de la myoglobine et de nombreux systèmes enzymatiques (Alais et Linden, 1997).

## LA SÉLECTION DE L'ORGE

### Introduction

Les plantes cultivées sont issues des plantes sauvages qui ont été domestiquées par l'homme depuis 9000 ans. Les paysans ont, au cours du temps sélectionné un nombre de caractères favorables à la culture puis à la récolte. Tout particulièrement, ils ont retenus les variétés qui germaient de manière homogène, rapidement et bien évidemment avec les meilleurs rendements (Laberche, 2004). Depuis l'antiquité des variétés adaptées aux différentes conditions climatiques et aux différents types de sols ont été produites par la sélection des populations locales ou à partir de celles introduites lors des migrations des populations néolithiques. Les programmes de sélection et d'amélioration génétique de l'orge sont semblables à ceux du blé. L'amélioration des plantes naît avec l'agriculture et progresse avec la biologie.

### 1- Historique de la sélection

Avant d'être exercée par des professionnels, la sélection a été conduite de manière empirique par les agriculteurs sur les plantes cultivées pendant une période de quelques milliers d'années. Schématiquement, Evans (1976) distingue trois étapes dans l'histoire du processus d'amélioration des espèces végétales cultivées :

- la domestication se déroule dans le milieu d'origine ; la plante sauvage devient apte à la culture si elle est capable d'exprimer un petit nombre de caractères regroupés sous le terme de syndrome de domestication ;
- la diffusion de cette plante hors de son centre de domestication nécessite une plasticité génétique suffisante pour réussir l'adaptation à de nouveaux milieux de culture. Elles se déroulent très lentement, au rythme des évolutions culturelles de ces sociétés devenues agricoles et parfois de manière réversible avec un retour vers la cueillette et la chasse. C'est probablement la « nature » qui fait la plus grosse partie du travail d'adaptation au milieu, l'homme se contente de choisir les plantes qui lui conviennent d'après un petit nombre de caractères remarquables et héréditaires ;
- enfin, l'amélioration génétique accompagne l'évolution, en général une intensification, des systèmes de culture qui crée une demande de génotypes ayant un potentiel productif supérieur. Mais elle ne devient un métier qu'au 18<sup>ème</sup> siècle. L'amélioration des plantes montre que le métier de sélectionneur n'a pu émerger qu'avec les progrès de la connaissance des phénomènes biologiques liés à la reproduction.

## 2- Les méthodes de sélection

Depuis les premières sélections par l'homme, basées uniquement sur certains aspects agronomiques, la sélection a bien évolué et recouvre un ensemble d'activités techniques et scientifiques très diversifiées. Un certain nombre de méthodes de sélection sont bien établies. Les objectifs de la sélection ne sont pas uniquement d'obtenir de bons rendements, avec des variétés bien adaptées aux techniques culturales hautement mécanisées mais également d'améliorer les facteurs de régularité de ce rendement et la qualité technologique. Le sélectionneur devra donc réunir dans un même génotype des caractères souvent antagonistes comme une production élevée et régulière et une haute teneur en protéines (Picard, 1988). Les découvertes techniques et génétiques tendent actuellement à raccourcir les délais de création de nouveaux cultivars, il faut environ 10 ans et parfois 15 ans pour mettre une nouvelle variété sur le marché (Demarly, 1987).

La connaissance de la manière dont sont transmis les caractères à améliorer permet de choisir la méthode de sélection la mieux adaptée à l'objectif. D'après Branlard et Autran (1987) on distingue les méthodes suivantes :

- **La sélection massale**

Elle consiste à choisir des plantes dans la masse des individus d'une population d'après leur aspect phénotypique. Longtemps pratiquée par les agriculteurs qui gardaient les semences et plants de leurs plus beaux végétaux et fruits. Cette méthode est aujourd'hui peu pratiquée. Elle n'est pas adaptée à la sélection pour la qualité boulangère car la quantité de grain disponible au niveau d'une plante (3-6 g) est inférieure à celle requise pour la plupart des tests de technologie.

- **La sélection généalogique ou pédigrée**

A partir d'un croisement entre deux ou plusieurs parents, cette méthode consiste à retenir les individus issus de plantes, des lignées ou des familles qui, au cours des descendance successives, satisfont aux divers tests de sélection. Le choix des lignées se fait sur leur valeur propre et surtout sur le comportement de leurs descendance par l'individualisation de chacune d'elles. Une représentation schématique de cette sélection généalogique est donnée à la figure 22. La sélection généalogique nécessite un temps assez long et exige de véritables spécialistes. Elle s'efforce d'obtenir des variétés à grand rendement et bien adaptées aux régions de grande culture (Genech, 1971). La sélection généalogique, fut mise en place avant de connaître les lois de l'hérédité. La séparation et l'appréciation des différentes plantes mères a conduit à sélectionner les meilleurs génotypes dans des populations de blé, d'orge (plantes autogames) ou de betterave à sucre (plante allogame) (Varoquaux et Georges, 2002).

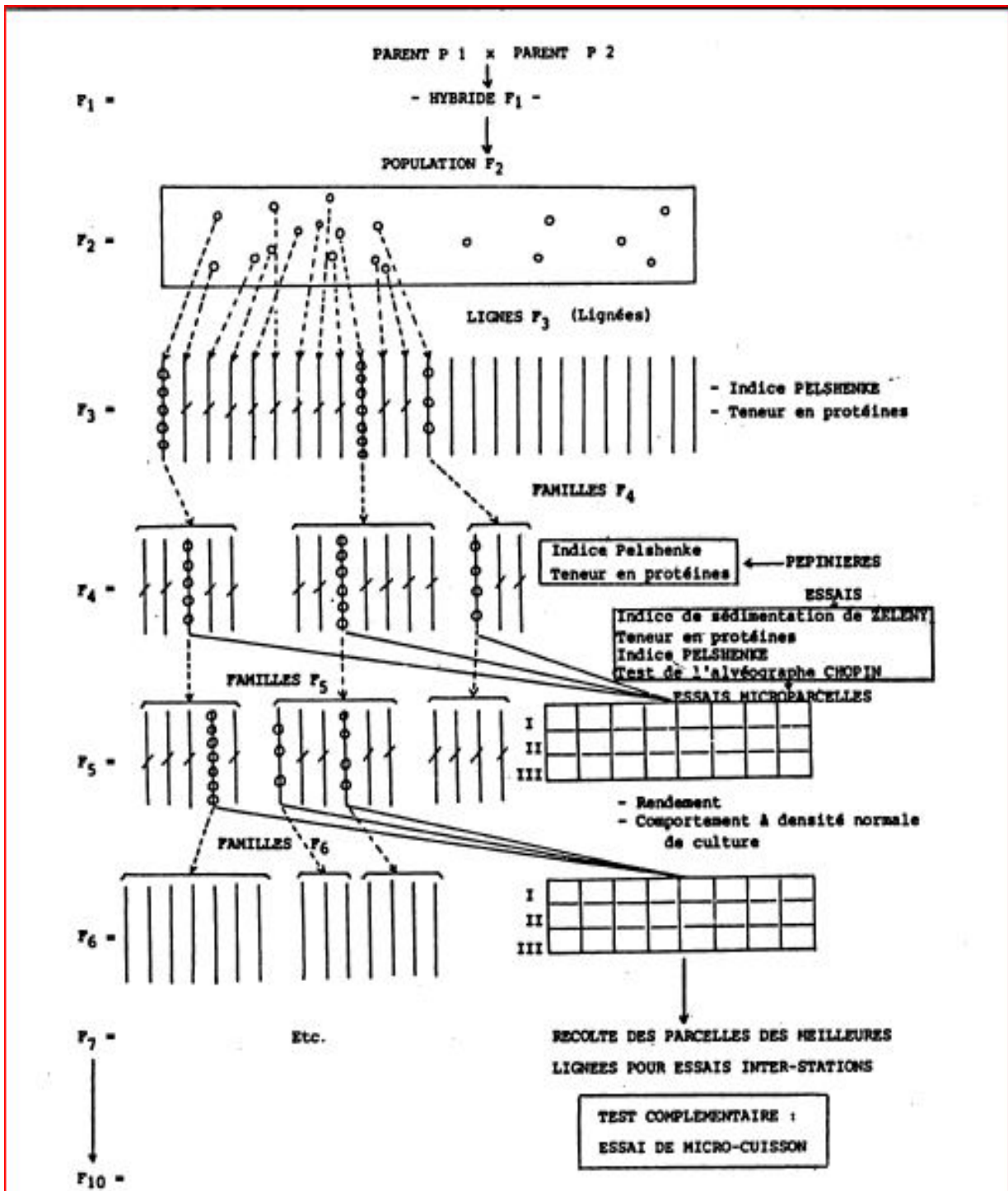


Figure 22 : Schéma de sélection généalogique pour l'amélioration de la valeur en panification des blés tendres (Branlart et Autran, 1987)

• La sélection bulk

Les plantes issues d'un croisement ne font pas ou peu l'objet d'une pression de sélection au cours des premières années d'autofécondation. Dans cette méthode, largement employée dans les pays anglo-saxons, les filiations plante-lignée-famille ne sont pas réalisées et les plantes

retenues à chaque génération sont récoltées en mélange. Après quatre ou cinq années d'autofécondation, la sélection réalise un tri plus sévère puisque, à ce stade, nombreuses plantes sont homozygotes pour plusieurs caractères. Cette seconde phase est souvent réalisée selon la méthode généalogique.

- **La sélection récurrente**

La sélection récurrente regroupe un ensemble de méthode d'amélioration des populations qui reposent sur l'identification des meilleurs individus dans les populations de départ hétérogènes et l'inter fécondation de ces génotypes sélectionnés pour former des populations améliorées. La sélection récurrente procède par cycles successifs. Chaque population améliorée peut être directement utilisée comme base de départ d'une sélection variétale (par la méthode généalogique par exemple) ou bien servir de matériel génétique de départ pour le cycle suivant. La sélection récurrente a pour but de concentrer progressivement les allèles favorables en augmentant leur fréquence dans les individus sélectionnés qui peuvent servir à la création variétale tout en préservant la variabilité génétique (Picard, 1988 ; Georget, 1990). Cette sélection récurrente est vraisemblablement la mieux adaptée pour accroître progressivement le niveau moyen de la qualité (caractéristique polygénique) d'une population de céréales.

### **3- La sélection participative**

La sélection participative est un concept relativement récent. Il existe plus d'une centaine de programmes de sélection participative de par le monde, qui visent à mobiliser les savoirs et les préférences des agriculteurs dans la création variétale et l'étude des interactions génotype environnement, à la suite des travaux pionniers de l'équipe de L. Sperling sur le haricot en Afrique de l'Est, de J. Witcombe sur le riz au Népal, de S. Ceccarelli au Moyen-Orient sur l'orge. Chacun de ces programmes associent des centaines d'agriculteurs, accueillant sur leurs terres des essais de dizaines de génotypes, participant à la définition des critères de sélection pertinents et à la notation des types en essais (Figure 23) (Bonneuil et Demeulenaere, 2007). L'ambition de la sélection participative est de refaire la jonction entre une offre qui a été parfois (trop souvent) définie par le sélectionneur sans liaison organique avec la demande qui peut être exprimée par les agriculteurs ou par les acteurs des filières. La recherche participative n'est plus une activité marginale des centres de recherches agricoles. Aujourd'hui, un nombre croissant de chercheurs essaye de mieux concentrer leur recherche sur les priorités et les contraintes des fermiers des zones rurales en les incorporant directement dans le processus de recherche (Nancy et al., 2003).

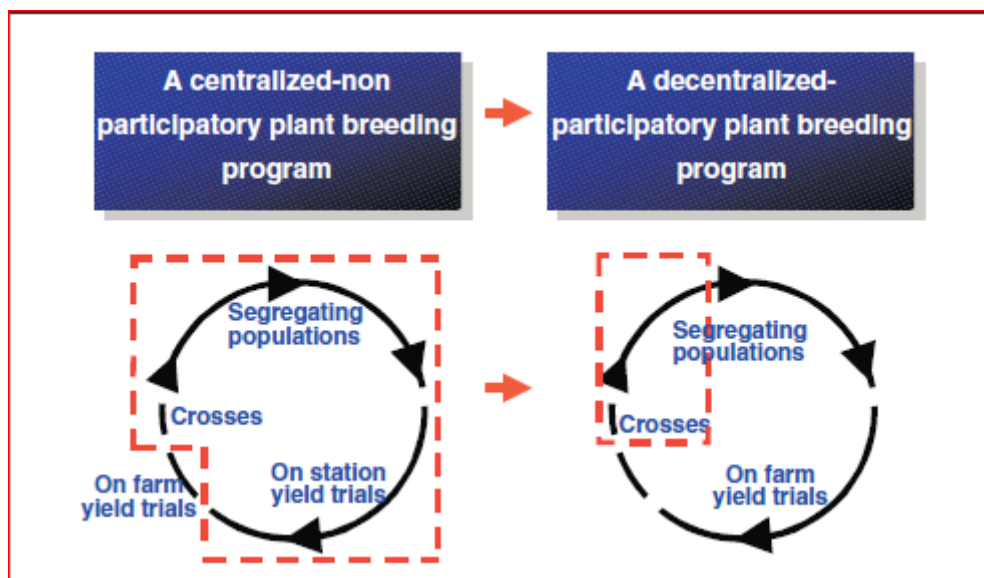


Figure 23. Place de la station de recherche et des champs des producteurs en sélection classique et en sélection participative : Les lignes pointillées représentent une station de recherche. (Source : S. Ceccarelli, 1989)

Dans bien des régions de l’Afrique du Nord et du Moyen-Orient, le rendement de certaines cultures (comme l’orge, qui est une plante à pollinisation directe) est faible. Les programmes de sélection classiques destinés à améliorer les cultures sont restés pratiquement sans effet, en grande partie parce que la majorité des agriculteurs ont refusé d’adopter de nouvelles variétés. L’approche traditionnelle, centralisée et hiérarchisée, ne tient guère compte des conditions réelles auxquels les agriculteurs doivent faire face. Que penser d’un programme de sélection décentralisé, qui prévoit la participation des agriculteurs dès le départ, incite les phytogénéticiens et les agriculteurs à travailler ensemble pour apprendre les uns des autres et qui tiennent compte de ce que les agriculteurs ont à dire.

La sélection végétale participative (PPB) a commencé en Algérie en collaboration avec le programme d’amélioration de l’orge du Centre International de Développement Agricole et Recherche dans les zones Arides ( ICARDA ) en 2005-2006 après que la méthodologie a été développé, en Syrie entre 1996 et 2000 et testé en Tunisie et au Maroc, en Érythrée, en Jordanie et plus récemment au Yémen, l’Iran et Ethiopie (Tableau 13 ). La figure 24 représente le schéma de la sélection participative de l’orge mis en œuvre avec des fermiers en Syrie, Jordanie, Égypte, Érythrée, le Yémen, le Maroc et la Tunisie (Ceccarelli et al., 2000). Ceccarelli (2000) précise que la phytosélection participative est la seule approche possible pour améliorer des espèces végétales cultivées dans des conditions défavorables. La participation des agriculteurs est souvent préconisée dans les programmes de sélection afin d’augmenter leurs efficacités (Ceccarelli et Grando, 2005).

Tableau 13 : Quantité de matériels de sélection générés par la recherche de l'ICARDA (Ceccarelli, 2000)

Pays	Nombre de villages	Nombre de lignées	Dimension des parcelles (m <sup>2</sup> )	Nombre d'agriculteurs par village
Egypte	8	60	6	5
Erythrée	3	155	3	10-12
Jordanie	6	200	6	5-12
Maroc	6	30-210	4,5	6-15
Syrie (phase 1)	9	208	12	5-9
Syrie (phase 2)	8	200-400	12	6-11
Tunisie	6	25-210	4,5	10-20
Yémen	3-6	100	3	15-20

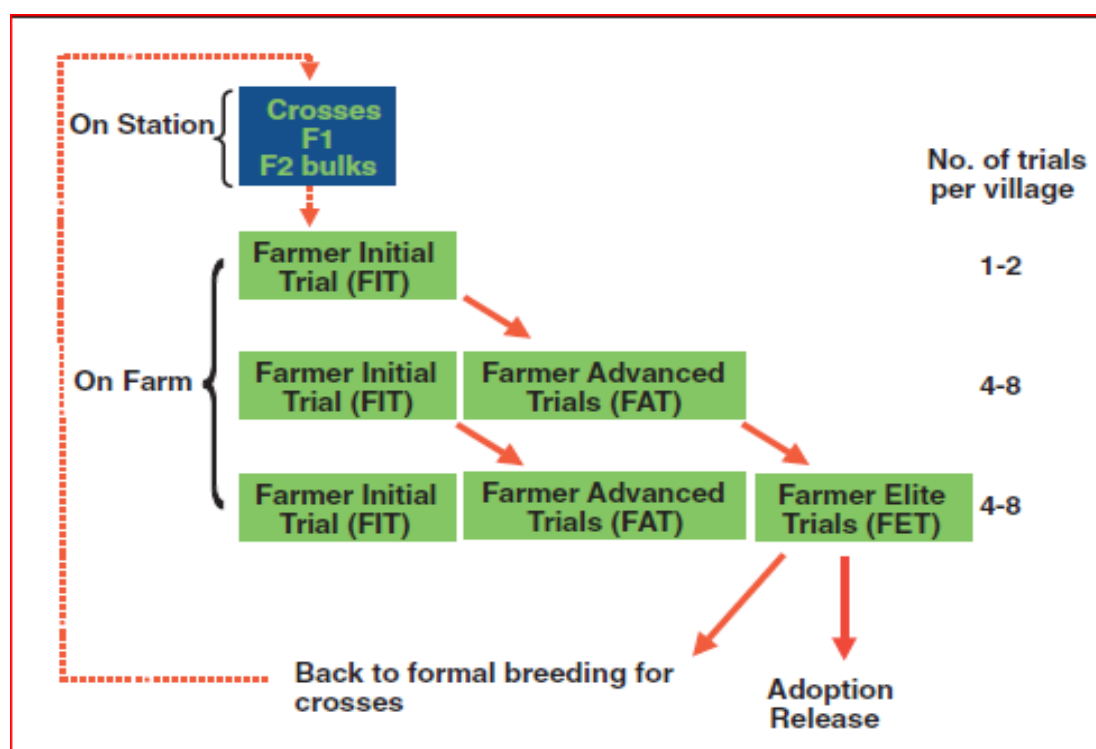


Figure 24 : Représentation schématique de la sélection participative de l'orge mis en œuvre avec des fermiers (Ceccarelli et al., 2000)

Dans bien des régions de l'Afrique du Nord et du Moyen Orient, le rendement de certaines céréales (comme l'orge qui est une plante à pollinisation directe) est faible et les récoltes déficitaires sont fréquentes. Les programmes de sélection classiques destinés à améliorer les

cultures sont restés pratiquement sans effet en grande partie parce que la majorité des agriculteurs ont refusé d'adopter de nouvelles variétés. La sélection faite par les agriculteurs est au moins aussi efficace que celle des sélectionneurs. Les sélectionneurs n'ont pas hésités à devenir partisans de l'approche participative (Ronnie, 2003). La sélection participative exige une étroite collaboration entre les chercheurs, les agriculteurs et les éventuels intervenants pour améliorer la génétique végétale.

#### **4- Objectif et critères de sélection**

L'amélioration des plantes consiste à créer une variabilité génétique nouvelle, puis sélectionner et fixer parmi cette diversité, les génotypes intéressants. Le caractère qualité est actuellement très recherché. Il est devenu l'un des objectifs principaux de l'amélioration de l'orge. Les objectifs de la sélection sont nombreux. Généralement, le premier critère évoqué est la productivité. Les objectifs de la sélection ne sont pas uniquement d'obtenir de bons rendements, avec des variétés bien adaptées aux techniques culturales hautement mécanisées mais également d'améliorer les facteurs de régularité de ce rendement et la qualité technologique du produit. Pour les agriculteurs, l'un des facteurs les plus importants est la résistance aux maladies et aux parasites. Des critères simples, visuels mais aussi des mesures physiques (calibrage des grains, poids de 1000 grains etc.) sont depuis longtemps appliqués efficacement en sélection (Jestin, 1992).

#### **5- Outils de la sélection pour l'amélioration de la qualité**

Plusieurs outils sont utilisés dans la sélection des céréales : les outils biochimiques (techniques chromatographiques ou électrophorétique) qui une caractérisation génétique des variétés par l'intermédiaire des protéines de réserve. Ces outils peuvent être couplés aux tests technologiques (teneur en protéines, test de sédimentation, dureté...) qui permettent de mesurer le potentiel qualité d'une variété. Le développement de la biotechnologie a apporté un outil supplémentaire aux sélectionneurs avec la création du matériel végétal.

##### **4-1 Les outils biochimiques et technologiques**

L'utilisation des techniques biochimiques permettent une caractérisation génétique des variétés. Actuellement, ce sont les techniques d'électrophorèses, et dans certains cas l'électrofocalisation, qui paraissent présenter le meilleur compromis entre la finesse et la reproductibilité des résultats. L'application des outils biochimiques diffère suivant l'étape du cycle de sélection. Les premiers tests d'approche de la qualité génotypique ou intrinsèque mis

au point par les sélectionneurs et les chimistes céréaliers, sont basés sur l'étude de la fraction protéique. L'utilisation des protéines de réserve, à un stade précoce de la sélection, permet de prédire le potentiel qualité d'un génotype. L'étude de la composition fine des protéines par électrophorèse est susceptible de fournir des informations sur l'identité et l'histoire de l'orge. Il semble actuellement très important de faire appel à des propriétés biochimiques et physicochimiques des protéines dont leur structure apparait étroitement associée au patrimoine héréditaire des blés et des orges. Les protéines sont donc des produits directs de la traduction et de la transcription des gènes et peuvent être utilisées comme des marqueurs biochimiques de ces gènes (Autran, 1957). Les techniques électrophorétique donnent des empreintes digitales protéiques suffisamment précises et sont reproductibles pour être de précieux outils dans l'identification et la distinction des variétés et espèces cultivées, en particulier sur le plan de leur qualité d'utilisation technologique et de leur valeur agronomique (Autran, 1986).

Dans la filière agroalimentaire, il est important de pouvoir identifier et distinguer les variétés et espèces, ne possédant pas le même niveau de qualité d'utilisation et sont négociées à des prix différents. L'électrophorèse est largement utilisée par les généticiens et les sélectionneurs pour répondre aux préoccupations des utilisateurs. La mise au point des techniques d'électrophorèse au cours des années 1970 rend possible la caractérisation biochimiques et génétiques de ces protéines et confirme leurs implication dans la qualité (Eva et Gunnar, 1995 ; Payne, 1987). Cependant pour vraiment apprécier toute la qualité intrinsèque d'une variété, il est préférable de coupler l'analyse des protéines de réserve avec des tests technologiques appréciant la qualité. Ces deux outils présentent l'énorme avantage de permettre des analyses rapides, en grandes séries sur des petites quantités d'échantillons.

#### **4-2 Les outils biotechnologiques**

Le développement de la biotechnologie a permis la production de matériels végétaux intéressants. L'apport des biotechnologies végétales, notamment l'utilisation des méthodes in vitro, constitue un instrument complémentaire aux méthodes conventionnelles, en particulier l'haplodiploïdisation et l'utilisation des marqueurs moléculaires permettent l'accélération des schémas de sélection. Le développement de la biotechnologie a permis la réduction des délais d'obtention de lignée pure, objective du sélectionneur, ainsi la caractérisation phénotypique et l'appréciation de la valeur génétique des génotypes pourront se faire précocement.

Les biotechnologies mettent donc à la disposition des biologistes des possibilités dont la variété et la puissance sont incomparables et ont ouvert une nouvelle voie à l'étude des réactions de la plante face à l'environnement (Monneveux, 1997).

Les récents développements du génie génétique et des biotechnologies constituent de nouvelles approches pour améliorer les stratégies de sélection. Les marqueurs moléculaires permettent d'établir des cartes génétiques qui consistent à ordonner les marqueurs le long du génome. De telles cartes représentent une base pour identifier et localiser des gènes et des QTL (*Quantitative Trait Loci*) d'intérêt agronomique, dans le but d'améliorer les variétés par le biais de la sélection assistée par marqueurs (SAM). Cette technologie permet de sélectionner des individus dès le stade de jeunes plantules et ne nécessite pas l'observation du phénotype. Cette technique a été utilisée de manière avantageuse dans l'amélioration de la résistance aux maladies et aux insectes (Langridge *et al.*, 2001). Les marqueurs moléculaires présentent un grand intérêt lors de l'accumulation de plusieurs gènes de résistance contre une maladie dans une même variété en vue d'une résistance plus durable.

Les marqueurs moléculaires sont constitués de séquences d'ADN caractéristiques d'un individu ou groupe d'individus. Contrairement aux marqueurs traditionnels (morphologiques et biochimiques), ils ne sont pas influencés par l'environnement et sont observables à n'importe quel stade de développement de la plante et sur n'importe quel organe. Ils sont très utiles pour l'identification individuelle, variétale, l'établissement de relations phylogénétiques et la sélection assistée par marqueurs. Ils permettent l'élaboration de cartes génétiques où chaque chromosome est représenté sous forme d'un ensemble de marqueurs moléculaires dont l'ordre et l'espacement sont déterminés en comparant les individus de la descendance d'un croisement.

La SAM présente encore un grand intérêt dans les programmes d'introgression destinés à modifier de manière ciblée un matériel génétique existant, en remplaçant un segment chromosomique initial par un segment porteur de caractéristiques favorables provenant d'un autre matériel (figure 25).

Le développement considérable des marqueurs moléculaires au cours de la dernière décennie a permis une meilleure compréhension du génome des céréales et la cartographie de plusieurs dizaines de locus liés à divers gènes ou QTL d'intérêt agronomique (Schachermayer *et al.*, 1994).

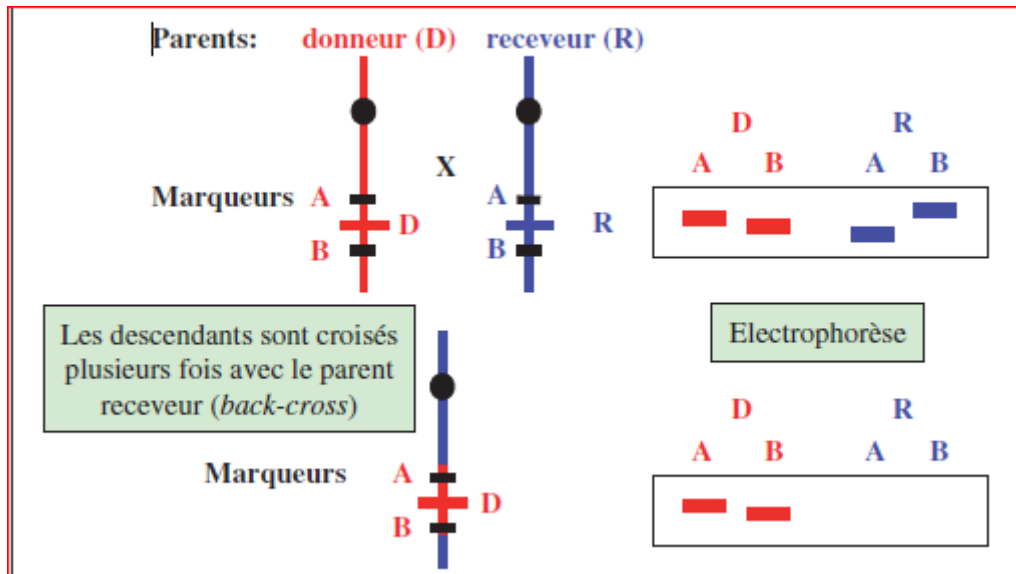


Figure 25 : Schéma d'introgession du gène D provenant du parent donneur dans le génome de la plante receveuse à l'aide des marqueurs A et B visualisés par électrophorèse (Moulet et al., 2008).

Ces techniques de marquage moléculaire sont nombreuses et évoluent rapidement. La plupart du temps, des polymorphismes de séquence sont révélés au sein d'un fragment d'ADN amplifié par PCR (*Polymerase Chain Reaction*) à partir de l'ADN génomique total de l'individu à analyser, à l'aide d'une paire d'amorces spécifiques des extrémités de la région à étudier. La PCR, ou réaction en chaîne de polymérisation de l'ADN, est basée sur l'utilisation d'une enzyme ADN polymérase thermorésistante. Les marqueurs PCR le plus largement utilisés sont les microsatellites ou SSR (*Simple Sequence Repeat*). Ils sont constitués de séquences de di-, tri- ou tétranucléotides répétés en tandem (figure 26).

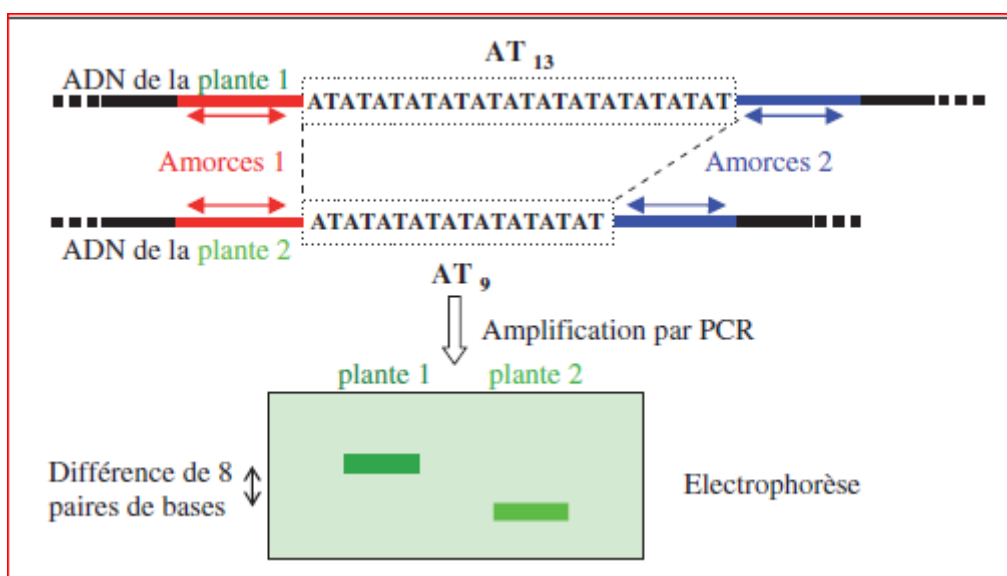


Figure 26 : Exemple d'un marqueur de type microsatellite (SSR) (Moulet et al., 2008)

**Conclusion**

L'amélioration du rendement des orges passe par la création variétale et le choix de critères fiables pour l'identification de mécanismes d'adaptations aux contraintes environnementales. L'étude des paramètres technologiques sert de critères de sélection dans le programme d'amélioration génétique (Benbelkacem et *al.*, 1995 ). Le sélectionneur doit donc répondre à de nombreuses exigences. Pour cela il est nécessaire qu'il puisse disposer d'outils lui permettant d'apprécier cette qualité et ceci à un stade précoce de la sélection.

## 1-Matériels et méthodes d'analyses

### 1-1- 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. Ces huit lignées d'orge d'hiver à six rangs, très avancés en sélection parmi 75 premières entrées, ont été choisies sur la base de la performance et des préférences des agriculteurs (Reguieg et al., 2013). Elles sont issues de croisement entre géniteurs de l'ICARDA. Les échantillons d'orge nous ont été fournis par l'INRA. La détermination de la qualité des huit lignées, énumérées dans le tableau 14, représente l'essai issu des récoltes 2011, 2012 et 2013.

Tableau 14 : Pédigrées des lignées d'orge étudiées

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

LS : large scale (grande échelle)

## **1-2- Conduite et installation de l'essai**

Dans le cadre du programme de la sélection participative des plantes (PPB), des essais ont été menés de 2005 à 2010 dans différents sites avec la participation des agriculteurs. L'essai a été conduit dans des parcelles élémentaires qui ont fait l'objet d'une évaluation visuelle portant sur la hauteur des plantes, la hauteur des épis, le poids des grains et le rendement en grains par les agriculteurs. La récolte en grains a été réalisée chaque mois de juin. La caractérisation de la qualité, physicochimique et biochimique, concerne des grains d'orge récoltés durant les années 2011, 2012 et 2013. Les deux variétés (Saida 183 et Rihane 03) et les huit lignées étudiées, issues de la récolte de l'année 2014, ont subi une évaluation de la qualité technologique avec une appréciation de la valeur semoulière des grains et celle du couscous au niveau du laboratoire de technologie alimentaire de l'université de Sidi Bel Abbes ainsi qu'au niveau du laboratoire d'analyse CAPAC Azzouz de Sidi Bel-Abbes. La mouture et la transformation des semoules en couscous ont été réalisées au niveau ménager par la méthode traditionnelle.

## **2- Méthodes d'analyses**

Compte tenu de l'intérêt et de l'importance de l'orge dans l'amélioration de la production, il était évident de chercher à mettre au point un ensemble de caractéristiques permettant la sélection au stade précoce. Les analyses ont été réalisées aux laboratoires de technologie alimentaire de l'ICARDA d'Alep (Syrie) et de l'université de Sidi Bel-Abbes (Algérie) pour évaluer les caractéristiques physicochimiques et biochimiques des lignées d'orges.

### **2-1 Analyses physiques des grains**

Le calibrage (plumpness kernel) est un indicateur de la taille des grains et de leur homogénéité. Ce critère est déterminé par tamisage de 100 grammes d'orge sur une série de tamis de différentes d'ouverture (2.8, 2.5 et 2.2 mm). Le refus de chaque tamis est pesé pour déterminer le pourcentage. Le taux des enveloppes (Husk percentage) repose sur une pesée de 20 grammes décortiquée à l'aide d'une brosse pendant 20 secondes. Une fois l'opération de décorticage est finie, on procède au pesage des grains débarrassés des enveloppes pour déterminer leurs taux. Le pourcentage de perte de poids représente le pourcentage des enveloppes. La dureté des grains (kernel hardness) qui peut exprimer le taux de particules fines est effectuée sur 5 grammes de grains décortiqués après broyage et placés sur un tamis à mailles de 75µm (US N°200°) pendant 10 minutes. On détermine, ensuite, le taux de passage

à travers le tamis. (Williams et al. 1988). 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 :

- Les grains d'orges

La teneur en protéines et la teneur en bêta-glucane sont calculées pour les grains d'orges exemptes d'impuretés à l'aide d'un spectrophotomètre dans le proche infrarouge (NIR Système model 5000 scanning monochromator instrument) (AACC, 1983). La teneur en eau est également mesurée et les résultats sont exprimés sur une base de matière sèche. Le dosage du fer et du zinc est effectué par le spectrophotomètre d'absorption atomique après minéralisation de 5 grammes d'échantillon en milieu acide (Health Canada, 1985). Le temps de chute de Hagberg, d'une farine d'orge, a été déterminé selon la norme NF V 03-703 (1997). Il repose sur la détection de l'activité enzymatique en mesurant le temps de chute d'une tige dans une pâte fluide et chaude obtenue par le mélange de la farine ou le produit de mouture à de l'eau. 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). L'orge est mise en germination à 20°C pendant huit jours avec une alternance de lumière de 08 heures/16 heures.

- Semoules d'orges

La détermination de la teneur en eau des semoules d'orges est basée sur le séchage à une température de 130 °C et à pression atmosphérique dans une étuve Chopin selon la norme NF V 03-707 (AFNOR, 1990). Le dosage des protéines est déterminé selon la norme NF V03-050 (AFNOR, 1990) par la méthode de Kjeldahl. Le coefficient de conversion de l'azote en protéines totales dans le cas de l'orge et dérivés est de 6,25. La granulométrie de la semoule S1 destinée à la fabrication du couscous est obtenue par le passage d'une prise d'essai de 100 grammes à 0.1 gr près sur une série de tamis classés par ordre décroissant d'ouverture de mailles : 450, 800 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).

## 2-3 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 illustrée dans la figure 27 ci- dessous.



Figure 27 : Illustrant la meule utilisée dans la mouture d'essai

La mouture a été réalisée de façon à avoir le taux le plus faible que possible des grosses particules de semoule en diminuant la force, la vitesse de broyage de la manière suivante :

- Après le premier broyage dont le but est la séparation de l'albumen amylicé des enveloppes et la couche à aleurone, on procède à l'enlèvement du son et des grosses particules qui y adhère en utilisant un tamis d'ouverture de maille large.
- Un deuxième broyage est effectué et le produit de mouture est récupéré pour être tamisé.
- Le produit de mouture ainsi obtenu est mélangé aux particules fines de son qui ont été éliminé par une manipulation ménagère ressemblant au principe de sassage du procédé industriel et qu'on appelle "*Tegaad*" en utilisant un tamis en Alpha dont les ouvertures sont rectangulaires. Cette opération se fait par des mouvements spéciaux que la ménagère exerce et qui aboutissent à l'accumulation des produits de mouture selon leur grosseur au fond du tamis et du regroupement des particules les plus légères notamment celle du son à la surface et au centre, formant ainsi " L'œil " qui est enlevée à la main.
- A la fin de cette opération, on a abouti à l'enlèvement des petites particules de son et à la séparation de la grosse semoule et des autres semoules et farine dont la taille est plus ou moins inférieure à la semoule.

- Le mélange de semoules et de farine a été séparé par l'utilisation d'un tamiseur Rotachoc (technologie CHOPIN) constitué d'un empilement de tamis classés par ordre décroissant.
- Les tamis utilisés ont respectivement des ouvertures de maille suivantes : 400, 355 et 250  $\mu\text{m}$ .

La mouture d'essai semble la meilleure méthode de détermination directe de la valeur semoulière de l'orge. Elle nous permettra de calculer le rendement en semoule, farine et son, c'est ce qu'on appelle le taux d'extraction.

## **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, précuisson et séchage à l'air libre pendant quatre jours jusqu'à une humidité finale de 11,5 à 12%.

En l'absence de normes spécifiques aux semoules et aux couscous d'orge et en présence d'une quantité assez réduite de semoule, nous avons choisi de fabriquer ce dernier à partir de la semoule d'orge  $S_1$  considérée chez les ménagères comme semoule d'orge moyenne "*Tchicha moyenne*" qui représente la plus grande fraction obtenue durant la mouture. Les différentes étapes de fabrication du couscous sont :

- Roulage

Le roulage est l'étape la plus importante pour la fabrication du couscous, dont dépendent les caractéristiques du produit fini. Dans une jatte "*Guessaa*" en aluminium on introduit une quantité de semoule qu'on humecte progressivement avec de l'eau salée. Avec les mains ouvertes, on fait des mouvements de va et vient pour assurer un bon mélange et favoriser l'absorption de l'eau par les particules de semoules. Ces dernières commencent à gonfler et adhérer les uns aux autres. On continue à ajouter de la semoule et de l'eau salée jusqu'à l'obtention de la granulation voulue du couscous.

- Tamisage

Un double tamisage est nécessaire pour assurer l'homogénéité du produit (tamis utilisés en fonction de la granulation désirée). Un premier tamisage vise à éliminer les gros grumeaux et le second assure l'élimination des particules fines.

- Précuisson

On met le produit, ainsi préparé, dans un couscoussier disposé sur une marmite contenant de l'eau portée à ébullition. On arrête la cuisson quand la vapeur d'eau traverse suffisamment le couscoussier.

- Démottage

Après la précuisson, on obtient certains grains de couscous qui sont collés entre eux. Pour avoir un couscous régulier on frotte les mottes contre un tamis pour détacher les grains de couscous.

- Séchage

On étale le couscous sur un linge propre à la température ambiante et à l'abri de la poussière. On laisse se déshydrater progressivement, en remuant de temps à autre, jusqu'à l'obtention d'un couscous sec d'une teneur en eau de 11,5 à 12%.

#### **2-4-4- 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- La 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 préparés 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 30g de couscous cuit est refroidi jusqu'à 45°C. Les assiettes sont codées et présentées avec les formulaires de réponse (Annexe 3). Un jury composé de 6 sujets, déjà familiarisé avec le produit, 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) et la couleur.

### **3- Analyse variétale**

La vérification de l'identité variétale est déterminée par coloration à l'acide sulfurique. Selon Dessacs (1997) la reconnaissance des variétés (pureté variétale) est basée sur l'observation de la couleur après coloration des grains d'orges. 100 grains sont mis à tremper pendant quatre à cinq heures dans une solution aqueuse à 50% d'acide sulfurique ( $d= 1,83$ ). Après évacuation de la solution, les grains sont abondamment lavés à l'eau ordinaire et frottés à la main afin de débarrasser de tout résidu de glumelles. Les grains sont alors placés sur un papier buvard et la lecture peut être réalisée.

**4- Analyses statistiques** : Le logiciel d'analyses des données et de statistiques utilisé est XLSTAT version 2014.4.10 (Addinsoft) et à l'aide du programme Statview 5.0 (SAS Institut) (Caldorola et al., 1998).

#### **4-1 Description des données**

La description des données a consisté à calculer certains paramètres statistiques usuels qui sont la moyenne arithmétique, l'écart type (sd), la plus petite valeur ( $x_{\min}$ ) et la plus grande valeur ( $x_{\max}$ )

#### **4-2 Analyse de la variance**

Pour la comparaison des différents paramètres mesurés des lignées d'orge, nous avons utilisé l'analyse de la variance (ANOVA) qui est une extension du test t à deux échantillons qui compare deux moyennes de lignées en un test qui compare plus de deux moyennes. Un seuil de significativité à  $p < 0.05$  est retenu.

#### **4-3 Matrice des corrélations.**

Le coefficient de corrélation est une mesure du degré de linéarité de la relation entre deux variables. La valeur de ce coefficient est comprise entre  $- 1$  et  $+ 1$ . Si une variable tend à augmenter lorsque l'autre diminue, le coefficient de corrélation est négatif. Par contre, si les deux variables tendent à augmenter ou à diminuer simultanément, le coefficient de corrélation est positif. Une étude des corrélations (coefficient de Pearson) entre les différentes caractéristiques des grains et du couscous d'orges a été réalisée afin de déduire les coefficients de corrélation entre les différents variables déterminés.

# RESULTATS ET INTERPRETATIONS

## Résultats et interprétations

### 1- Résultats de la première sélection participative des orges en Algérie

Il est largement admis que le développement de nouveaux cultivars serait une tâche plus facile si le sélectionneur (éleveur) pourrait effectivement choisir les meilleurs parents pour le développement de croisements prometteurs. Ainsi, une sélection rigoureuse des parents est la première étape importante dans le processus du développement de cultivars à haut rendement de qualité supérieure (Kotzamanidis et al., 2008). Le programme national d'amélioration génétique de l'orge comporte du matériel ségrégant et des essais de rendement nationaux et internationaux qui sont installés dans des sites pilotes (stations expérimentales de l'INRA) et des régions ciblées. Les principales contraintes nationales de la culture d'orge sont les stress abiotiques (la sécheresse et les hautes températures) et les stress biotiques (la rayure réticulée et l'oïdium). Les entrées d'orge sont obtenues à ICARDA avec des croisements (d'intersections) ciblés aux conditions Algériennes. Dans ces entrées, un parent était toujours un des deux Variétés algériennes locales, adapté, Saida-183 ou Tichedrett. Les croisements (intersections), faites à ICARDA en 2003, représentent la mise en œuvre d'une stratégie de multiplication développée par l'ICARDA dans le programme de sélection d'orge (Ceccarelli, 1994). Les 75 entrées ont été testées par rapport aux deux variétés locales (Saida 183 et Rihane-03) avec répétition 13 et 12 fois, respectivement, donnant un total de 100 combinaisons dans la première étape du programme de sélection participative. La conception expérimentale était une rangée non reproduite et une conception de colonne (figure 28), avec les deux variétés locales servant de contrôles systématiques (Ceccarelli, 2012). Les entrées 76 et 77 représentent respectivement les variétés locales témoins (Saida 183 et Rihane-03) dans les parcelles expérimentales.

r4	66	75	45	76	56	15	7	77	6	19	22	76	77	37	64	1	76	77	44	61	24	60	51	8	76
r3	77	68	50	11	3	59	36	70	76	73	49	77	65	74	14	5	48	52	33	16	26	13	76	77	10
r2	77	69	76	77	76	17	12	31	2	54	77	32	46	29	9	76	55	30	67	35	62	77	76	58	20
r1	71	25	41	39	27	21	42	76	77	38	23	28	47	72	57	18	76	77	76	34	53	63	43	40	4
	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12	c13	c14	c15	c16	c17	c18	c19	c20	c21	c22	c23	c24	c25

Figure 28 : la disposition des entrées de la première étape de la sélection participative

La sélection végétale participative a été introduite en Algérie en 2005-2006 avec la pleine collaboration et le soutien du ministère de l'Agriculture. L'étude a été menée dans les champs de quatre agriculteurs et deux stations de recherche en Algérie (CNCC et ITGC) selon le tableau 15. Trois des cinq emplacements (Lamtar, Belarbi et Tessala) étaient dans les champs des agriculteurs (fermiers) situés dans les zones semi-arides de Sidi Bel Abbas ; le quatrième et le cinquième emplacement étaient la ferme expérimentale ITGC et CNCC à Sidi Bel Abbas et le sixième était un champ (domaine) de fermier près de la commune de Hennaya dans la willaya de Tlemcen.

Tableau 15 : Les caractéristiques des emplacements utilisés dans le programme de sélection participatif.

Localité	Willaya	Champs	Caractère du sol (terrain)	Altitude
Lamtar	Sidi Bel-Abbes	Agriculteur	sablonneux plus ou moins profondément	600 m
Belarbi	Sidi Bel-Abbes	Agriculteur	Argile de vase	534 m
Tessala	Sidi Bel-Abbes	Agriculteur	Argileux	530
ITGC	Sidi Bel-Abbes	Station de recherche	Sablonneux	483
CNCC	Sidi Bel-Abbes	Station de recherche	Profondément glaiseux	450
Hennaya	Tlemcen	Agriculteur	Argile de vase sol profond	395

Les essais sont menés en plein champ dans des conditions climatiques naturelles de pluviométrie et de température. Les critères et les techniques de sélection sont choisis avec les paysans, en collaboration avec l'équipe de recherche de l'INRA de Sidi Bel-Abbes qui peut intervenir pour des croisements dirigés. Les opérations culturales sont réalisées dans les champs des paysans et en station de recherche. Les paramètres de production sont considérés comme des critères de sélection. Les données suivantes ont été enregistrées dans tous les terrains et à tous les emplacements : la hauteur de la plante, longueur de l'épi, le poids de 1000 grains, le rendement biologique et le rendement en grains etc.

La méthodologie pour l'enregistrement des données de production, l'analyse de données et la participation de fermier a été comme décrite par Ceccarelli (2012).

Sur la base de l'évaluation de quatre années, sur les 75 entrées huit ont été sélectionnées dans les différents sites pour être distribuées aux agriculteurs (tableau 16).

Tableau16 : Les entrées qui ont été testées dans la quatrième phase des essais

Entrées	Noms	Origine
LS 05	Lignee527/NK1274//JLB70-063/3/Bda	Tessala/Belarbi
LS09	Saïda/6/cita 'S'/4/Apm/RI//Manker/3/Maswi/Bon/5/Copal'S'/7/	ITGC
LS 15	Chn01/CC89//Arial/3/Lignee640/Bgs//Cel/4/Lignee527/Aths	Hennaya
LS 16	Lignee527//NK1272//JLB70-063/3/Saïda	Hennaya
LS 17	Lignee527//NK1272//JLB706063/3/Alanda/Zafaraa//Goliria'S'Copal'S'	Lamtar
LS 18	Saïda/6/Cita'S'/4/Apm/RI//Manker/3/Maswi/Bon/5/Copal'S'/7/Malouh/8/Alanda-01	Lamtar
LS 20	Saïda/6/Cita's'/4/Apm/RI//Manker/3maswi/Bon/5/Copal'S'/7/Malouh/8/Alanda-01	Lamtar
LS 22	Saïda/6/Cita'S'/4/Apm/RI//Manker/3/Maswi/Bon/5/Copal'S'/7/	Lamtar

La mise au point d'une nouvelle variété céréalière, dans la sélection conventionnelle, peut prendre jusqu'à 12 ans, depuis les premières tentatives de croisement jusqu'à sa mise sur le marché finale. Il faut souvent de un à trois ans pour recueillir, évaluer et assembler une nouvelle diversité génétique prometteuse, puis plusieurs années de recombinaison et de sélection pour identifier de nouvelles lignées adaptées à la mise au point de variétés supérieures. Il faut ensuite 1 à 3 années encore pour multiplier les semences et les distribuer aux agriculteurs.

Pour conclure, cette première expérience avec le programme de sélection participative (PPB) a permis aux chercheurs algériens de choisir, ensemble avec les fermiers et juste pendant quatre cycles de sélection, huit nouvelles entrées d'orge pour l'ouest de l'Algérie et de les promouvoir comme de nouvelles variétés cultivées. Ces entrées ont été choisies pendant les quatre ans d'expérience dans les différentes conditions de sol, d'altitude et de pluviométrie. Toutes les entrées étaient stables et ont produit plus que les deux variétés témoins Saïda 183 et Rihane-03. Il est donc clair que les sélectionneurs ont besoin de tests qui leur permettent de prédire, dès les stades précoces de la sélection, la valeur intrinsèque de leurs génotypes d'où l'objet de la deuxième partie de cette discussion des résultats.

## 2- Résultats des caractéristiques physicochimiques des lignées d'orge

Historiquement l'orge est une source d'alimentation importante dans plusieurs pays du monde (Baik et Ullrich, 2008). Elle constitue un élément essentiel dans la ration alimentaire en Algérie. La qualité de l'orge est fonction de l'utilisation que l'on en fait. Or, la presque

destination de l'orge en Algérie est l'obtention d'une semoule destinée elle-même à l'obtention du pain ou de galette, de couscous mais également une forte proportion est utilisée pour l'alimentation animale.

Une bonne orge est, par conséquent, celle qui satisfera l'utilisateur final en remontant jusqu'au créateur de variétés. Tous les acteurs de la filière orge ont des soucis qualitatifs qui peuvent bien sûr diverger. Par exemple, l'agriculteur recherche en priorité un rendement à l'hectare. Les lois du marché orientent, néanmoins, la production de l'orge vers la satisfaction de l'utilisateur final (industriel ou l'éleveur de bétails). Il est largement admis que le développement de nouveaux cultivars serait une tâche plus facile si le sélectionneur pourrait choisir les meilleurs parents pour le développement de croisements prometteurs. Ainsi, une sélection rigoureuse des parents est la première étape importante dans le processus de développement de cultivars à haut rendement de qualité supérieur (Kotzamanidis et al., 2008). Le caractère qualité est actuellement très recherché. Il est devenu l'un des objectifs principaux dans l'amélioration des orges. La qualité du grain est indispensable pour son utilisation commerciale. Les analyses des caractéristiques physicochimiques ont été évaluées selon des paramètres retenus dans des études similaires (Rozenhal, 1975 ; Williams et al., 1988)

## **2- 1 analyse descriptive des résultats obtenus durant les trois récoltes successives**

Les résultats obtenus durant les trois campagnes de récolte (2011, 2012 et 2013) sont consignés respectivement dans les tableaux 17, 18 et 19. La récolte de chacune des trois années est utilisée comme semence pour l'année suivante. La détermination de la qualité couscoussière concerne la récolte de l'année 2014.

### **2-1-1 Les lignées d'orges prometteuses de la récolte 2011**

Les plus importantes variations peuvent être observées pour le PMG, la dureté (hardness kernel) et le calibrage des grains (kernel plumpness) exprimé par le refus des deux tamis 2,8 et 2,5 mm (tableau 17). Le PMG le plus élevé est observé pour la lignée **LS17** (48,5g) et le plus faible pour la lignée **LS22** (37,5g) avec une valeur moyenne de  $42,4 \pm 3,36$  g. La dureté des grains est exprimée par le taux d'extraction de la farine qui passe à travers un tamis de  $75\mu\text{m}$  d'ouverture. La dureté présente une valeur moyenne de  $50,8 \pm 3,67\%$  avec un maximum de 54% (**LS18**) et un minimum de 42% (**LS16**). La valeur du calibrage des grains se situe entre 95% (**LS15**) et 85,9% (**LS20**) avec une valeur moyenne ( $91,9 \pm 3,5\%$ ). La variation entre les différentes lignées est tout de même assez faible pour les autres caractéristiques du grain. Il faut signaler que la lignée **LS17** a montré les valeurs des grains les plus considérables.

Tableau 17 : la qualité des grains d'orge de la récolte 2011

LS	H2O,%	PMG, g	TP, %	B-Glucane %	Teneur en enveloppes %	Dureté des grains, %	Calibrage (refus des tamis, >2,8+>2,5mm), %
LS5	10,6	42,1	<b>10,5</b>	4,9	<b>15,6</b>	52,0	94,7
LS9	<b>9,2</b>	42,1	<b>10,4</b>	<b>4,8</b>	16,1	51,9	93,0
LS15	10,4	44,1	10,8	5,1	16,9	51,0	95,0
LS16	10,2	44,4	12,9	5,1	17,8	<b>42,0</b>	94,3
LS17	<b>9,8</b>	48,5	11,0	5,3	18,1	52,4	94,9
LS18	<b>9,9</b>	41,9	11,2	4,9	<b>15,3</b>	54,0	89,7
LS20	10,1	<b>39,1</b>	<b>10,6</b>	<b>4,8</b>	16,3	51,6	<b>85,9</b>
LS22	<b>9,1</b>	<b>37,5</b>	<b>10,4</b>	<b>4,7</b>	16,4	51,8	88,0
<b>Moy±sd</b>	<b>9,91±0,53</b>	<b>42,4±3,36</b>	<b>10,97±0,82</b>	<b>4,9±0,9</b>	<b>16,56±0,9</b>	<b>50,8±3,67</b>	<b>91,9±3,57</b>
Minimum	<b>9,1</b>	<b>37,5</b>	<b>10,4</b>	<b>4,7</b>	15,3	42	85,9
Maximum	<b>10,6</b>	<b>48,5</b>	<b>12,9</b>	<b>5,3</b>	18,1	54	95

### 2-1-2 Lignées d'orges Prometteuses de la récolte 2012

L'amplitude des paramètres observés (tableau18) montre que le poids de mille grains (PMG), la dureté des grains (hardness kernel), le calibrage (plumpness kernel), la teneur en fer et en zinc présentent une variation importante. Les valeurs du PMG des différentes lignées se situent entre 32,1g (LS5) et 39,3g (LS16) avec une moyenne de 35,5±2,9. La variété Saida 183, utilisée comme témoin présente la valeur la plus élevée (44,4g). Le pourcentage des refus des tamis 2,8 et 2,5 mm varie de 22,9% (LS18) et de 81,7% (LS16) avec une moyenne de 50,9±18,5. On remarque que la lignée (LS16) présente une valeur supérieure à la valeur des deux variétés témoins. La dureté des grains la plus élevée parmi les lignées testées est observée pour la lignée (LS16) (52,1%) après la variété Saida 183 (54,3%) avec une moyenne de 50,5±1,15%.

Concernant la teneur en zinc et en fer, la lignée (LS18) présente les valeurs respectivement importantes : 34,9 et 41,8 mg/kg avec une teneur en protéine la plus élevée (12%). La teneur en  $\beta$ -glucane varie de 3,1 et 3,8% avec une moyenne de 3,47±0,23% néanmoins l'ensemble des lignées présentent des valeurs supérieures à la variété Saida (3,3 %).

Tableau 18 : la qualité des grains d'orge de la récolte 2012

Lignées	H2O, %	PMG, g	Teneur en enveloppe, %	Dureté des grains, %	Calibrage, >2,5mm, %	Taux de protéines, %	B-Glucane, %	Zn, mg/Kg	Fe, mg/Kg
LS									
LS5	10,6	32,1	15,8	49,1	40,7	10,0	3,4	20,1	28,1
LS09	10,6	36,9	15,9	50,8	69,1	10,1	3,4	23,6	22,0
LS15	10,4	32,3	15,8	49,2	45,5	10,0	3,8	16,8	23,9
LS16	10,3	39,3	16,1	52,1	81,7	9,2	3,4	21,7	25,8
LS17	9,9	35,4	16,1	51,1	40,1	8,5	3,7	17,5	26,9
LS18	9,8	32,5	16,2	49,4	22,9	12,0	3,7	34,9	41,8
LS20	9,9	36,8	15,9	50,6	46,6	9,2	3,3	20,7	23,9
LS22	9,8	38,7	16,3	51,7	59,6	11,8	3,1	25,4	28,8
<b>Moy ±sd</b>	<b>10,1±0,3</b>	<b>35,5±2,9</b>	<b>16±0,2</b>	<b>50,5±1,15</b>	<b>50,8±18,5</b>	<b>10,1±1,2</b>	<b>3,47±0,23</b>	<b>22,6±5,7</b>	<b>27,6±6,1</b>
Mini	9,8	32,1	15,8	49,1	22,9	8,5	3,1	16,8	22,0
Maxi	10,6	39,3	16,3	52,1	81,7	12	3,8	34,9	41,8
Saida 183	9,9	44,4	16,4	54,3	71,9	10,5	3,3	25,6	32,5
Rihane 3	9,8	33,5	16,5	49,9	41,5	11,0	3,7	23,3	20,5

### 2-1-3 Les lignées d'orges Prometteuses de la récolte 2013

Les résultats des paramètres analysés sont consignés dans le tableau 19. Les valeurs du poids à l'hectolitre (Phl) se situent entre 62,1 et 64,4 kg/hl avec une moyenne de 63,1±0,72. Les lignées sélectionnées présentent des valeurs de Phl supérieures aux variétés témoins (Saida 183 et Rihane 3). Ainsi, la lignée LS20 présente la valeur la plus élevée (soit 64,4 kg/hl). Le PMG varie de 44,7 (LS5) à 53,1 g (LS20) avec une moyenne de 49,8±2,95. Les lignées (LS20), (LS22) et (LS17) possèdent des valeurs supérieures à la variété Saida 183. Le temps de chute de la farine d'orge selon Hagberg varie de 96 secondes (LS9) à 634 secondes (LS5) avec une moyenne de 466±167. Sur l'ensemble des lignées observées, le taux de protéines présente une amplitude de mesure relativement faible. Ainsi, lignée (LS17) possède un taux de protéines de 11,9% et Saida 183 un taux de protéines de 11,5%. Le pourcentage de germination est utilisé comme un indicateur pour apprécier la capacité des semences à lever et à produire une plante dans des conditions normales (vitalité des grains). Selon nos résultats, l'ensemble des lignées présente un pouvoir germinatif acceptable qui varie entre 84% et 99% avec une valeur moyenne de 92,5±5,6.

Tableau 19 : la qualité des grains d'orge de la récolte 2013

Lignées	H2O, %	TKW, g	HW, kg/hl	Protein,%	Ash, %	IC, s	PG, %	EG,%
LS05	11,4	44,7	63	9,64	2,5	634	85	43
LS 09	11,7	47,2	62,7	9,73	2,4	96	90	47
LS 15	11,9	50,1	63,8	9,3	2,7	477	99	50
LS 16	11,7	50,5	63,1	9,4	2,69	621	84	42
LS 17	11,9	51,9	62,7	11,9	2,59	525	96	48
LS 18	11,3	48,3	62,1	9,1	2,68	458	96	48
LS 20	12,1	53,1	64,4	9,3	2,75	504	97	49
LS 22	12,2	53	63,5	9,63	2,66	414	90	45
<b>Moy±sd</b>	<b>11,8±0,31</b>	<b>49,8±2,95</b>	<b>63,1±0,72</b>	<b>9,75±0,89</b>	<b>2,62±0,11</b>	<b>466±167</b>	<b>92±5,6</b>	<b>46,5±2,87</b>
minimum	11,3	44,7	62,1	9,1	2,40	96	84	42
Maximum	12,2	53,1	64,4	11,9	2,75	634	99	50
Saida 183	12	50,9	61	11,5	2,64	453	98	49
Rihane 03	12,4	52,9	62,6	9,7	2,29	127	100	50

## 2-2 Comparaison des lignées d'orge sur trois années de récolte

L'objectif de cette étude comparative est d'établir un inventaire des caractéristiques physico-chimiques et biochimiques des lignées d'orge testées pendant trois campagnes successives (2011, 2012 et 2013). Les résultats des différentes lignées comparées aux deux variétés témoins (Saida 183 et Rihane03) sont présentés dans le tableau 20. Les deux variétés en question ont été choisies comme standard car elles sont largement utilisées dans l'amélioration et la sélection des orges. L'orge a été longtemps sélectionnée afin d'améliorer sa production et sa qualité d'utilisation alimentaire. Cette sélection s'est essentiellement faite sur le rendement à l'hectare et sur des caractéristiques physico-chimiques des grains. De ce fait, les paramètres permettant de caractériser les grains d'orge tels que le poids de 1000 grains, poids à l'hectolitre, protéines, la taille des grains sont des indicateurs potentiellement intéressants.

L'analyse des résultats montre une évolution positive du poids de 1000 grains durant la troisième année d'essai (2013) sur l'ensemble des lignées. La valeur varie de 39,6g (LS5) à 45,3g (LS17) avec une moyenne de  $42,7 \pm 1,97$ . Les valeurs les plus importantes sont obtenues pour **LS17** ( $45,3 \pm 8,7$ ), **LS16** ( $44,7 \pm 5,6$ ), **LS20** ( $43 \pm 8,8$ ) et **LS22** ( $43,1 \pm 6,6$ ). La teneur en protéine varie en fonction des années et des lignées durant les trois essais d'expérimentation. Elle varie entre  $9,7 \pm 0,78$  (LS20) et  $10,76 \pm 1,43$  (LS18) avec une valeur moyenne de  $10,3 \pm 0,36$ . La valeur moyenne de l'ensemble des lignées est fortement diminuée lorsque l'on

passé d'une année à l'autre. La teneur la plus élevée correspond aux lignées **LS18** ( $10,76 \pm 1,43$ ), **LS22** ( $10,61 \pm 1,1$ ), **LS16** ( $10,5 \pm 2,08$ ) et **LS17** ( $10,46 \pm 1,76$ ). Quel que soient les valeurs enregistrées, elles sont inférieures à celle de la variété Saida 183 ( $11 \pm 0,7$ ). Probablement en raison de la meilleure pluviométrie (520,8 mm comparés aux deux autres années 355,3 et 295mm) (Table 21). La valeur moyenne s'étend de 39,6g à 47,6g avec un moyen de  $43,2 \pm 2,3$ .

Tableau 21 : Coefficient de corrélation entre la pluviométrie le poids de 1000 grains et la teneur en protéine

	2011	2012	2013	Coefficient de corrélation	Moy	2011	2012	2013	Coefficient de corrélation	Moy
Pluviométrie, mm	355,3	295,2	520,8			355,3	295,2	520,8		
<b>Moy <math>\pm</math>sd</b>	<b>42,5<math>\pm</math>3,36</b>	<b>36,2<math>\pm</math>3,9</b>	<b>50,3<math>\pm</math>2,8</b>	<b>0,98</b>	<b>43,2<math>\pm</math>2,3</b>	<b>10,97<math>\pm</math>0,82</b>	<b>10,13<math>\pm</math>1,13</b>	<b>9,92<math>\pm</math>0,96</b>	<b>-0,45</b>	<b>10,35<math>\pm</math>0,39</b>
Minimum	37,5	32,1	44,7	0,984	39,6 $\pm$ 6,6	10,4	8,5	9,1	0,05	9,7 $\pm$ 0,78
Maximum	48,5	44,4	53,1	0,974	47,6 $\pm$ 4,5	12,9	12	11,9	-0,34	11,0 $\pm$ 0,70

Pour ce qui concerne la dureté des grains exprimant l'extraction des particules fines par un tamis de  $75\mu\text{m}$ , la valeur du taux d'extraction varie de 47% (LS16) à 51,75% (**LS17**, **LS18** et **LS22**) avec une valeur moyenne de  $50,6 \pm 1,6$ . Ces valeurs observées sont inférieures à celle de la variété Saida183 (54,3%) mais supérieures à la variété Rihane3. La comparaison des lignées pour les valeurs moyennes du calibrage des grains, supérieure 2,5 mm montre qu'il y'a une variation importante durant l'année 2012. Les lignées **LS16** ( $88 \pm 9$ ), **LS9** ( $81 \pm 16$ ) et **LS22** ( $73,8 \pm 20$ ) se détachent des autres par des valeurs plus élevées par rapport à la variété témoin Saida 183 (71,9%) et la variété Rihane3 (41,5%). Pour la teneur en  $\beta$ -glucane, les différences entre les lignées sont moins importantes durant les années 2011 et 2012. On remarque tout de même une diminution pendant la deuxième année. La teneur varie entre ( $3,9 \pm 1,13$ ) (LS22) et ( $4,5 \pm 1,13$ ) (**LS17**) avec une valeur moyenne de  $4,2 \pm 0,2$ , supérieure à celle de la variété Saida183 (3,3%) et Rihane3 (3,7%). Le taux des enveloppes des grains, expliquant leur épaisseur, varie de  $15,7 \pm 0,6$  (LS18) à  $17,1 \pm 1,4$  (LS17) avec une valeur moyenne de  $16,3 \pm 0,5$ , presque égale à celle de Saida183 et Rihane3. La lignée **LS17** présente la valeur la plus élevée avec **LS16** ( $16,9 \pm 1,2$ ).

Tableau 20 : Comparaison des lignées d'orge sur trois années de récolte (2011, 2012 et 2013)

Lignées	PMG, g				Taux de protéine, %				Dureté des grains,%			Calibrage des grains,%			Teneur en enveloppes, %			B-glucane,%		
	années			Moy±sd	années			Moy±sd	années		Moy±sd	années		Moy±sd	années		Moy±sd	années		Moy±sd
	2011	2012	2013		2011	2012	2013		2011	2012		2011	2012		2011	2012		2011	2012	
Ls5	42,1	32,1	44,7	39,6±6,6	10,5	10,0	09,64	10,04±0,43	52,0	49,1	50,55±2,05	94,7	40,7	67,7±38	15,6	15,8	15,7±0,1	4,9	3,4	4,15±1,1
Ls9	42,1	36,9	47,2	42,1±5,1	10,4	10,1	09,73	10,07±0,33	51,9	50,8	51,35±0,77	93,0	69,1	81,0±16	16,1	15,9	16,0±0,1	4,8	3,4	4,1±0,99
Ls15	44,1	32,3	50,1	42,2±9,0	10,8	10,0	09,3	10,03±0,75	51,0	49,2	50,1±1,27	95,0	45,5	70,2±35	16,9	15,8	16,3±0,8	5,1	3,8	4,45±0,9
LS16	44,4	39,3	50,5	44,7±5,6	12,9	9,2	09,4	10,5±2,08	42,0	52,1	47,05±7,14	94,3	81,7	88,0±9	17,8	16,1	16,9±1,2	5,1	3,4	4,25±1,2
LS17	48,5	35,4	51,9	45,3±8,7	11,0	8,5	11,9	10,46±1,76	52,4	51,1	51,75±0,91	94,9	40,1	67,5±39	18,1	16,1	17,1±1,4	5,3	3,7	4,5±1,13
LS18	41,9	32,5	48,3	40,9±7,9	11,2	12,0	09,1	10,76±1,43	54,0	49,4	51,70±3,25	89,7	22,9	56,3±47	15,3	16,2	15,7±0,6	4,9	3,7	4,3±0,84
LS20	39,1	36,8	53,1	43,0±8,8	10,6	9,2	09,3	9,7±0,78	51,6	50,6	51,1±0,70	85,9	46,6	66,2±28	16,3	15,9	16,1±0,2	4,8	3,3	4,05±1,1
LS22	37,5	38,7	53,0	43,1±6,6	10,4	11,8	09,63	10,61±1,10	51,8	51,7	51,75±0,07	88,0	59,6	73,8±20	16,4	16,3	16,3±0,1	4,7	3,1	3,9±1,13
Moy±sd				42,7±1,9				10,3±0,36			50,6±1,6			71,3±9,7			16,3±0,5			4,2±0,2
Minimum				39,6±6,6				9,7±0,78			47±7,14			56,3±47			15,7±0,1			3,9±1,13
Maximum				45,3±8,7				10,76±1,43			51,75±0,07			88,0±9			17,1±1,4			4,5±1,13
Saida 183	/	44,4	50,9	47,6±4,5	/	10,5	11,5	11,0±0,70	/	54,3	54,3	/	71,9	71,9	/	16,4	16,4	/	3,3	3,3
Rihane3	/	33,5	52,9	43,2±13,	/	11,0	09,7	10,35±0,91	/	49,9	49,9	/	41,5	41,5	/	16,5	16,5	/	3,7	3,7

### 3- Discussion des résultats physicochimiques des lignées d'orges sélectionnées

L'objectif de cette étude est de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et technologiques de quelques lignées d'orge issues de la première sélection participative en Algérie. Cette sélection implique les agriculteurs dans l'évaluation et la sélection de nouvelles lignées. L'étude est basée sur une sélection visuelle en milieu naturel sous leurs conditions. A cet effet, un essai de 75 lignées d'orges a été mis en expérimentation au niveau des champs des agriculteurs de 2005 à 2010. Sur ces 75 premières entrées, huit lignées ont été choisies par la sélection participative et font l'objet d'un suivi sur le plan qualitatif durant 3 années successives (de 2010 à 2013).

Cinq des lignées, choisies par les agriculteurs et les sélectionneurs, ont comme parent la variété Saida183. Il s'agit des lignées *LS9*, *LS16*, *LS18*, *LS20* et *LS22*. L'analyse comparative des différentes lignées par rapport à la variété Saida 183 et Rihane 3 nous a conduits à faire des observations intéressantes (tableau 17, 18 et 19). La taille du grain est une caractéristique essentielle variétale et elle est utilisée comme un des indicateurs du rendement technologique (rendement semoulier ou brassicole). La taille du grain est un facteur déterminant pour prédire la qualité. Elle est exprimée souvent par le poids de mille grains (EDNEY et al., 2003). La valeur moyenne du poids de mille grains est de  $43,2 \pm 2,33$ . Selon CHASSERAY (1997), les grains moyens d'orge ont un poids de mille grains compris entre (42g - 48 g). Les lignées *LS17*, *LS16*, *LS20* et *LS22* sont donc constituées de grains moyens (figure 29).

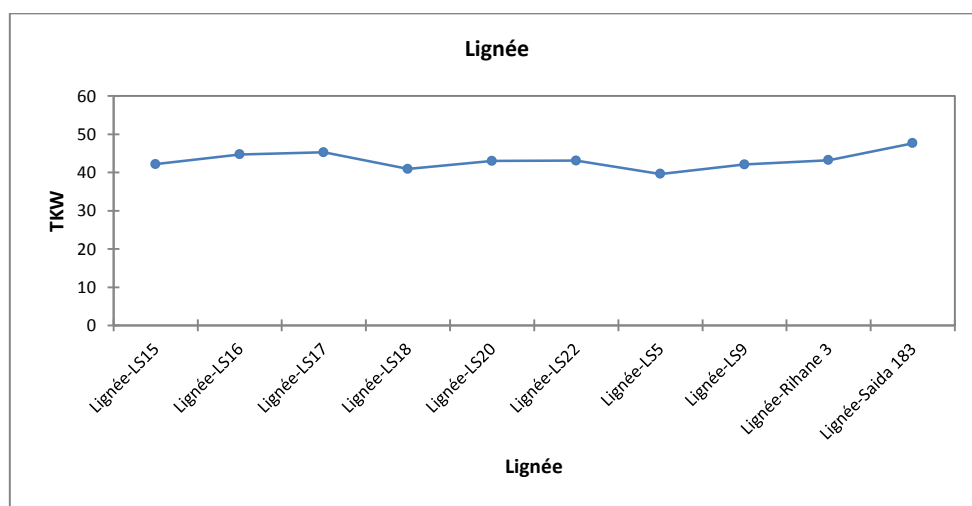


Figure 29 : représentant les valeurs moyennes du poids de milles grains (PMG) durant 3 années d'essai

Le calibrage des grains (kernel size or plumpness) est un critère déterminant surtout pour les orges de brasserie. La totalité des lignées ont une taille de grains moyens,  $68,4 \pm 12,7\%$  des grains ont des tailles supérieures à 2,5 mm et inférieures à 90% pour une orge brassicole. Les lignées **LS16**, **LS9** et **LS22** présentent des valeurs supérieures à celles de la variété Saida 183 et Rihane 3. La teneur en protéines totale présente une amplitude de mesure relativement faible sur l'ensemble des lignées testées (figure 30). La valeur moyenne est de  $10,3 \pm 0,39$ . Pour satisfaire aux besoins des brasseurs, la teneur en protéines doit être comprise entre 9,5 et 11,5% (ARVALIS, 2012). Ainsi, les lignées **LS18**, **LS22**, **LS16** et **LS17** ont des teneurs plus élevées par rapport à la moyenne.

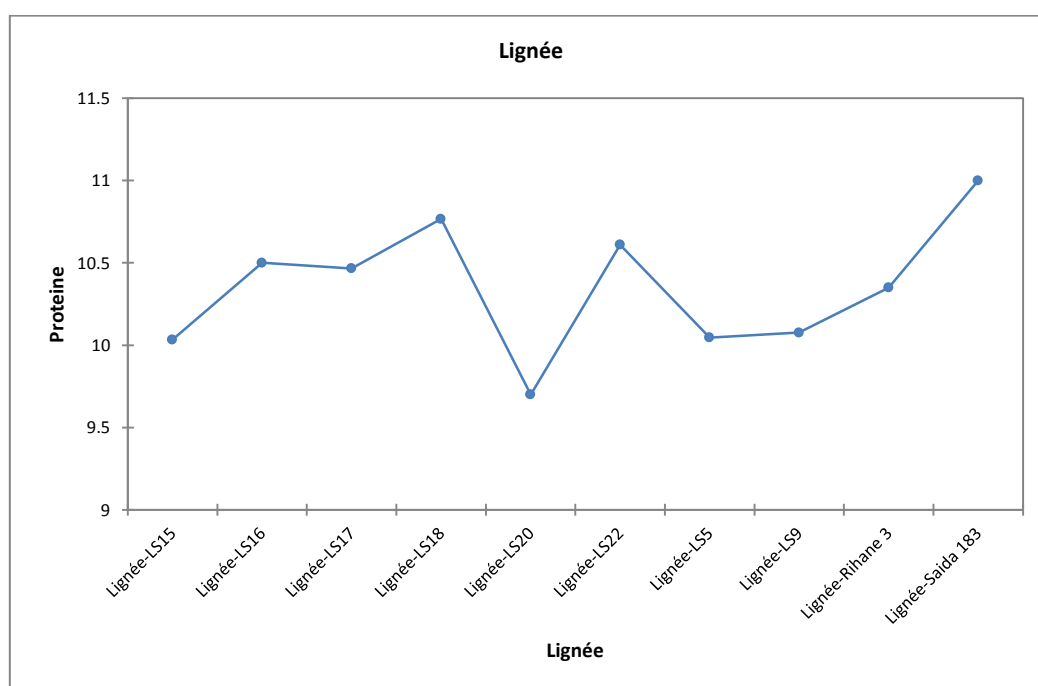


Figure 30 : représentant les valeurs moyennes du taux de protéines durant 3 années d'essai

Le poids à l'hectolitre (Phl) ou poids spécifique (PS) représentant le poids d'un hectolitre de grain peut être relié soit à la densité du grain soit à la taille des grains. Un poids spécifique élevé signifie un rendement en semoule d'orge élevé. La valeur moyenne du poids spécifique des différentes lignées est de  $62,9 \pm 1,37$  et comprise entre 60,9 et 64,7 kg/hl. Les lignées **LS20**, **LS15** et **LS16** présentent les valeurs les plus élevées et supérieures à celles des variétés témoins. Selon la réglementation Algérienne applicable à l'orge entre les producteurs et les organismes stockeurs, le Phl est plafonné de 58 à 62 kg/hl (JORA, 1988). Par conséquent, l'ensemble des lignées font l'objet des bonifications lors des transactions commerciales. Comme pour le blé, la valeur semoulière peut être définie comme étant l'aptitude d'une orge à donner, dans conditions industrielles, un rendement élevé en semoule de pureté

déterminée. La seule mesure correcte de la valeur semoulière est celle qui fait appel à un essai de mouture. Or, cette valeur semoulière est appréciée d'une façon empirique par la détermination du Phl. Pour l'orge fourragère, le Phl minimum est de 61-64 kg/hl (ITCF, 2001). Cependant, les caractéristiques de la qualité de l'orge utilisé comme fourrage sont moins définies (Fox, 2010) ou destinées à la consommation humaine. Le Phl est corrélé négativement à la teneur en protéine, la dureté, en fer et en zinc avec respectivement des coefficients de corrélation (-0,69, -0,61, -0,60 et -0,46) (voir annexe 4).

La dureté est considérée comme l'un des facteurs majeurs qui affectent le procédé de transformation et la qualité de l'orge (BAICK et Ulrich, 2008). Ullrich et al. (2010) rapporte que les variétés d'orges brassicoles sont tendres (moues) ; tandis que les variétés dures ne conviennent pas pour le maltage. L'orge dure est mieux utilisée comme aliment (Māra et Zinta, 2012). La dureté reflète l'état de texture du grain et de la cohésion des particules dans l'albumen. Selon l'état de dureté, les orges sont classées sur une échelle croissante de dureté du faible au fort. Les éleveurs préfèrent les orges de faible dureté comme aliment de bétails. La dureté de l'orge pourrait avoir une grande influence sur le procédé de broyage, sur l'énergie nécessaire pour écraser le grain et sur l'endommagement de l'amidon dans la farine d'orge (Ullrich et al., 2010). Dans notre étude la dureté est expliquée par la mesure du taux des particules fines obtenues par broyage et tamisage standardisés. La valeur moyenne de la dureté est de  $50,9 \pm 1,83$  et varie de 47 et 54,3%. Les lignées LS17, LS18 et LS22 présentant ainsi des valeurs élevées pourraient être utilisées pour la production des farines ou de semoules d'orge.

Le pourcentage des enveloppes (husk pourcentage) des différentes lignées d'orge varie de 15,7 à 17,1% avec une valeur moyenne de  $16,3 \pm 0,45$ . La lignée LS18 présente la valeur la plus faible en comparant avec les autres lignées et la variété Saida (16,3%). Une corrélation positive a été mise en évidence entre la teneur en enveloppe et le poids de mille grains (0,76). La figure 31 représente les résultats obtenus concernant la dureté et le % des enveloppes des grains d'orge.

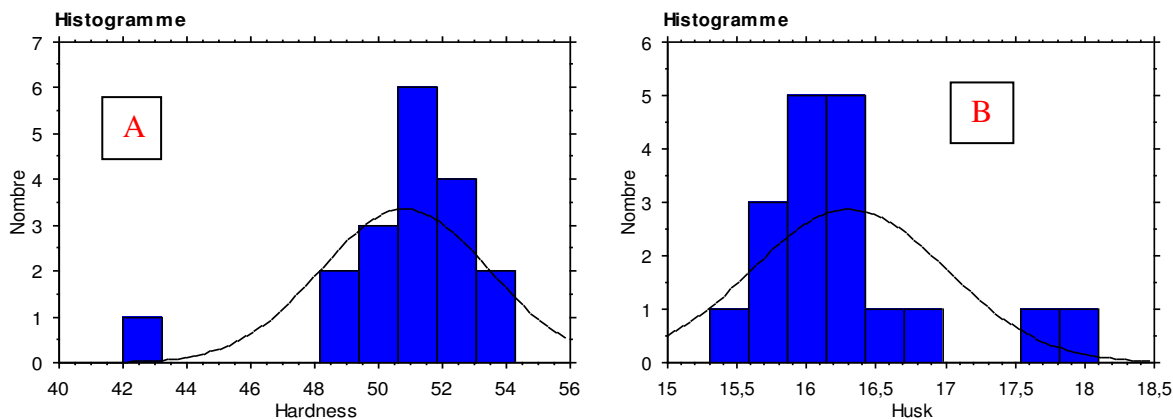


Figure 31 représente l’amplitude des variables mesurées : (A) la dureté (B) le % des enveloppes des grains d’orge

La teneur en cendre varie de 2,24 à 2,61% et présente une corrélation positive avec le poids de mille grains (0,51). Le fer et le zinc entrent essentiellement dans la chaîne alimentaire par les plantes. Ils sont des minéraux essentiels pour une bonne santé humaine (YAN et al., 2013). Dans notre étude la teneur en fer des lignées varie de 20,5 à 41,8 mg/kg tandis que la teneur en zinc varie de 16,8 à 34,9 mg/kg. La lignée LS18 a présenté les valeurs les plus élevées en fer et en zinc (figure 32 et 33). Ces valeurs sont supérieures à celles des variétés témoins. Les teneurs en fer et en zinc sont fortement et positivement corrélées entre elles (0,75). La teneur en fer et en zinc est corrélée positivement avec la teneur en protéine (soit 0,64 et 0,58 respectivement).

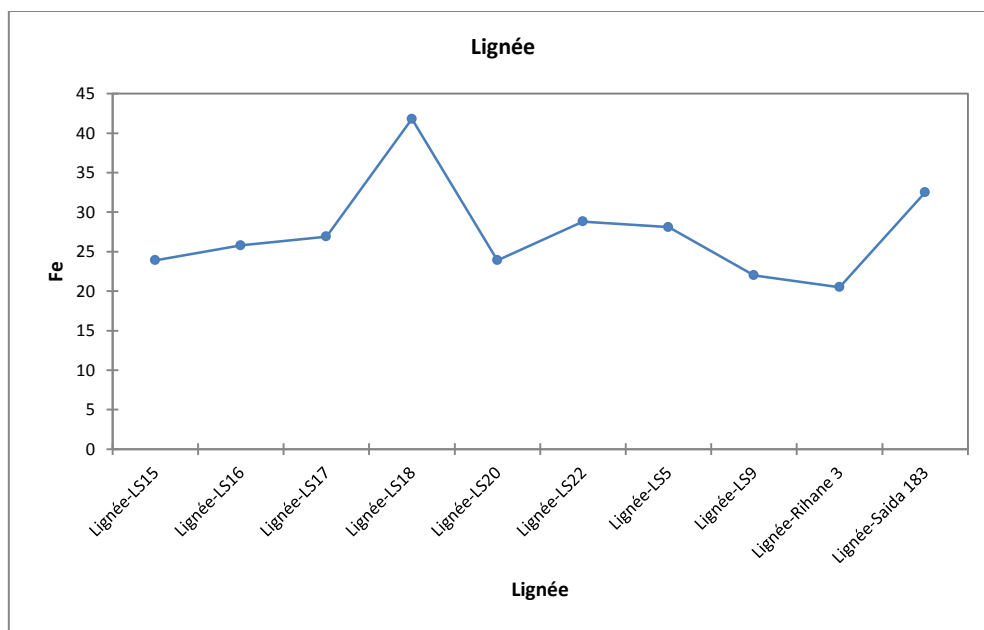


Figure 32 : représente les valeurs moyennes de la teneur en Fer des différentes lignées d’orge

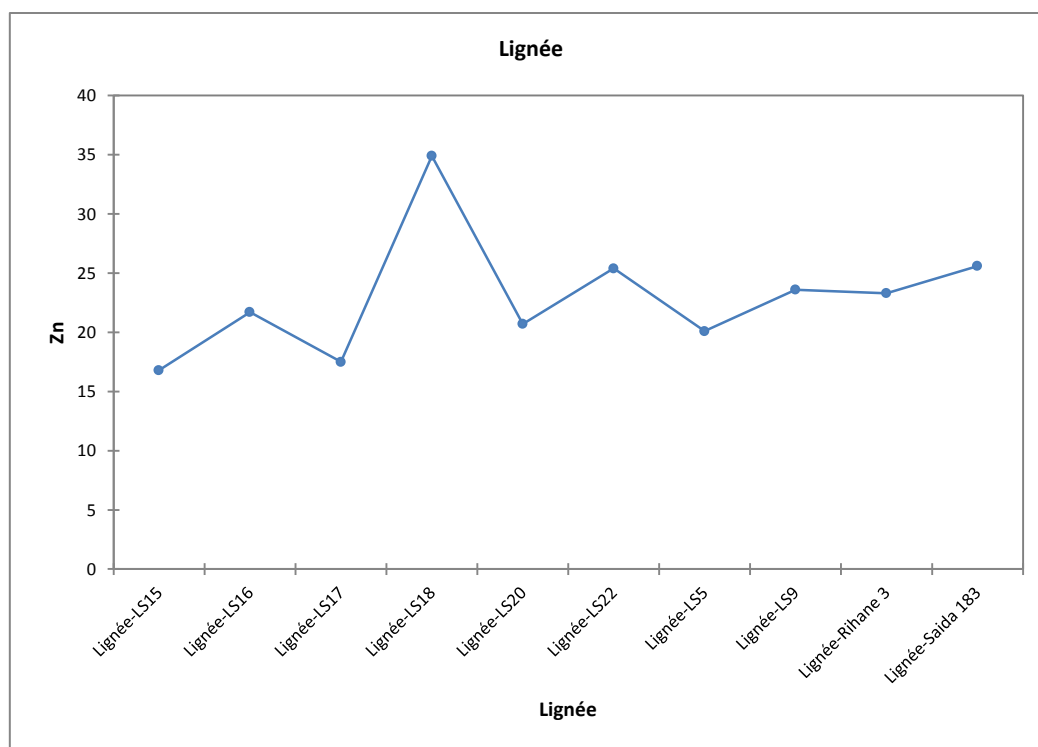


Figure 33 : représente les valeurs moyennes de la teneur en Zinc des différentes lignées d'orge

Dans une sélection au Kazakhstan, la teneur en  $\beta$ -glucane dans le grain d'orge varie de 2,6 à 6,2 % pour l'orge de printemps et de 2,2 à 5,7% pour l'orge d'hivers (Abugalieva et al., 2012). La teneur élevée en fibres suggère que le grain peut avoir un potentiel comme ingrédient dans les aliments qui favorisent la santé (King et al., 2008). La teneur en  $\beta$ -glucane des différentes lignées varie entre 3,9 et 4,5% (figure 34). Ces valeurs sont supérieures aux variétés témoins et sont en accord avec celles précédemment apportées par (Abugalieva et al., 2012). La production des denrées alimentaires à partir de ces lignées peut satisfaire la demande des consommateurs d'aliments nouveaux pour la santé. Plusieurs auteurs ont montré que les fibres alimentaires solubles et les  $\beta$ -glucane sont d'un intérêt particulier pour les consommateurs en raison de leurs effets sur les taux de cholestérol sanguin et de glucose dans le sang (Wu et al., 1994; Bhatta, 1999b). Ainsi, les lignées sélectionnées peuvent être utilisées comme sources de  $\beta$ -glucane dans les produits alimentaires favorisant la santé des consommateurs.

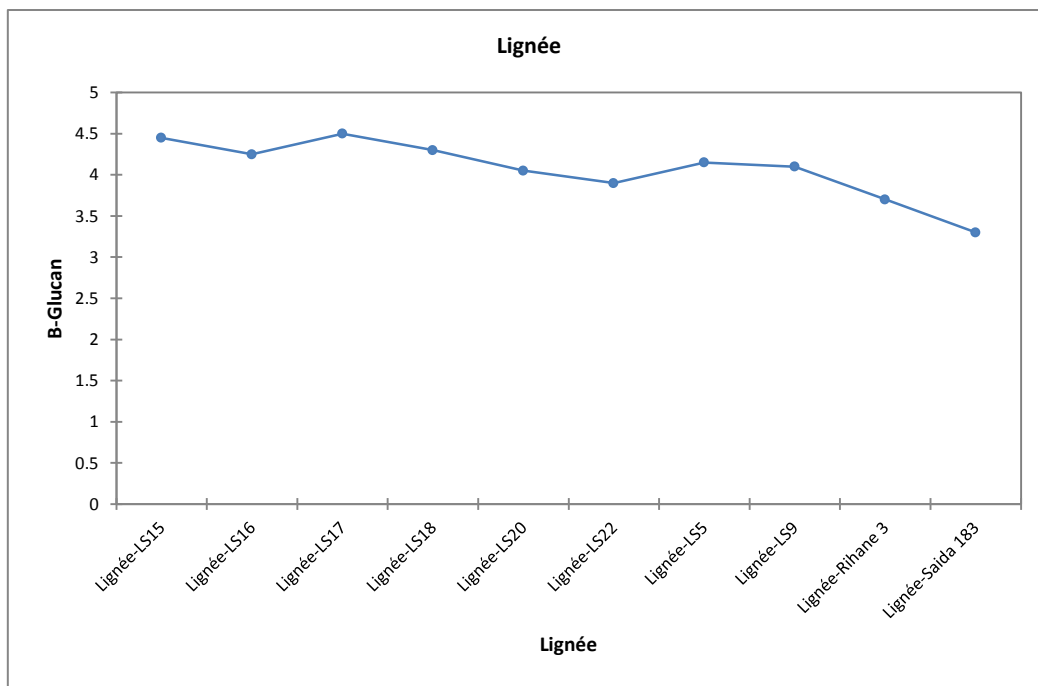


Figure 34 : représente les valeurs moyennes de la teneur en  $\beta$ -glucane des différentes lignées d’orge

La mesure de l’indice de chute Hagberg (activité enzymatique) met en évidence une différence très importante entre les lignées et les variétés témoins. Ainsi, les lignées possèdent des valeurs qui varient de 96 (LS9) à 634 (LS5) secondes avec une valeur moyenne de  $466 \pm 167$  secondes. Les résultats obtenus concernant l’indice de chute sont présentés dans la figure 35.

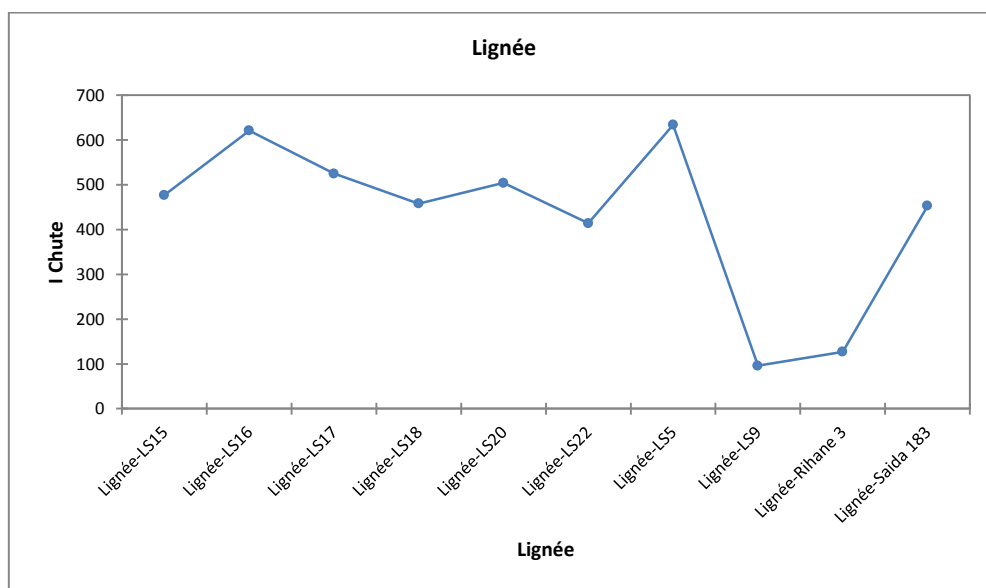


Figure 35 : représente les valeurs moyennes des indices de chute des différentes lignées d’orge

La connaissance de ce potentiel (IC) est donc importante au regard du procédé de développement de la pâte lors d'utilisation de la farine d'orge comme améliorant en panification. L'activité enzymatique évalue la capacité des enzymes de l'orge (alpha et beta amylase) à saccharifier l'amidon du malt lors de la panification et pendant le procédé de brassage.

Le pouvoir de germination (PG) et l'énergie de germination (EG) sont considérés comme des indicateurs de la qualité des semences. Ces dernières favorisent une meilleure santé des cultures et de meilleurs rendements. L'appréciation des résultats se fait selon des normes Internationales ISTA (1975). Le PG et EG des différentes lignées varient respectivement de 84 à 99% et de 42 à 50% (figure 36 et 37). Ainsi, les lignées expriment des valeurs acceptables (>85% limite minimale pour l'orge commerciale) et permettent de produire des plantules et d'obtenir une récolte saine et propre. Ce qui se traduira par une confiance accrue lors du semis. Le pourcentage de germination est un indicateur de la capacité des semences à lever et à produire une plante dans des conditions normales. C'est pourquoi un taux de germination élevé est une spécification technique extrêmement importante des semences (FAO, 2011).

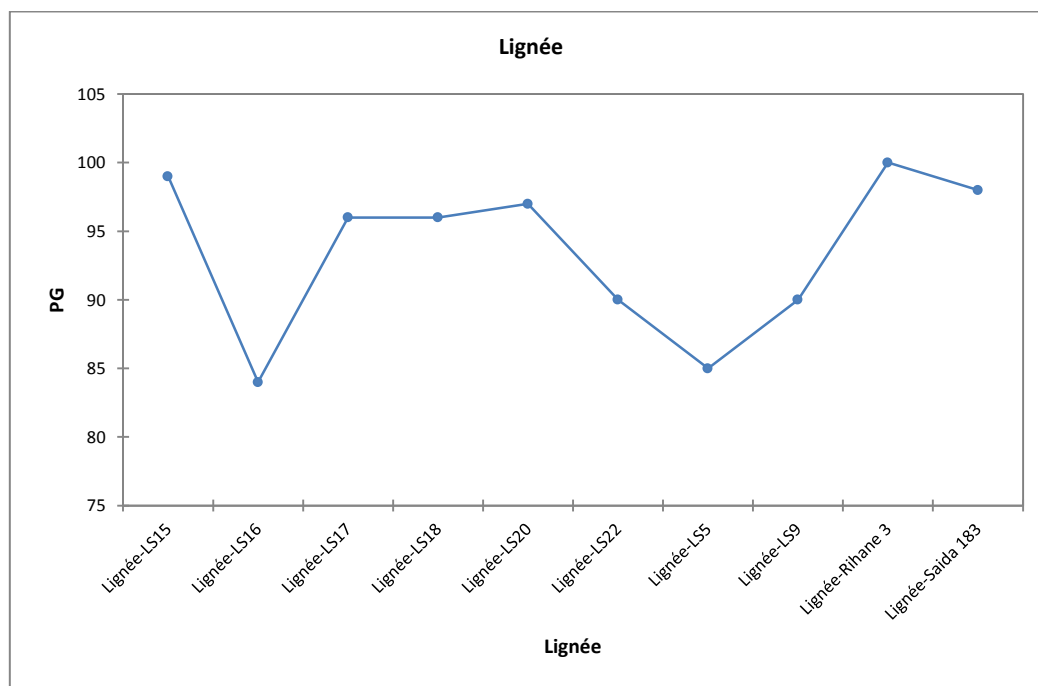


Figure 36 : représente les valeurs moyennes des pouvoirs de germination des différentes lignées d'orge

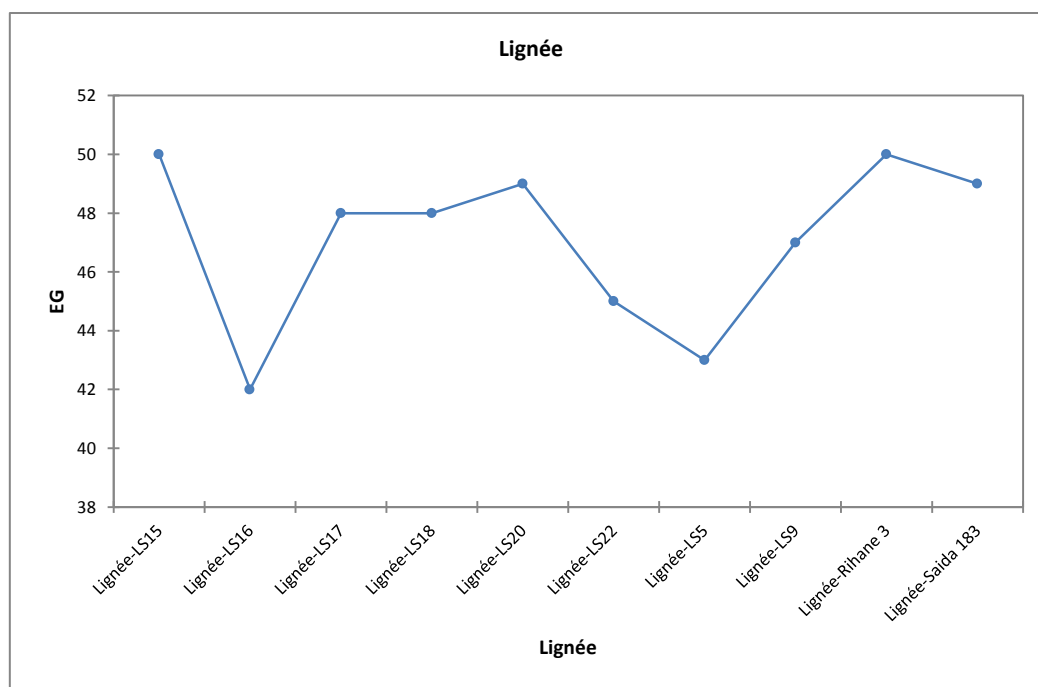


Figure 37 : représente les valeurs moyennes des énergies de germination des différentes lignées d'orge

Concernant les résultats obtenus, les différences observées entre les lignées d'orges sont encore plus faibles que celles observées pour les variétés témoins. Ceci explique pourquoi l'effet variété n'est pas significatif. Cependant il est tout de même intéressant de noter que les lignées ayant comme parent la variété Saïda 183 possèdent les valeurs les importants. L'analyse comparative des résultats montre une évolution positive durant les années. Sur l'ensemble des lignées, les différences des résultats enregistrés entre les lignées par rapport aux variétés témoins peuvent s'expliquer par la constitution génétique, puisque toutes les lignées ont été cultivées dans les mêmes conditions environnements.

En se basant sur les statistiques descriptives qui ont été faites et qui ont permis l'évaluation des différentes moyennes et écart types (tableau 22), on a constaté que l'ensemble des lignés ont présentés presque les mêmes caractéristiques physico chimiques des grains ce qui implique que ces lignées ont été influencé par les mêmes conditions environnementales et les mêmes conditions de culture. Malheureusement, il était difficile de regrouper les lignées en fonction de l'ensemble des analyses effectuées.

Tableau 22 : Comparaison des lignées d'orge par rapport aux deux variétés (Saida 183 et Rihane3)

Lignées	PMG, g	PROTEIN, %	Dureté, %	Calibrage, %	T. enveloppe, %	B- Glucane, %	Zn, mg/kg	Fe, mg/kg	Phl, Kg/hl	TC, %	I.chute, secondes	EG, %	PG, %
Ls5	39,6	10,04	50,55	67,7	15,7	4,15	20,1	28,1	62.43	2.24	634	43	85
Ls9	42,1	10,07	51,35	81,0	16,0	4,1	23,6	22,0	63.34	2.28	96	47	90
Ls15	42,2	10,03	50,1	70,2	16,3	4,45	16,8	23,9	64.61	2.34	477	50	99
LS16	44,7	10,5	47,05	88,0	16,9	4,25	21,7	25,8	64.25	2.48	621	42	84
LS17	45,8	10,46	51,75	67,5	17,1	4,5	17,5	26,9	61.57	2.38	525	48	96
LS18	40,9	10,76	51,70	56,3	15,7	4,3	34,9	41,8	61.35	2.34	458	48	96
LS20	43,0	9,7	51,1	66,2	16,1	4,05	20,7	23,9	64.77	2.61	504	49	97
LS22	43,1	10,61	51,75	73,8	16,3	3,9	25,4	28,8	63.56	2.33	414	45	90
Saida 183	47,6	11,0	54,3	71,9	16,4	3,3	25,6	32,5	60.99	2.48	453	49	98
Rihane3	43,2	10,35	49,9	41,5	16,5	3,7	23,3	20,5	62.58	2.55	127	50	100
moy±sd	43,2±2,3	10,35±0,4	50,9±1,8	68,4±12,7	16,3±0,4	4,1±0,36	22,9±5,1	27,4±6,1	62,9±1,4	2,4±0,12	431±182	47,1±2,8	93,5±5,8
minimum	39,6	9,7	47,05	41,5	15,7	3,3	16,8	20,5	60,9	2,24	96	42	84
maximum	47,6	11	54,3	88	17,1	4,5	34,9	41,8	64,7	2,61	634	50	100

L'analyse de la variance (Tableau 23) a été réalisée sur les huit lignées et les deux variétés locales d'orge, pour toutes les caractéristiques physicochimiques des grains. Cette analyse a mis en évidence un effet « variété » au moins non significatif pour toutes les caractéristiques des grains.

Tableau 23 : Synthèse de la moyenne estimée des grains d'orge des différentes Lignées

	PMG	Protéine	Dureté	Calibrage grains	Envellope	B-Gluc	Fe	Zn	Phl	TC	IC	PG	EG
R <sup>2</sup>	0,094	0,125	0,410	0,214	0,451	0,151	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
F	0,206	0,287	0,619	0,242	0,732	0,158							
Pr > F	<b>0,990</b>	<b>0,970</b>	<b>0,755</b>	<b>0,976</b>	<b>0,676</b>	<b>0,994</b>							
Lignée	0,206	0,287	0,619	0,242	0,732	0,158							
e	0,990	0,970	0,755	0,976	0,676	0,994							

L'analyse de la variance du poids des paramètres physicochimiques ne montre aucune différence significative entre les génotypes étudiés pour les trois années d'essai. Les résultats obtenus à partir de l'étude des huit (08) lignées par rapport aux deux variétés d'orge locales (Saida 183 et Rihane 3) constituent un pas préliminaire et nécessaire pour la compréhension du comportement de la culture de l'orge dans le contexte des zones semi-aride de la région de Sidi Bel-Abbes.

#### **4- 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. Mais la quasi-totalité de la surface emblavée en céréales est conduite en conditions pluviométriques dont les deux tiers sont localisées dans les zones à faible potentialité agroclimatique (zone semi-aride). Toute fois une pluviométrie est conditionnée par l'optimisation des autres facteurs de productions pour s'attendre à une qualité technologique et aux rendements élevés tels que : la préparation du sol, la fertilisation, le désherbage, la densité optimale et le choix de semences (sélection variétale). Le respect de ces recommandations techniques permettra l'augmentation de la production et l'amélioration de la qualité d'utilisation des céréales en générales et des orges en particulier.

Les études ont portés sur huit lignées obtenues par la sélection participative et deux variétés locales (Saida 183 et Rihane3) au niveau de l'ITGC de Sidi Bel-Abbes. Ces lignées retenues constituent une fraction importante de la production de la région, depuis 2010, et elles sont déjà été placées chez les agriculteurs pour leurs multiplications. La qualité technologique dans notre étude concerne la production de la récolte de l'année 2014.

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.

##### **4-1 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 24, les différentes caractéristiques physiques des huit lignées d'orge sélectionnées et les deux variétés locales témoins.

Tableau 24 : Appréciations des caractéristiques physiques des orges de la récolte 2014

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± 0,10	191,3±115,43

Phl : Poids à l'hectolitre, PMG : Poids de 1000 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 de l'orge, est faible par rapport aux céréales d'origine étrangère. Les lignées sont très aptes à être conservées sans causer de problème durant leur stockage. Les résultats de la teneur en eau des différentes lignées étudiées et les deux variétés (Saida 183 et Rihane03) sont représentés sur la figure 38.

Godon et Willm (1997) 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 (45,71gr) et le plus faible pour LS22 (39,34 gr). La détermination du PMG permet de juger les degrés d'échaudage des grains et de pronostiquer le rendement en semoules d'orge. D'après plusieurs études il existe une corrélation positive et significative entre le PMG et le pourcentage de gros grains. Le poids de mille grains doit se faire sur plusieurs campagnes pour avoir une idée précise sur ce critère et de pouvoir juger de la tendance à l'échaudage de chaque lignée. Les résultats obtenus concernant le poids de milles grains des deux variétés ( Saida 183 et Rihane 03 ) et des 08 lignées sont représentés dans la figure 39.

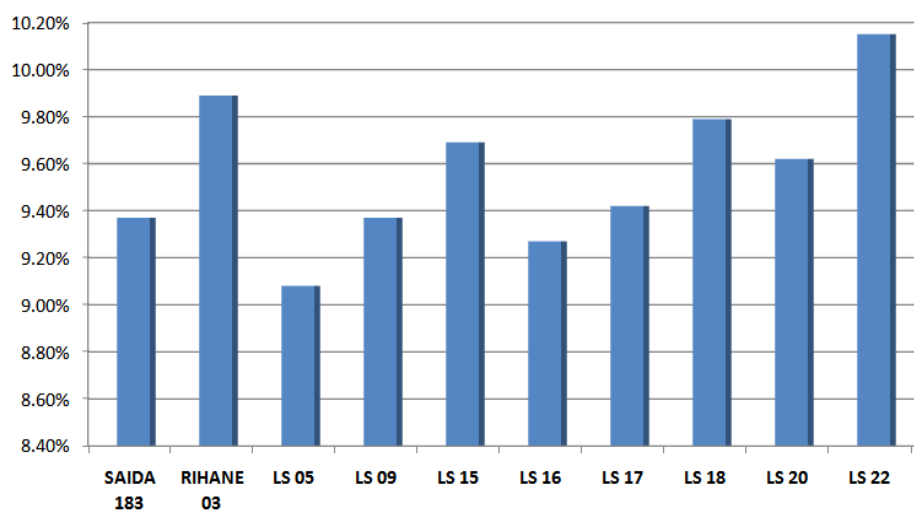


Figure 38 : Résultats concernant le taux d'humidité des deux variétés et 08 lignées d'orge

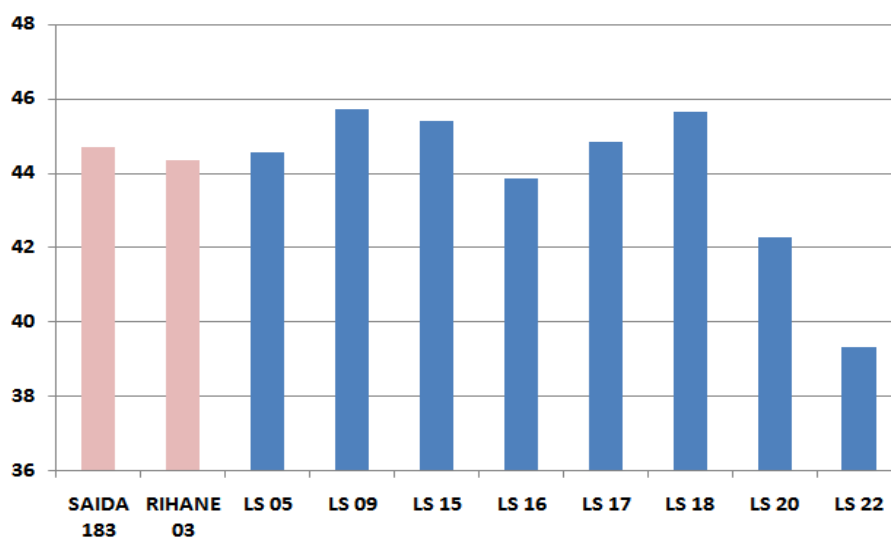


Figure 39 : Résultats du Poids de 1000 grains en (gr) par rapport à la matière sèche des deux variétés et 08 lignées d'orge

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. Les Phl des lignées sont légèrement inférieures à ceux considérés comme références dans les transactions commerciales entre les organismes stockeurs, les industries de transformation et les autres utilisateurs. Un Phl supérieur à 62 kg/hl bénéficie d'une bonification et un Phl inférieur à 58 kg/hl fait l'objet d'une réfraction (DE N°88-152, 1988). Les lignées LS17 et LS22 présentent des Phl acceptables variant de 58 à 62 kg/hl. Les résultats obtenus concernant le poids à l'hectolitre (Phl) ou poids spécifique des deux variétés ( Saida 183 et Rihane 03 ) et des 08 lignées sont représentés la figure 40.

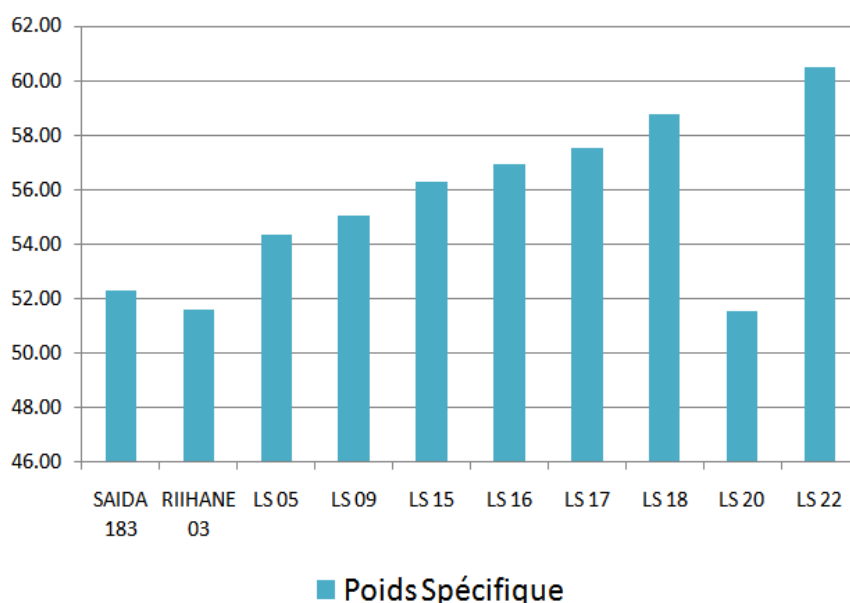


Figure 40 : Résultats du Poids spécifique en Kg/Hl des deux variétés et 08 lignées d'orge

L'influence de la teneur en matières minérales des grains d'orge sur le taux de cendre des semoules est particulièrement importante. La pureté d'une semoule revêt une grande importance sur le plan commerciale et technologique. La teneur en matières minérales est représentée par le taux de cendre (TC) qui permet de contrôler la pureté des produits de mouture. 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 résultats des taux de cendres obtenus pour les deux variétés ( Saida 183 et Rihane 03 ) et des 08 lignées sont représentés dans la figure 41.

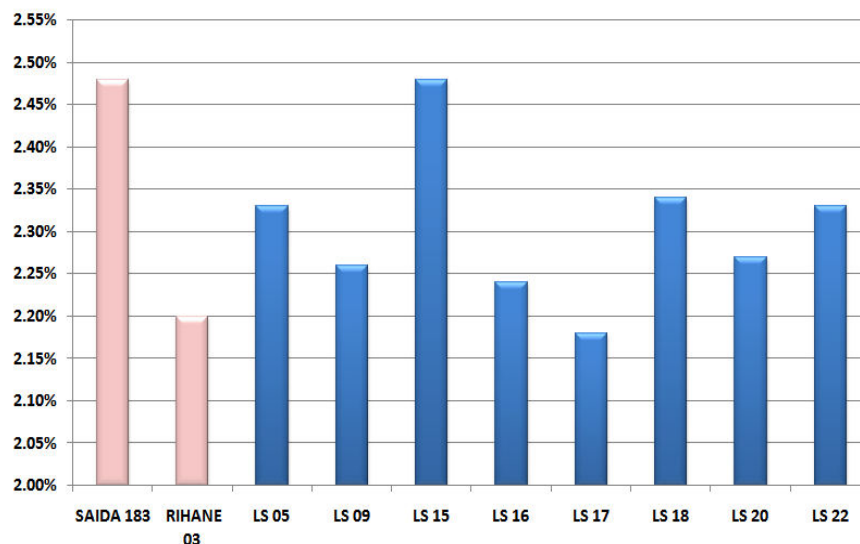


Figure 41: Résultats concernant les taux de cendres des grains des deux variétés et 08 lignées d'orge par rapport à la matière sèche

La manière dont l'amidon insoluble est dégradé en molécules de glucose dans l'albumen des céréales (orge) est connue. Lors de la germination, la dégradation de l'amidon est initiée par les  $\alpha$ -amylases présentes dans l'albumen amylicé (Fincher, 1989). Cette enzyme possède une action endoamylolytique et forme un mélange d'oligosaccharides ramifiés et linéaires qui sont ensuite utilisés par d'autres hydrolases dont les enzymes de débranchement et les exoamylases ( $\beta$ -amylase). L'activité des  $\alpha$ -amylases est mesurée par le temps de chute de Hagberg. Elle augmente lors de la germination sur pied. Ces enzymes participent à la dégradation de l'amidon et pourraient faciliter l'hydrolyse complète de l'amidon. Cependant, la quantité d'amidon chez les grains en cours de germination diminue induisant donc une quantité d'amidon moins importante comme réserve dans le grain. A un temps de chute trop court, on associe une activité enzymatique très élevée. Cela est causé principalement par le phénomène de germination des grains sur épis. Les résultats obtenus présentent des indices de chute plus ou moins différents. Les résultats de l'indice de chute obtenus pour les deux variétés (Saida 183 et Rihane 03) et des 08 lignées sont représentés dans la figure 42.

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  $191,3 \pm 115,5$ . On peut les classer en deux groupes :

- Premier groupe : Saida183, LS05, LS16 et LS17 dont les indices de chute sont très bas, avec respectivement des temps exprimés en secondes de 63, 63, 62 et 70 ;

- Deuxième groupe : Rihane03, LS09, LS15, LS18, LS20 et LS22 ayant, respectivement, des indices supérieurs à la moyenne présentant ainsi une faible activité amylasique par rapport au premier groupe, 256, 241, 327, 275, 213 et 343 secondes.

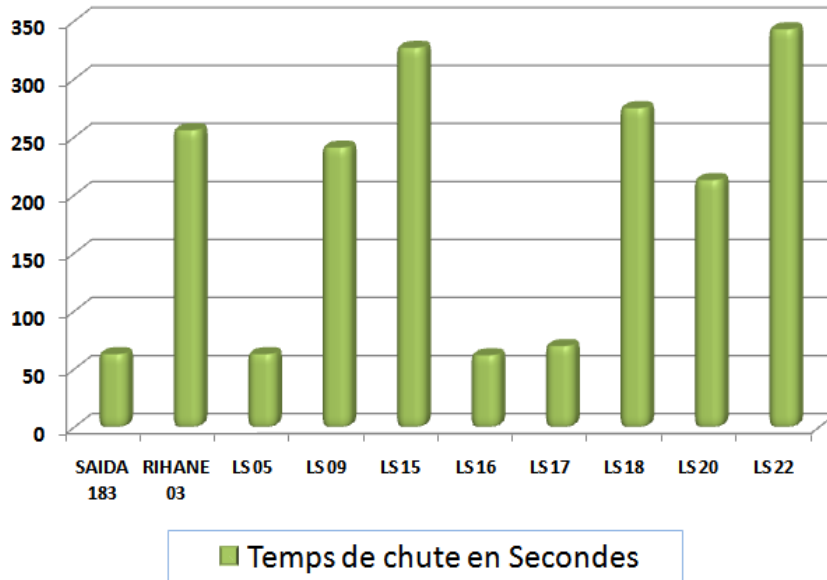


Figure 42: Résultats de l'indice de chute des deux variétés et 08 lignées d'orge

#### 4-2 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. La seule mesure correcte de la valeur semoulière est celle qui fait appel à un essai de mouture. L'opération de mouture a été réalisée traditionnellement sur meule suivie d'une purification de semoules par tamisage manuel. Ce procédé manuel nous a permis de produire le maximum de semoules. Le bilan de mouture quantitatif et qualitatif est présenté dans le tableau 25. Cette technique est d'application très malaisée par suite, d'une part, de la nécessité d'utiliser un moulin de laboratoire et d'autre part, par suite de la durée de cette opération et des conditions de conditionnement (humidification plus temps de repos) des orges.

Tableau 25 : Bilan de mouture expérimentale en % des lignées et des deux variétés d'orge

LIGNEE	Son	Farine	TE S*	S0	S1	S2	S3	TC S1	R
LS05	31,46	2,99	<b>65,55</b>	12,08	<b>44,1</b>	6,69	2,68	1,61	0,69
LS09	20,55	5,56	<b>73,89</b>	15,93	<b>45,59</b>	8,19	4,18	1,92	0,85
LS15	28,97	3,68	<b>67,35</b>	18,99	<b>38,16</b>	6,73	3,47	2,08	0,83
LS16	32,17	3,02	<b>64,81</b>	3,53	<b>49,29</b>	8,85	3,14	1,34	0,58
LS17	28,00	3,35	<b>68,65</b>	2,86	<b>50,06</b>	11,97	3,76	1,91	0,87
LS18	32,18	3,07	<b>64,75</b>	4,96	<b>46,74</b>	9,73	3,32	1,60	0,68
LS20	28,86	2,23	<b>68,91</b>	5,65	<b>45,72</b>	14,07	3,47	1,40	0,62
LS22	35,91	4,38	<b>62,71</b>	3,55	<b>45,27</b>	10,40	3,49	1,49	0,64
Saida	37,48	2,11	<b>60,41</b>	4,59	<b>47,49</b>	10,12	2,80	1,47	0,59
Rihane	22,28	3,72	<b>74,00</b>	8,85	<b>50,88</b>	11,04	3,23	1,30	0,59
Moy±sd	<b>29,8±5,3</b>	<b>3,4±1,01</b>	<b>67,1±4,4</b>	<b>8,1±5,7</b>	<b>46,3±3,6</b>	<b>9,8±2,3</b>	<b>3,3±0,4</b>	<b>1,61±0,2</b>	<b>0,69±0,11</b>
Max	37,48	5,56	<b>74,00</b>	18,99	<b>50,88</b>	14,07	4,18	2,08	0,87
Min	20,55	2,11	<b>60,41</b>	2,86	<b>38,16</b>	6,69	2,68	1,30	0,58

- Les différentes fractions issues après tamisage du mélange de la semoule extraite :

- La semoule **S<sub>0</sub>** dont les particules sont assez grosses > 1250µm.
- La semoule **S<sub>1</sub>** dont la taille des grains est > 400 µm.
- La semoule **S<sub>2</sub>** dont la taille des grains est > 355 µm et < 400 µm.
- La semoule **S<sub>3</sub>** dont la taille des grains est > 250 µm et < 355 µm.
- La farine dont la taille des particules est < 250 µm.
- TC : taux de cendre de la semoule S1
- R : rapport TC S1/TC grains d'orge

On apprécie la valeur semoulière de façon empirique par la détermination du poids à l'hectolitre. En effet un parallélisme existe entre ce Phl et le taux d'extraction des semoules. Toute fois il faut remarquer que cette méthode reste courante aussi bien dans les négociations des prix de cession des céréales lors des transactions commerciales, que dans les unités de production de semoules. Pour l'ensemble des lignées d'orge, on observe des différences dans le taux d'extraction des semoules.

Les rendements semouliers (TE) des deux variétés et 08 lignées d'orge enregistrés sont satisfaisants et peuvent être considéré comme bon 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  $67,1 \pm 4,4$  %. D'une manière générale, nous constatons qu'il n'y a pas une grande variation dans le rendement semoulier (TE) des dix lignées ni dans la distribution des quantités des différents types de semoules extraites. La granulation la plus importante du point de vue quantitatif est celle supérieure à  $400 \mu\text{m}$  (comprise entre 1000 et  $400 \mu\text{m}$ ). 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  $3,4 \pm 1,01$ . La teneur en cendre est une caractéristique de pureté de semoule. Elle varie en fonction du taux de cendre des orges, des techniques de production et les facteurs intrinsèques de la valeur semoulière. Le TC affecte négativement l'apparence des semoules, du couscous et celles des pâtes alimentaires (Troccoli et al., 2000). 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 ( $R = \text{TC semoules} / \text{TC grains}$ ), qui doit être inférieur à 0,5% (Guezlane, 1979).

Dans notre cas, seules les deux variétés et la lignée LS16, ont un rapport respectivement 0,59 et 0,58 légèrement supérieur à 0,50. L'ensemble des lignées présentent le plus grand rapport car les teneurs en cendres des semoules sont légèrement supérieures aux deux variétés. Abecassis (1993), précise que la seule connaissance des taux de cendre ne permet pas de définir de manière très précise la pureté d'un produit de mouture. Pour que le taux de cendre puisse être un marqueur absolu de pureté, il faut aussi que la répartition des matières minérales à l'intérieur du grain soit la même pour tous les grains. La détermination de la teneur en cellulose pourrait être un excellent marqueur de pureté mais malheureusement les teneurs mesurées sont très faibles et les méthodes utilisées sont moins précises.

### 4-3 Les caractéristiques physicochimiques des semoules (S<sub>1</sub>) d'orge.

L'appréciation indirecte par analogie aux pâtes alimentaires, est liée à la qualité de la semoule utilisée dans la préparation du couscous. 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.

#### 4-3-1 Essai de granulation de la semoule S<sub>1</sub>

L'analyse granulométrique des semoules est déterminée selon la méthode préconisée par Calvel (1984). Elle consiste en un tamisage automatique de cent gramme de semoule sur une série de tamis d'ouverture (1000, 800 et 400 $\mu$ m) dans un tamiseur de laboratoire « Rotachoc » pendant cinq minutes. 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 26 que toutes les semoules S<sub>1</sub> présentent plus de 76 % des particules de dimension ( $\geq 800 \mu$ m).

Selon les normes du codex pour le couscous (Codex standard 202-1995), les proportions des semoules de blé dur dans le mélange destiné à l'obtention du couscous sont de l'ordre de:

- 20 à 30% pour la semoule fine (130-183 $\mu$ m)
- 70 à 80% pour la semoule grosse (475-700 $\mu$ m)

Les résultats de cet essai sont exprimés en pourcentage pour chaque refus de tamis et extraction du dernier. L'étude comparative de la granulation de la semoule S<sub>1</sub> des différentes lignées d'orge, montre qu'il n'y a pas de grandes différences entre elles. Cela peut être expliqué par le procédé et les conditions de moture qui sont presque identiques. Les fractions les plus importantes étant respectivement celles du refus du tamis de 800  $\mu$ m et de 450  $\mu$ m. les valeurs moyennes respectivement des refus sont de 83,98 $\pm$ 6,36 et 12,46 $\pm$ 5,92. Selon ces valeurs on peut admettre que les semoules S<sub>1</sub> des différentes lignées sont homogènes sur le plan granulométrique. Ces résultats coïncident avec les normes du Codex concernant la fabrication du couscous.

Tableau 26 : Granulation de la semoule S<sub>1</sub> 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

#### 4-3-2 la détermination de la teneur en protéines des semoules d'orge

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). Cette détermination est toujours spécifiée dans les contrats compte tenu des relations qui existent entre la teneur en protéines et la valeur d'utilisation des variétés. Ce paramètre est pris en considération lors de la sélection des céréales (orges). Par la multiplication des expériences, on constate que la teneur en protéines d'une semoule n'est pas nécessairement en corrélation avec la qualité de la pâte alimentaire (couscous) et l'on a pu observer que le type de protéine pouvait déployer un rôle important (Matsuo et Irvine, 1970). Abecassis et Feillet (1976) pensent que la qualité des pâtes alimentaires dépend au moins pour un tiers du type de protéines et de deux tiers de la quantité. Les résultats déterminés dans cette étude, tableau 27, 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.

Tableau 27 : 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

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 après 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.

#### **4-4 Appréciation de la qualité couscoussière**

##### **4-4-1 la valeur couscoussière**

La valeur couscoussière traduit l'aptitude d'une semoule à donner, dans des conditions déterminées, un couscous de bonne qualité. On peut définir une bonne valeur couscoussière comme la possibilité pour une semoule de donner un couscous de granulométrie régulière et homogène, à l'état sec, il doit être de couleur jaune ambré (couscous de blé dur), possédant une capacité d'hydratation d'eau suffisante et qui après cuisson ses grains doivent rester bien individualiser sans se déliter ni coller entre eux (Guezlane et Abecassis, 1991). Le simple énoncé de cette définition donne déjà une idée sur la multiplication et de la complexité des facteurs qui interviennent. Il faut également signaler qu'il s'agit d'une notion qui est susceptible de varier, d'une part d'une région à l'autre et d'autre part du mode de fabrication du couscous, qu'il soit artisanal ou industriel et enfin des matières premières utilisées dans sa préparation (semoule de blé dur ou de l'orge). Le couscous est aliment dont la consommation a largement dépassée 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.

##### **4-4-2 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 nome 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 28.

Généralement le couscous de fabrication artisanal est mieux apprécié par le consommateur que le couscous industriel. La plus forte utilisation du couscous industriel se fait au niveau de la restauration des collectivités mais elle donne lieu à d'énormes pertes et gaspillages (Guezlane et al., 1986).

Tableau 28 : 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 $\pm$ sd	423,13 $\pm$ 96,30	315 $\pm$ 105,54	347,17 $\pm$ 95,08	81,50 $\pm$ 7,7
Minimum	260,63	200	178,12	68,34
Maximum	585,15	500	512,31	88,43

Le procédé d'agglomération de la graine de couscous est encore aujourd'hui considéré comme un art (bien maîtrisé à l'échelle domestique) plutôt que comme une science comme en témoigne le degré d'empirisme avec lequel il est conduit au niveau industriel (Abecassis et al., 2012). Le manque de maîtrise de cette opération est à l'origine d'un flux de recyclage important dans le circuit de fabrication du couscous.

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 $\pm$ 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.

#### 4-4-3 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 parti intégrante de nos

habitudes alimentaires. La distribution granulométrique du couscous permet d'apprécier le comportement de celle-ci lors de l'hydratation (quantité d'eau absorbée et vitesse d'hydratation) (Feillet, 2000). Pour évaluer la granulométrie des particules de couscous, on dispose actuellement d'un système de tamisage. Ce dernier peut être défini comme une opération de classement dimensionnel des grains de formes et dimensions variées par tamisage sur des surfaces perforées (tamis) qui laissent passer des grains de dimensions inférieures aux ouvertures de maille des tamis, tandis que les grains de dimensions supérieures sont retenus (Blanc, 1985). La granulation du couscous est influencée par le choix des tamis de fabrication lors du roulage, le tamisage et par la granulation de la semoule utilisée. 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 29. La distribution granulométrique des couscous fabriqués montre l'existence d'une similitude entre les deux variétés et les 08 lignées. Cette dernière est due essentiellement aux conditions de fabrication des couscous, aux caractéristiques granulométriques de la semoule utilisée comme matières premières et à l'aptitude des grains constituant ces derniers à grossir et à développer leur tailles qui sont presque identiques.

Tableau 29 : 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 malgré que les conditions

de préparation et la granulation de la semoule utilisée sont presque identiques. La fraction la plus importante se situe entre les refus des tamis de 1250 et 1120  $\mu\text{m}$  d'ouverture. Nous constatons que la variété Saida 183 et les lignées LS15, LS20 et LS17 se caractérisent par une fraction grosse plus importante par rapport aux autres couscous. La composition granulométrique du couscous Rihane03 se rapproche fortement à celles des lignées LS05, LS09, LS16, LS18 et LS22 avec des proportions presque égales réparties dans les deux fractions des refus des tamis 1250 et 1120  $\mu\text{m}$ . 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  $65,83 \pm 12,28$  et  $20,32 \pm 6,59$ . 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). Cette distribution granulométrique des couscous est en corrélation avec la granulométrie de la semoule impliquée dans la fabrication. Cette variation de la dispersion granulométrique des couscous est due généralement à l'opération de roulage durant la préparation. L'uniformité des grains de couscous est très importante pour une bonne hydratation (homogène). La granulation du couscous est un paramètre important pour évaluer le processus de fabrication et pour satisfaire le consommateur. Elle doit être uniforme car le consommateur apprécie la régularité et l'homogénéité de la taille des grains de couscous.

## **5- L'appréciation de la qualité culinaire des couscous**

Les principaux facteurs d'appréciation d'un couscous sont : l'indice de gonflement (IG), l'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 de 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 Yamlaoui 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 la qualité culinaire du couscous. Le phénomène de gonflement résulte de l'absorption d'eau par des

constituants de semoule. L'indice de gonflement du couscous a été mesuré sur un produit cuit car ce dernier sera d'autant plus apprécié que son hydratation est plus élevée durant la consommation. L'évolution de l'IG du couscous cuit pour chaque lignée en fonction du temps est représentée dans la figure 43.

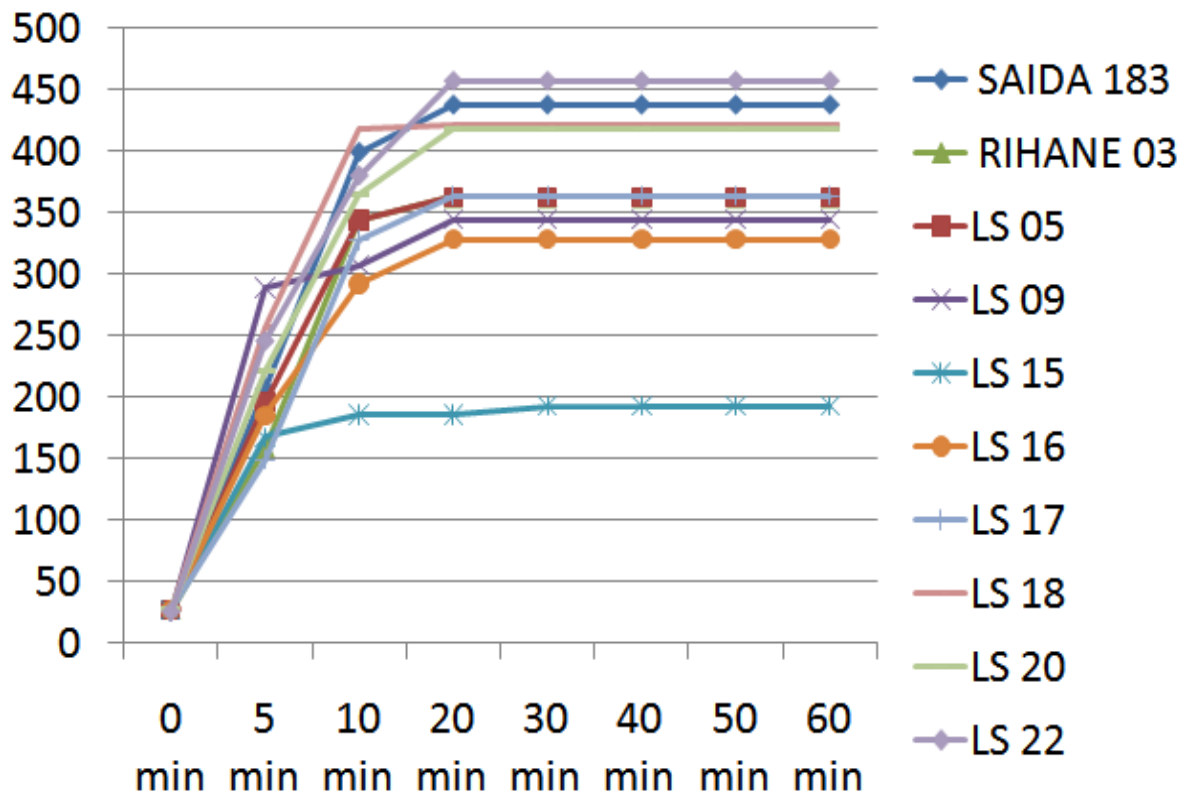


Figure 43: Indice de gonflement (IG) en % des couscous des deux variétés et 08 lignées d'orge

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, d'une part de constater que l'ensemble des lignées et les deux variétés atteignent leurs maximums de gonflement après vingt minutes et d'autre part on peut distinguer trois groupes de couscous :

Groupe 1 : Il regroupe les couscous issus des lignées LS20, LS18, LS22 et la variété Saida 183 présentant respectivement des valeurs maximales d'IG de 417.86%, 421.43%, 457.69% et 438.46% ;

- Groupe 2 : Il regroupe les couscous issus des lignées LS16, LS09, LS05, LS17 et la variété Rihane 03, dont les valeurs maximales des IG sont respectivement 238.57%, 344.44%, 362.96%, 364.29% et 362.93% ;

- Groupe 3 : Regroupe le couscous issu de la lignée LS15 avec un IG maximal de 192.86 % le plus faible après dix minutes. La lignée LS15 présente le taux de protéine le plus faible parmi l'ensemble des échantillons étudiés.

Les valeurs élevées des IG peuvent être expliquées par les taux élevés des protéines des 08 lignées et des deux variétés, par le degré de gélatinisation de l'amidon et par la présence de l'amidon endommagé, facteurs qui peuvent affecter le taux d'absorption d'eau. Pour Feillet (2000), les protéines ont la capacité de l'absorption d'eau de 1.5 à 2 fois leur masse. Endommagé, les granules d'amidon fixent de l'eau, gonflent et subissent une hydrolyse partielle par l' $\alpha$ -amylase, il peut y avoir libération de dextrans et apparition d'une pâte collante, en particulier lorsque la teneur en  $\alpha$ -amylase est élevée (Feillet 2000). L'intensité de gélatinisation d'amidon est proportionnelle au volume d'eau, la température et la durée de traitement.

Debbouz et Donnelly (1996) confirment que la quantité d'eau absorbée augmente avec le degré de gélatinisation de l'amidon. L'amidon de l'orge est constitué de deux types de granules d'amidon, des granules de Type-A dont la température de gélatinisation est de 61-62°C et les granules de Type-B dont la température de gélatinisation de 75-80°C, ce qui explique la courte durée que les deux variétés et les 08 lignées ont mis pour atteindre le maximum de gonflement. La capacité d'absorption d'eau peut être influencée par l'existence de l'amidon endommagé (Godon et Willm, 1991). En effet ce dernier peut absorber de 2 à 4 fois sa masse en eau alors que l'amidon natif n'en absorbe que 0,4 fois (Dubat, 2004). L'existence du  $\beta$ -glucane en grande quantité dans les parois des cellules de l'endosperme des grains d'orge peut aussi influencer le taux d'absorption d'eau des pâtes alimentaires (Hajji et al., 2014).

## **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 2500 $\mu$ m d'ouverture de maille. Cette analyse permet de mesurer l'état d'agrégation du couscous cuit qui se traduit par une augmentation du diamètre des particules durant la cuisson.

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 44. 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

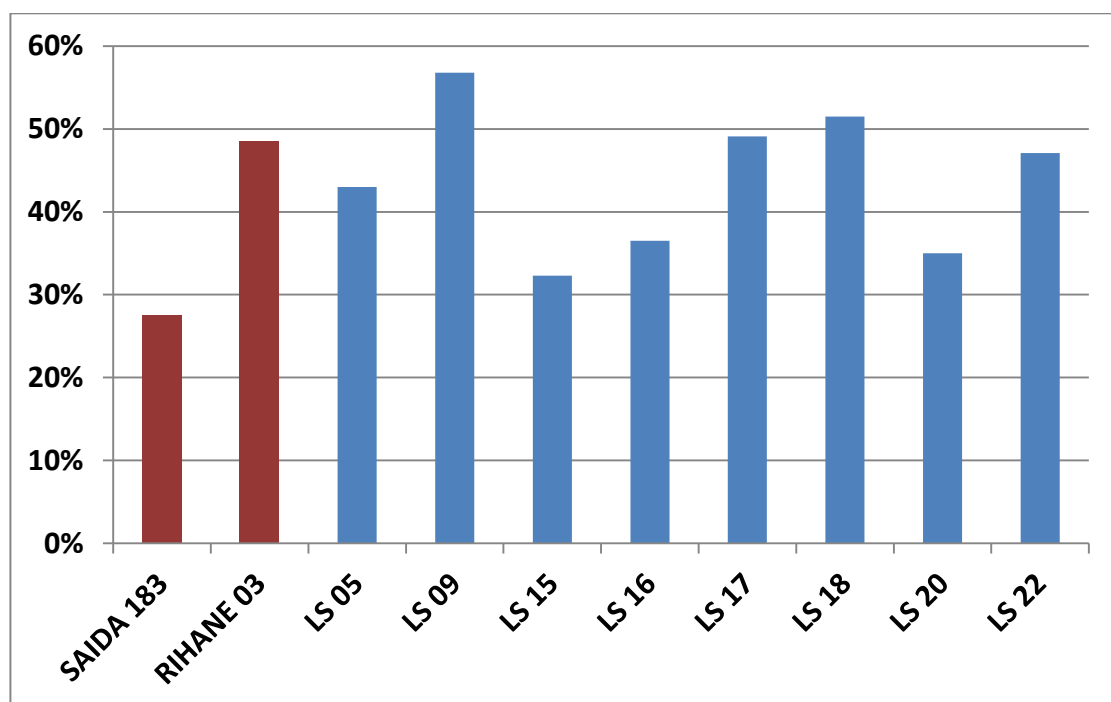


Figure 44: Indice de prise de masse (IPMC) en % des couscous des deux variétés et 08 lignées d'orge

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  $42,73 \pm 9,41$ .

La comparaisin des IPMC permet de classer les couscous en deux groupes par rapport à la valeur moyenne:

- Groupe 1 : Il regroupe les couscous ayant un IPMC supérieurs à 42,73% dont la variété RIHANE 03 et les lignées LS05, LS22, LS17, LS18 et LS09 présentant respectivement 48.50% , 43%, 47.10%, 49.10%, 51.50% et 56.80%.

- Groupe 2 : regroupe les couscous ayant un IPMC inférieurs à 42,73% dont la variété SAIDA 183 et les lignées LS15, LS20 et LS16 présentant respectivement 32.30%, 35% et 36.50%.

La comparaison des valeurs moyennes obtenues avec les produits analysés fait ressortir que dans des conditions opératoires, ce sont les couscous dont le diamètre est plus grand qui se trouvent avantagés et obtiennent des valeurs de l'IPMC plus faible.

L'aspect collant du couscous est fortement corrélé à la quantité des composants solubles de l'amidon notamment l'amylose qui se diffuse lors de la cuisson vers la surface des couscous. Selon Godon et Willm (1991), l'amidon endommagé est corrélé positivement avec les pertes de cuisson et du collant. Selon ces auteurs, l'amidon endommagé a tendance à augmenter avec les grains qualifiés de dur tel que l'orge ce qui mène à une nette augmentation de la capacité d'absorption d'eau jusqu'à un certain seuil au-delà duquel la pâte (couscous) devient collante.

### **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 30 ci-dessous. Les notes sont attribuées de 1 à 9 et croissent avec la meilleure qualité par un ensemble de jury de six personnes.

La qualité culinaire de couscous est appréciée par son degré de désintégration et sa résistance à la cuisson qui est reflétée par la surface du couscous qui devrait être non collant. Le collant se traduit par un éclatement des granules d'amidon au cours de la cuisson des couscous et par diffusion de ses constituants à leurs surfaces. Cet aspect est directement lié à la teneur en protéines des semoules d'une part et à leurs qualités d'autre part.

Tableau 30 : Moyenne des notes des différents critères utilisés lors de la dégustation des

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	

couscous attribuées aux des deux variétés et 08 lignées d'orge

\*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

Les résultats, de l'analyse sensorielle, montrent que les notes moyennes pour le couscous issu de la variété Saida 183 sont nettement meilleures que l'ensemble des produits qui restent. Il est le moins collant et le plus ferme avec l'aspect des grains le plus régulier avec une couleur acceptable. Ces trois premiers paramètres sont fortement liés entre eux, un couscous ferme est moins collant et plus facile à démotter (Guezlane et Abecassis, 1991).

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 :  $4,86 \pm 0,58$  ; le collant :  $4,63 \pm 1,26$  ; le démottage qui

caractérise la régularité des couscous :  $6,38 \pm 0,73$ , la couleur :  $5,19 \pm 1,0$  et la somme des moyenne :  $21,37 \pm 2,54$

- Pour le collant, c'est la lignée LS09 qui a été jugé la plus collante.
- Pour la couleur, c'est la LS17 qui a été jugé la plus claire et la LS09 qui est la plus sombre. La couleur brune du couscous d'orge est due à l'existence des polyphénols et des piqures de son.
- Pour la fermeté, c'est la LS22 qui a enregistré la moyenne des notes la plus basse, il est donc selon les dégustateurs le moins ferme.

Le calcul de la somme des moyennes des différents critères obtenue pour chaque couscous nous a permis le classement par ordre décroissant (Tableau 30). 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.

Dans l'état actuel de nos connaissances, les essais de dégustation du couscous d'orge constituent l'unique critère déterminant pour apprécier la qualité du produit. Les essais de dégustation du couscous doivent porter sur le produit après cuisson.

## 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 31.

Tableau 31 : les caractéristiques de la semoule S1 et les caractéristiques du couscous d'orge

LIGNEES	GS1, %	TP, %	IG	IPMC	Dém	Col	Ferm
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

On peut distinguer trois types de variables :

- Les variables représentant les caractéristiques physicochimiques de la semoule
  - Granulation de la semoule utilisée pour préparer le couscous (GS<sub>1</sub>) ;
  - La teneur en protéines de la semoule (TP)
- Les variables représentant les analyses instrumentales
  - Indice de gonflement du couscous cuit (IG) ;
  - Indice de prise en masse du couscous cuit (IPMC)
- Les variables représentant les analyses sensorielles
  - Fermeté (Ferm.)
  - Collant (Col.)
  - Démottage (Dém.)

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 32).

Tableau 32 : 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)

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

Il ressort que le degré de liaison entre les variables analysées est non significatif, puisqu'un couscous ferme est moins collant et plus facile à démotter. Ces corrélations observées sont en fait peu comparable à ceux rencontrées dans la littérature (Guezlane et Abecassis, 1991).

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.

### **7-Utilisation du test de coloration pour la vérification variétale**

L'un des principaux problèmes qui se pose depuis la production jusqu'à l'utilisation des céréales est celui de la qualité technologique des lots. Les méthodes d'appréciation utilisées à ce niveau doivent évidemment donner les informations les plus représentatives possibles pour prédire la qualité du produit fini.

Plusieurs travaux ont tentés de contribuer à la reconnaissance des variétés. On sait, par exemple, qu'une détermination est possible d'après certains caractères botaniques de la plante ou de la plantule ainsi que d'après le comportement de la plante à des traitements chimiques ou par certains fongicides (Auran, 1975). Mais ces caractères sont à exclure dans la cas de production qui, comme les céréales, sont commercialisées sous forme de grains. Des méthodes simples ont été décrites ; couleur et morphologie du grain, poids de mille grains et coloration par l'acide phénique ou l'acide sulfurique (Dessacs, 1997). Mais il s'agit de tests peu discriminant car ils permettent de distinguer des classes et non des variétés uniques.

Par conséquent pour palier aux inconvénients signalés, il semble actuellement inévitable de faire appel à des propriétés biochimiques et physicochimiques de certains constituants du grain et tout particulièrement les protéines. On sait par ailleurs, que les protéines sont des produits directs de la traduction et de la transcription des gènes et peuvent être considérés comme marqueurs de ces gènes. L'étude fine des protéines est donc susceptible de fournir des informations sur l'identité d'un produit. Ces informations peuvent être déterminées par des techniques de séparation telles que l'électrophorèse.

Les diagrammes électrophorétique constituent des cartes d'identité des échantillons analysés à partir des variétés. Cependant, la catégorie de protéines dont les diagrammes électrophorétique présentent, chez l'orge, le polymorphisme variétale le plus élevé, demeure à l'heure actuelle celle des hordéines (gliadines chez le blé dur).

En sélection participative, ce ne sont plus des variétés fixées et totalement homogènes qui sont mises à disposition des agriculteurs mais des populations de semences hétérogènes, issues de croisements ou de mélanges. A partir de cette grande variabilité génétique, les agriculteurs vont pouvoir sélectionner des variétés adaptées à leur milieu, leurs besoins et leurs attentes.

Nous essayons dans notre étude de vérifier la pureté variétale de toutes les lignées et des deux variétés par coloration du grain d'orge (caryopse) à l'acide sulfurique à 50% pour déterminer des classes d'orge (Dessacs, 1997).

A l'échelle industriel pour la production du malt, cette reconnaissance de classes d'orge par l'examen des caractères morphologiques du grain à deux intérêts principaux par rapport à l'utilisation de l'orge en meunerie :

- Les variétés d'orge n'ont pas toutes la même faculté à être transformées en malt de qualité ;
- Les malteurs recherchent des lots de qualité homogène, notamment au niveau de la germination et de la taille des grains.

Les résultats obtenus concernant les caractères morphologiques par coloration des grains d'orge des différentes lignées et des deux variétés (caryopse colorés par l'acide sulfurique) sont présentées dans la figure 45 (voir annexe 5).

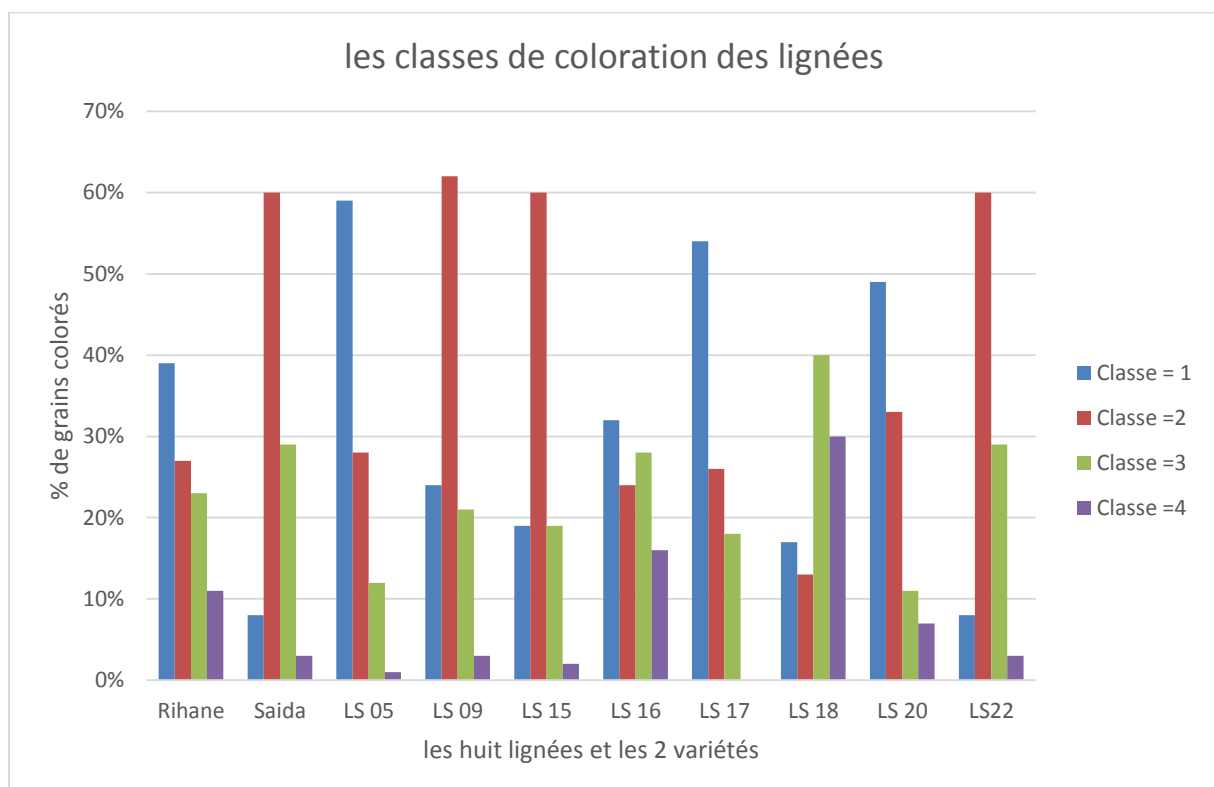


Figure 45 : Les résultats moyens relatifs à la vérification variétale des deux variétés et 08 lignées d'orge.

D'après les résultats obtenus, on remarque que l'ensemble des lignées d'orge étudiées sont constituées d'un mélange de populations de grains hétérogènes ainsi que les deux variétés. Les classes 1 et 2 qui correspondent aux couleurs blanc jaunâtre et jaune grisâtre sont les plus importantes. On peut estimer que la variété Saida 183, les lignées LS09, LS15, LS17 et LS22 sont purifiées respectivement à 60%, 60%, 62%, 54% et 60%. La plus part des lignées sont issues de croisement à partir de la variété Saida 183. Cette dernière ainsi que la variété Rihane 03 sont constituées de mélanges et forment des populations hétérogènes malgré qu'elles sont classées comme variétés et enregistrés dans le catalogue national.

## CONCLUSION GENERALE

L'objectif principal de cette étude est de définir les paramètres physico-chimiques et technologiques de huit lignées d'orge issues du PBB et cultivées pendant trois années successives en comparaison avec deux variétés locales (Saida 183 et Rihane 03). Le présent travail se situe dans le cadre du projet PBB initié par l'ICARDA et l'INRA. Il s'inscrit dans la thématique d'adoption de nouvelles lignées qui offrent une haute qualité. 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. Les lignées ayant un parent la variété Saida ont donné des résultats intéressants et suivent l'identification faite par les agriculteurs. Ceccareli et al. (2001) précise que la coïncidence, entre les entrées sélectionnées par les éleveurs et les agriculteurs, était très élevée au Maroc mais très faible en Tunisie et en Syrie.

L'analyse comparative des résultats montre une évolution positive durant les années d'essai. Sur l'ensemble des lignées, les différences des résultats enregistrés entre les lignées par rapport aux variétés témoins peuvent s'expliquer par la constitution génétique, puisque toutes les lignées ont été cultivées dans les mêmes conditions environnements. Malheureusement, il était difficile de regrouper les lignées en fonction de l'ensemble des analyses effectuées. Il faut signaler que les lignées LS5, LS9 et LS16 ont présenté une dureté élevée expliquée par un faible taux d'extraction de farine. Les autres lignées conviennent très bien pour la production de la farine ou semoules d'orge. La valeur moyenne du poids de mille grains est de  $42,7 \pm 1,97$ . La teneur en protéine varie de 9,7 à 10,76%. Les caractéristiques des lignées en  $\beta$ -glucane donnent un avantage pour la santé du consommateur avec une valeur moyenne acceptable de  $4,2 \pm 0,2\%$ . La lignée LS18 est une source importante de zinc et de fer avec des valeurs respectivement 34,9 et 41,8 mg/kg. Le potentiel de germination était excellent ( $92,5 \pm 5,7\%$ ).

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.

La première transformation des grains d'orge a abouti à quatre types de semoules. une semoule  $S_0$  qualifiée de grosse ; Une semoule  $S_1$  dont la taille des particules est supérieure à 400  $\mu\text{m}$  ; Une semoule  $S_2$  dont la taille des particules est comprise entre 355  $\mu\text{m}$  et 400  $\mu\text{m}$  et dernière dont la taille des particules se situe entre 250  $\mu\text{m}$  et 355  $\mu\text{m}$ . le choix de la semoule qu'on a utilisé a été pris en fonction de la quantité et de la granulométrie. La semoule  $S_1$  étant la plus appropriée a subi une caractérisation granulométrique avec la détermination des taux d'humidité, des taux de cendres et des taux de protéines. Cette caractérisation physicochimique nous a permis l'évaluation de l'aptitude des semoules à donner des couscous.

Les résultats obtenus concernant la semoule  $S_1$  ont été très importants avec des taux de protéines très élevés allant de 16,36 à 13,83% avec une moyenne de  $15,27 \pm 1,01$ . 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).

Ces résultats prédisent la confection d'un couscous de qualité caractérisé par un brunissement due à la présence excessive des piqures de son. 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 %. La caractérisation granulométrique a montré l'existence d'une similitude entre les différents couscous étudiés.

Par analogie aux pâtes alimentaires, l'appréciation de la valeur culinaire des couscous a été mesurée par des méthodes instrumentales et par l'analyse sensorielle.

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.

Nous avons essayé de vérifier la pureté variétale de toutes les lignées et des deux variétés par coloration du grain d'orge (caryopse) à l'acide sulfurique à 50% afin de déterminer des classes d'orge (Dessacs, 1997). D'après les résultats obtenus, on remarque que l'ensemble des lignées d'orge étudiées sont constituées d'un mélange de populations de grains hétérogènes ainsi que les deux variétés. Les classes 1 et 2 qui correspondent aux couleurs blanc jaunâtre et jaune grisâtre du caryopse sont les plus importantes. On peut estimer que la variété Saida 183, les lignées LS09, LS15, LS17 et LS22 sont purifiées respectivement à 60%, 60%, 62%, 54% et 60%.

Ce travail démontre qu'il est possible d'organiser un programme de sélection végétale afin que les agriculteurs deviennent des acteurs majeurs dans la sélection de nouveaux cultivars. Suite aux résultats enregistrés, il serait recommandé de poursuivre les travaux sur la qualité technologique qui répond aux exigences de la fabrication du pain et de couscous. Ce travail doit être établi en collaboration avec l'ICARDA, l'INRA et l'université de Sidi Bel-Abbes. Pour la confirmation de ces résultats, il conviendrait maintenant d'expérimenter ces variétés sur d'autres années et dans d'autres lieux pour tester les effets "année" et "environnement". Mais l'on peut d'ores et déjà conclure qu'un travail de sélection répondant à ces objectifs est possible.

## Références bibliographiques

- AACC (American Association of Cereal Chemists), 1983. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, 8<sup>th</sup> ed. Method 46-12. The association, St Paul, MN.
- Abecassis J., Chaurand M., Laignelet T., 2010. Transformation industrielle des céréales. In : M. Chastanet et F. Sigaut. Couscous, boulgour et polenta : transformer et consommer les céréales dans le monde. Karthala Editions, P. 427-435.
- Abecassis J., G. Boggini, B. Cuq, H. Namoune, 2012. Other Traditional Durum Derived Products, in: M.J. Sissons, M. Carcea, M. Marchylo, J. Abecassis, Durum Wheat: Chemistry and Technology, seconde éd. AACC International.
- Abugalieva A.I., B.S. Sariev, S. Grando, F. EL-Haramein, V.M. Shevstov, 2012. Significative of  $\beta$ -glucane in barley grain during breeding for brewing and nutritional proprieties. Russian Agricultural sciences. 38, 89-93
- AFNOR (NF V09-014), 1995. Recueil de normes- contrôle de la qualité des produits alimentaires : Analyse sensorielle. AFNOR 5<sup>ème</sup> édition, Paris, p 400.
- Alais C., Linden G. 1991. Biochimie alimentaire, 2<sup>ème</sup> édition, Masson, Paris, 245 p
- Alais C., Linden G., 1997. Abrégé de biochimie alimentaire, éd., Masson, Paris, 248 p
- Alliosio-Ouarnier, N., 1999. Caractérisation de la transformation de l'orge en malt par des méthodes de spectroscopie vibrationnelle, thèse de doctorat spécialité biotechnologies et industries alimentaires. INPL, Nancy.
- ARVALIS, 2012. Institut du végétal, orge d'hiver. ([http://www.arvalis-infos.fr/file/galleryelement/pj/62/02/70/63/guide\\_precos\\_oh\\_lor\\_9124919335405736332.pdf](http://www.arvalis-infos.fr/file/galleryelement/pj/62/02/70/63/guide_precos_oh_lor_9124919335405736332.pdf))
- Arun Kumar Verma, Rituparna Banerjee, 2010. Dietary fibre as functional ingredient in meat products: a novel approach for healthy living a review. J Food Sci Technol. 47(3): 247–257.
- Ashman H, Beckley J., 2006. Rediscovering barley. Cereal Foods World. 1, 1 p.38-39.
- Autran J.C., 1975. Identification des principales variétés communautaires de blé tendre par électrophorèse, ENSMIC, N°270, p. 316-324.
- Autran J.C., 1986. Identification des céréales et autres plantes par électrophorèse. Biofutur, p. 121-126.
- Badr A., Muller K., Schafer-Pregl R., El-Rabey H., Effgen S., Ibrahim H. H., Pozzi C., Rohdi W., Salamani F., 2000. On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). Mol. Biol. Evol. 17(4) : 499-510.
- Baik, B.-K. and S.E. Ullrich. 2008. Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. J. Cereal Sci. 48: 233-242. Also available on line: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2008.02.002>
- Bar-L'helgouach Christine, 2001. Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux. Guide pratique. Institut technique des céréales et des fourrages (ITCF). Laboratoire qualité des céréales. Paris 265 pages.

- Behall KM, Scholfield DJ, Hallfrisch J., 2004. Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *Am. J. Clin. Nutr.*; 80(5):1185-93.
- Behall, K. M., Scholfield, D. J., Hallfrisch J., 2005. Comparison of hormone and glucose responses of overweight women to barley and oats. *Journal of the American College of Nutrition*, 24, 182-188.
- 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 Jarmila Janikova 9<sup>th</sup> international Barley Genetics symposium proceedings, Brno, Czech Republic 20-26 June 2004
- Benbelkacem A., Sadli F., Brinis L. 1995. La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. Séminaires Méditerranéens. ICARDA / CIHEAM / CIMMYT. Zaragoza, 17-19 novembre.
- Benetrix Florence, 1993. Etude biochimique, agronomique et ultrastructurale de la qualité d'orge : rôle des hordéines. Thèse nouveau doctorat (N° : 93 NSAM 0009). INRA, Montpellier, 120p.
- Benmohammed A., 2004. La production de l'orge et possibilités de développement en Algérie. *Céréaliculture*. 41, 34-38. ITGC, Alger.
- Ben Youssef S., M. Chakroun, M. El Felah, N. Omri, 2001. Aptitude à la double exploitation de génotypes d'orge en région subhumide en Tunisie. *Fourrages* 168, p.509-521
- Berger M., 1982. Les lipides du blé tendre. Etat actuel de nos connaissances. *Sciences des aliments*, 2, 411-450.
- Bhatta, R.S., 1999b. The potential of hull-less barley. *Cereal Chemistry*, 76, 589-599
- Blake T. K., Ullrich, S. E. et Nilan, R. A., 1984. Purification and characterization of barley D-hordein. *Cereal Chemistry*. 61 (2): 120-123.
- Blanc E., 1985. Criblage. *Technique de l'ingénieur*, A-10, 5100-5117.
- Bonneuil Christophe, Demeulenaere Elise, 2007. Une génétique de pair à pair ? L'émergence de la sélection participative In : F. Charvolin, A. Micoud et L. K. Nyhart. *Les sciences citoyennes. Vigilance collective et rapport entre profane et scientique dans les sciences naturalistes*, Ed. de l'Aube, pp.122-147. <hal-00175991>
- Bonjean A., 2001. Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre (*Triticum aestivum L.*). Eds. Le Percec S., Guy P. et Fraval A. *agriculture et biodiversité des plantes. Dossier de l'environnement de l'INRA*, 21, 29-37.
- Bourdeau A., Matsuo R., 1992. La semoulerie. In : A.Bourdeau et G.Menard. *Le blé : éléments fondamentaux et transformation*. Presses Université Laval, P.165-179.
- Bourdet A., 1956. Les protides des céréales. *Ann. Technol.*, 2, 181-318
- Boutroux Leon, 1897. *Le pain et la panification. Chimie et technologie de la boulangerie et de la meunerie*. Ed. Librairie J. B. Baillièrre et fils Paris, p. 83-86.
- Branlart G., Autran J.C., 1987. L'amélioration génétique de la qualité technologique du blé tendre. *Culture Technique*, 15 ; p. 132-144.
- Brisson S., Oustrain J.M., 1998. Barley, malt and beer quality, *Bios Boissons conditionnement*, N°275, p.98-99

- Buleon A., Colonna P., Planchart V., Ball S., 1998. Starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 23, 85-112.
- Byung-Kee Baik, Steven E. Ullrich, 2008. Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*. 48, 233–242
- Caldorola J, Dilmaghani A, Gagnon J, Soper C, Wasserman E. *Stat View for Windows version 5: Cary, NC 27513. SAS Institute Inc (1998).*
- Calvel R., 1984. *La boulangerie moderne*. 10<sup>ème</sup> édition. Eyrolles. Paris. 436p.
- Capouchova I., Peter J., Maresova D., 2003. Evaluation of size distribution of starch granules in selected wheat varieties by the low angle laser light Scattering method. *Plant- soil and environment*, 49, 12-22.
- Carollo V. Blake and Blake T.K., 2008. Barley QTLs: A compilation of known loci and the discovery of a new QTL for dry matter digestibility (DMD) .p. 622-634. In S. Ceccarelli and S. Grando, (Ed.). *Proc. 10<sup>th</sup> Int'l. Barley Genet. Symp. ICARDA, Aleppo, Syria*
- Ceccarelli, S., 1989. “Wide adaptation. How wide?” *Euphytica*, 40: 197-205.
- Ceccarelli, S. 1994. Specific adaptation and breeding for marginal conditions. *Euphytica* 77:205–219.
- Ceccarelli, S. 2012. *Plant breeding with farmers: A technical manual*. Aleppo, Syria: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA).
- Ceccarelli S., Grando S., Tutwiler R., Baha J., Martini A.M., Salahieh H., Goodchild A. and Michael M., 2000. A Methodological Study on Participatory Barley Breeding I Selection Phase. *Euphytica* 111, 91-104.
- Ceccarelli, S., Grando, S., Bailey, E., Amri, A., El Felah, M., Nassif, F., Rezgui, S. & Yahyaoui, A. 2001. Farmer participation in barley breeding in Syria, Morocco and Tunisia. *Euphytica*, 122: 521–536.
- Ceccarelli S., Grando S., 2005. Decentralized-participatory plant breeding. Germplasm Improvement Program, ICARDA, P.O. Box 5466, Aleppo, Syria
- Chadeaud, M., L. Emberger. 1960. *Traité de Botanique Systématique*. Editeur Masson et Cie, Paris. 2: 1220-1223.
- Chandra G. S., Poudlove M. O., Baxter E. D., 1999. The structure of barley endosperm-An important determinant of malt modification, *Journal of the science of Food and Agriculture*, vol. 79, pp 37-46.
- Charbonnier L., 1973. Etude des protéines alcoolosolubles de la farine de blé. *Bull des anciens élèves de l'école française de la meunerie*, 1-15.
- Chasseray P., 1997. Caractéristiques physiques des grains et leurs dérivés in : B Godon, C. Willm. *Les industries de première transformation des céréales. Sciences et techniques agro-alimentaires*. Editions Lavoisier, 2, 85-115.
- CODEX ALIMENTARIUS, 1995. Normes du codex pour le couscous (Codex standard 202-1995)
- Cordain L., 1999. Cereal Grains: Humanity's Double-Edged Sword, In: Simopoulos A., *evolutionary Aspects of Nutrition and Health, Diet, Exercise, Genetics and Chronic Disease*, *World. Rev Nutr Diet*, 84, p.19-73.

- Coskun F., 2013. Production of couscous using the traditional method in Turkey and couscous in the world. *African Journal of Agricultural Research*, vol. 8, N°22, p. 2609-2615.
- Courvoisier C., 1984. Polymorphisme des protéines de réserve de blé tendre. Aspects génétique, biochimiques, technologiques et agronomiques de critère électrophorétique de la valeur intrinsèque. Thèse docteur d'état, université Paris sud centre d'Orsay.
- Czuchajowska Z., Klameczynski A., Paszczynska B., Baik B.-K., 1998. Structure and functionality of barley starches. *Cereal Chemistry* 75, 747–754
- 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.
- Deepak Kohl, Sangeeta G., Jana A. K., 2013. Thermal and Morphological properties of chemically treated barley husk fiber. *URMEJ*, vol. 3 issue 2, 153-156.
- Demarly Y., 1987. L'impact possible des biotechnologies sur les semences de l'an 2000, *Industrie Agro-alimentaire*, p. 15-21.
- Dessacs G., 1997. Identification des grains par coloration. In : In : B. Godon, C. Willm, *Les industries de première transformation des céréales*. Paris : technique et documentation. p.9-13.
- Dubat A., 2004. Importance de l'endommagement de l'amidon et évolution des méthodes de mesure. *Industries des céréales*, p. 2-8.
- Edney M.J., Marta S. Izydorczyk, S.J. Symons et N. Woodbeck, 2003. Mesure de la couleur et de la taille du grain d'orge pour prédire la qualité d'utilisation finale du malt. *Commission Canadienne des grains*. 19 Pages
- El-Haramein F.J., 2005. Food Barley Quality Evaluation at ICARDA, p. 141-144, In: Grando Stefania, 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 10 th International Barley Genetics Symposium*, 5–10 April 2008, Alexandria, Egypt. Aleppo, Syria: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), 603- 606.
- El Khoury D, Cuda C, Luhovyy BL, Anderson GH., 2012. Beta glucan: health benefits in obesity and metabolic syndrome. *Journal of nutrition and metabolism* 851362.
- El Yamlahi A., R. Salghi, M. Ouhssine, 2014. Quality study of cooked and dried barley semolina *International Journal of Engineering Inventions*. Volume 4, Issue 2, PP: 31-44
- Erroux J., 1952. Les céréales de l'Ouadi El Ajal (Fezzan). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*.
- Eva Johansson and Gunnar Svensson, 1995. Contribution of the High Molecular Weight Glutenin Subunit 21to Breadmaking Quality of Swedish Wheats. *Cereal Chem.* 72(3):287-290

- Evans, L.T., 1976. Physiological adaptation to performance as crop plants. *Phil. Trans. R. Soc. London*, B 275 : 71-83.
- FAO, 2011. Les semences dans les situations d'urgence. Manuel technique. Production végétale et protection des plantes, 202.
- Favier, J.C., 1989. Valeur nutritive et comportement des céréales au cours de leur transformation. Céréales en régions chaudes : AUPLLF-URFF, Eds John Libbey, Paris. P : 285-287
- Feillet P., 1976. Les albumines et globulines du blé. *Ann. Technol. Agric.*, 16, 135-155.
- Feillet P., 2000. Le grain de blé. Composition et utilisation. Edition INRA. P : 58-75 ; 196-198.
- Feldman M., 1976 - Taxonomic classification and names of wild, primitive, cultivated, and modern cultivated wheat. In: Simmonds N.W. ed., *Evolution of crop plants*. Longman, London, 120-128.
- FERICO., 2015. Fabrication. [en ligne]. Disponible sur : < <http://www.ferico.fr/fabrication.php> > (Consulté le 07 Mars 2015).
- Fichier canadien sur les éléments nutritifs, 2010. Santé Canada. Disponible Sur : < [http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/fiche-nutri-data/cnf\\_aboutus\\_aproposdenous\\_fcen-fra.php](http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition/fiche-nutri-data/cnf_aboutus_aproposdenous_fcen-fra.php) > (Consulté le 07 Avril 2015).
- Fincher G.B., 1989. Molecular and cellular biology associated with endosperm mobilization in germinating cereal-grains. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 40, 305-346
- Finocchiaro A., Cavallero B., Ferrari A., Gianinetti A.M. Stanca, 2005. Barley for development of functional foods to improve human health in the third millennium, p.147-156, In: Grando Stefania, Helena Gomez Macpherson. *Food Barley: Importance, Uses and Local Knowledge*, ICARDA.
- Food and Drug Administration, United States (Department of Health and Health Services), 2005. Soluble Dietary Fiber from Certain Foods and Coronary Heart Disease. Docket No. 2004 P-0512. *Federal Register* Vol. 70, N° 246
- Fox G. P., 2010. Chemical Composition in Barley Grains and Malt Quality. *Genetics and Improvement of Barley Malt Quality. Advanced Topics in Science and Technology in China*, pp 63-98
- Franconie H., Chastanet M. et Sigaut F., 2010. "Introduction", in Franconie H., Chastanet M. et Sigaut F. *Couscous, boulgour et polenta. Transformer et consommer les céréales dans le monde*, Paris, éd., Karthala : p.9-12.
- Galan P., M. J. Arnaud, S. Czernichow, A.-M. Delabroise, P. Preziosi, S. Bertrais, C. Franchisseur, M. Maurel, A. Favier, S. Hercberg, 2002. Contribution of mineral waters to dietary calcium and magnesium intake in a French adult population. *Journal of the American Dietetic Association*, volume 102, Issue 11, Pages 1658–1662
- Genech De La Louvière T., 1971. Manuel d'agriculture. Synd. agricole, Lille p. 93-95.
- Georget M., 1993. Le blé à l'INRA : recherches et innovations. *Mensuel INRA*, 53, p.38-47.

- 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.
- Goupy P., Hugues M., Boivin P. et Amiot M. J., 1999. Antioxidant composition and activity of barley (*Hordeum vulgare*) and malt extracts and of isolated phenolic compounds. *Jour of the Science of Food and Agriculture*, vol. 79, N°12, p. 1625-1634.
- Grando Stefania, Helena Gomez Macpherson, 2005. Food Barley: Importance, Uses and Local Knowledge, ICARDA
- Grillot G., 1959. La classification des orges cultivées. *An. Amélioration des Plantes*, vol. 4, p. 446-486.
- 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., Selselet-Attou G., Senator A., 1986. Etude comparée du couscous de fabrication industrielle et artisanale. *Ind. des Céréales*, p. 25-29.
- Guezlane L., Abecassis J., 1991. Méthodes d'appréciation de la qualité culinaire du couscous de blé dur. *IAA*, 11 p. 966-971.
- Guiga Wafa, 2006. Identification des inhibiteurs de la germination de l'orge et mise au point d'un procédé de traitement des eaux de trempage en malterie en vue de leurs recyclage. Thèse de doctorat. Institut national polytechnique de Lorraine, p. 190.
- Hajji T., Sfayhi-Terras D. et Elfeleh M., 2014. Extraction des fibres  $\beta$ -glucanes, Incorporation dans les pâtes alimentaires. Journée Nationale sur la valorisation des Résultats de la Recherche dans le Domaine des Grandes Cultures Tunis.
- Hamou M., Labdi M., Hamdi S., 2009. Problématique de la céréaliculture et perspectives de développement. Actes de l'atelier régional sur la recherche scientifiques et le développement de l'agriculture, Mostaganem, pp 8-15
- Hariri A., 2003. Etude et modélisation de la trempage en malterie. 2003. Thèse de doctorat. ENSIA, Institut national polytechnique de Lorraine, p. 218.
- Harlan J.R., 1976. Barley. In: *Evolution of crop plants*; NW. Simmonds, Ed. Longman Inc., New York, pp; 93-98.
- Harlan J.R., Zohary D., 1966 - Distribution of wild wheat and barley. *Science*, 153:1074-1080.
- Health Canada. 1985. Sample preparation by dry ashing for the determination of various elements by flame atomic absorption spectroscopy. Health Protection Branch Laboratories, Bureau of Nutritional Sciences, Ottawa, Canada
- Henry Robbert J., 1988. The carbohydrates of barley grains-A review. *J.Inst. Brew.* Vol, 94, pp. 71-78.
- Hoijs A., Grondhal M., Tommeraas K., Gatenholm P., 2005. Isolation and characterization of physico-chemical and material properties of arabinoxylans from barley husks, *Carbohydrate polymers*, 61, 266-275.
- Huebner F. R., Rothfuss J. A., 1968. Gliadin protein from different varieties of wheat. *Cereal Chem.*, 45, 242-253.
- Hui Liu, Zhaohui H. Wang, Fucui Li, Keyi Li, Ning Yang, Yuee Yang, Donglin Huang, Dongli Liang, Hubing Zhao, Hui Mao, Jinshan Liu, Weihong Qiu, 2014. Grain

iron and zinc concentrations of wheat and their relationships to yield in major wheat production areas in China. *Field Crops Research*. 156, 151–160

- ISTA, 1976. International Rules for seed testing. Rules and annexes. International Seed Testing Association, *Seed Sci. and Technol.* 4, 3–177.
- ISO 21415-1: 2006. Blé et farines de blé -- Teneur en gluten-- Partie 1 : Détermination du gluten humide par une méthode manuelle.
- ISO 21415-3: 2006. Blé et farines de blé -- Teneur en gluten -- Partie 4 : Détermination du gluten sec à partir du gluten humide par une méthode de séchage en étuve.
- Izydorczyk M.S., Storsley J., Labossiere D., MacGregor A.W., Rosnagel B.G., 2000. Variation in total and soluble  $\beta$ -glucan content in hullless barley: effects of thermal, physical, and enzymic treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, 982–989.
- Izydorczyk M.S. Dexter J.E., 2008. Barley  $\beta$ -glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products—a Review. *Cereal Foods Volume 41, Issue 9, Pages 850–868 (Food Research International)*
- Jeantet R., Croguennec T., Schuck P., Brulé G., 2007. *Science des aliments : Biochimie- Microbiologie-Procédés-Produits. V2. Technologie des produits alimentaires.* 191-196
- Jestin L., 1996. L'orge, In : Amélioration des espèces végétales cultivées. A. Gallais et H. Bannerot, Ed. INRA, 55-70
- Jilal A., Henry R.J., Lee L.S., Rice N, and Grando S., 2010. Food quality evaluation of an international collection of barley landraces. P.576-583 In: S. Ceccarelli and S. Grando, (Ed.). *Proc. 10<sup>th</sup> Int'l. Barley Genet. Symp. ICARDA, Aleppo, Syria*
- Jilal A., 2011. Assessment of genetically diverse international barley germplasm for development of food product applications. Thesis of doctora. Southern Cross University, p. 186
- Jood S, Kalra S., 2001. Chemical composition and nutritional characteristics of some hull less and hulled barley cultivars grown in India. *Nahrung*; 45(1):35-9.
- JORA, (Journal Officiel de la République Algérienne). Décret n 88-152 DU 26 juillet 1988 fixant les barèmes de bonification et de réfraction applicables aux céréales et aux légumes secs. *Journal officiel n° 32, 10 Aout 1988, p870-882.*
- Kamal M.E. Youssef Fawzy Abd El-Kader El-Fishawy, El-Sayed Abd El-Naby Ramadan, Asmaa MohamedAbd El-Rahman, 2013. Nutritional Assessment of Barley, Talbina and Their Germinated Products. *Frontiers in Science* 2013, 3(2): 56-65
- King R.A., M. Noakes, A.R. Bird, M.K. Morell, D.L. Topping, 2008. An extruded breakfast cereal made from a high amylose barley cultivar has a low glycemic index and lower plasma insulin response than one made from a standard barley. *Journal of Cereal Science Volume. 48, 526–530*
- Khaldoun A., 1989. Etude du comportement de l'orge exploitée à double fin. *Fourrages* , 117, 77-88
- Koehler P. et Wieser. H., 2013. Chemistry of cereal grains. In: *Handbook on Sourdough Biotechnology.* Springer US, 2013. p. 11-45.

- Kotzamanidis S.T., AS Lithourgidis, AG Mavromatis, DI Chasioti, DG Roupakias, 2008. Critères de prédiction de prometteuses F3 populations dans le blé dur : étude comparative. *Champ recherches sur les cultures*. 107, 257-264
- Laberche Jean Claude. 2004. *Biologie végétale*. Edition Dunod ; p. 228-236.
- Langridge P., ES. Lagudah, TA. Holton, R. Appels, PJ. Sharp, KJ. Chalmers. 2001. Trends in genetic and genome analyses in wheat: a review. *Aust. J. Agric. Res.*, 52: 1043-1077
- Li J, Kaneko T, Li-Qiang Q, Wang J, Wang Y., 2003. Effects of barley intake on glucose tolerance, lipid metabolism, and bowel function in women. *Nutrition*; 19(11-12):926-929.
- Linden G., Lorient D., 1993. *Biochimie agro-alimentaire*, ed. Masson, Paris, p. 67-100
- Lookhart George and Bean Scott, 1995. Separation and Characterization of Wheat Protein Fractions by High-Performance Capillary Electrophoresis. *Cereal Chem.* 72(6) :527-532
- Lupton JR, Robinson MC, Morin JL., 1994. Cholesterol-lowering effect of barley bran flour and oil. *J. Am. Diet. Assoc*; 94(1):65-70.
- Mac Key J. 1966. Species relationship in *Triticum*. In: *Proceedings of the 2nd International Wheat Genetics Symposium*, Hereditas, and Suppl. 2:237-276.
- MacLeod, 1979. The physiology of malting, *Food science and technology a series of monographs*, pp 145-232.
- Madhujith Terrence, Marta Izydorczyk and Fereidoon Shahidi, 2006. Antioxidant Properties of Pearled Barley Fractions. *J. Agric. Food Chem.*, 2006, 54 (9), pp 3283–3289
- Makhlof A., Dehbi F., Hanachi A., Harbi M., 2012. Réponses de blé dur aux basses températures en relation avec la capacité de production. *Agriculture*, 3, 13-23
- Māra Bleidere, Zinta Gaile, 2012. Grain quality traits important in feed barley. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences. Volume 66*, 1-2.
- Marlett JA, McBurney MI, Slavin JL., 2002. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. *J Am Diet Assoc*; 102(7):993-1000.
- Matsuo, R.R. and Irvine, G.M., 1970. Effect of gluten on the cooking quality of spaghetti. *Cereal. Chem.*, 47: 173.
- McIntosh G, K. NR, W. NC., 1995. Barley foods and their influence on cholesterol metabolism. *World Reviews of Nutrition and Diet.* 77, p.89-108.
- McIntosh G. H., Oakenfull D., 1990. Possible health benefits from barley grain. *Chemistry in Austria*, 57 p. 294-196.
- Melas V., Morel M-H., Feuillet P., 1993. Les sous-unités gluténines du blé de faible poids moléculaire des protéines d'avenir. *Ind. des céréales*, 84, 3-14.
- Monneveux P.H., 1997. La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Cahier "sécheresse"*. Vol. 8, N° 1, pp 29-37
- Morot-Gaudry J.F., 1997. Assimilation de l'azote chez les plantes : aspects physiologique, biochimique et moléculaire. *Editions Quae*, p.422.

- Moule C., 1971. Céréales. La Maison rustique, p. 200.
- Moullet O., Fossati D., Mascher F. et Schori A., 2008. Les marqueurs moléculaires comme outils dans la sélection des céréales. *Revue suisse Agric.* 40 (3) : 133-138
- Nancy L. Johnsona\*, Nina Liljab, Jacqueline A. Ashbyc, 2003. Measuring the impact of user participation in agricultural and natural resource management research. *Agricultural Systems* 78, p. 287–306
- Nevo E., 1992. Origin, Evolution, Population Genetics and Resources for breeding of Wild barley, *Hordeum spontaneum*, in the Fertile Crescent, In; *Barley: Genetics, Biochemistry, Molecular Biology and Biotechnology*. P.R. Shewry, ed. *Biotechnology in agriculture*, 4; 19-44
- Newman, C.W., Newman, R.K., 2006. A brief history of barley foods. *Cereal Foods World* 51, 4–7.
- Newman RK, Newman CW., 2008. *Barley for Food and Health, Science, Technology and Products*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- 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, 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 V03-745, 1985. Orge de brasserie- Essai de germination.
- Osborne, T.B. (1907). *The proteins of the wheat kernel*. Carnegie Inst., Wash. Washington DC, Publ. No. 84.
- Panfili G., Fratianni A. et Irano M., 2003. Normal phase high-performance liquid chromatography method for the determination of tocopherols and tocotrienols in cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 51, N°14, p. 3940-3944.
- Payne Peter I., 1987. Genetics of Wheat Storage Proteins and the Effect of Allelic Variation on Bread-Making Quality. *Annual Review of Plant Physiology* Vol. 38: p.141-153.
- Percival J., 1921. *The Wheat Plant*. London : Duckworth. 455pages (livre scanné 2007)
- Picard E., 1988. Sélection du blé : l'intégration des biotechnologies. *Biofutur* : p. 48-58.
- Popineau Y., 1985. Propriétés biochimiques et physicochimiques des protéines des céréales in : B. Godon, *protéines végétales*, Tec. Doc. Lavoisier, APRIA, Paris, pp. 161-210
- Qi J-C., Zhang G-P., Zhou M-X., 2006. Protein and hordein content in barley seeds as affected by nitrogen level and their relationship to beta-amylase activity. *Journal of Cereal science*, 43, p. 102-106.

- Raeker M. O., Gaines C.S., Finneg P.L., Dnelson T., 1998. Granul size distribution and chemical composition of storaches from 12 soft wheath cultivars. *Cereal Chemistry*, 75, 721-728.
- Rasmusson D.C., 1987. Barley crop. An SSA/ASA Monograph series number 56. Madison, Eds ASA. 250p
- Rastoin Jean-Louis et Benabderrazik El Hassan, 2014. Céréales et oléo protéagineux au Maghreb Pour un Co-développement de filières territorialisées. Algérie Une agriculture sous fortes contraintes. Institut de Prospective Economique du Monde Méditerranéen, IPEMED. 32p
- Rechinger K. B., Simpson D. J., Svendson I., Cameron-Mills V., 1993. A rote of  $\gamma$ 3-Hordéines in the transport and targeting of prolaminpeptides to the vacuole of developing barley endosperm. *Plant Journal*, 4, p. 841-853.
- 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
- Rendell M, Vanderhoof J, Venn M, Shehan MA, Arndt E, Rao CS, Gill G, Newman RK, Newman CW., 2007. Effect of a barley breakfast cereal on blood glucose and insulin response in normal and diabetic patients. *Plant Foods Hum Nutr*; 60(2):63-7.
- Ronnie Vernooy, 2003. Les semences du monde : l'amélioration participative des plantes, CRDI. Canada, p.22-47
- Rozenhal E., 1975. Wheat quality evaluation. 3: Influence of genotype and environment. *Canadian Journal of Plant Science*, 55, 263-269.
- Saulnier Luc, 2012. Les grains de céréales : diversité et compositions nutritionnelles. *Cahier de nutrition et diététique* 47, 45-515 (Société française de nutrition).
- Schachermayer G., Siedler H., Gale M., Winzeler H., Winzeler M. et Keller B., 1994. Identification and localization of molecular markers linked to the Lr9 leaf rust resistance gene of wheat. *Theor. Appl. Genet.* 88, 110-115.
- Sen CK, Khanna S, Roy S., 2004. Tocotrienol: the natural vitamin E to defend the nervous system. *Ann. N. Y. Acad Sci* ; 1031, p.127-42.
- Shewry P. R., Kreis M., Parmar S., Lew E. L. et Kasarda D. D., 1985. Identification of  $\gamma$ -type hordeins in barley. *Federation of European Biochemical Societies (FEBS) letters*, vol. 190, no 1, p. 61-64.
- Shewry P. R., Pratt H. M., Charlton M. J., Mifflin B.J., 1977. Two dimensional separation of the prolamins of normal and high lysine barley (*Horduem vulgare L.*). *Journal of Experimental Botany*, Oxford, V. 104, p. 597-606.
- Shewry P. R., Tatham A., 1990. The prolamin storage proteins of cereal seeds: structure and evolution. *Biochemical Journal*, vol. 267, no 1, p. 1-12.
- Shewry P. R., 1995. Plant storage proteins. *Biological Reviews*, Cambridge, Great Britain, v70, p. 375-426.
- Shewry P. R., Casey R., 1999. Seed proteins. Springer Netherlands, p. 1-10.
- Shrimali M., 2010. Prospects for barley in augmenting forage resources in arid and semi-arid regions in India. p. 635-639. In S. Ceccarelli and S. Grando, (Ed.). Proc. 10<sup>th</sup> Int'l. Barley Genet. Symp. ICARDA, Aleppo, Syria

- Simonsohn Barbara, 2003. "Le jus d'herbe d'orge", Ed. Chariot d'Or. 264pages
- Société Malteurop, 2000. Elaboration des malts utilisés en brasserie, techniques de l'ingénieur. F6200.
- Soltner D., 2005. Les grandes productions végétales. 20<sup>ème</sup> Edition. Collection science et techniques agricole, 472p,
- Souillah N., 2008 : Diversité de 13 génotypes d'orge (*Hordeum .vulgare* L) et de 13 génotypes de blé tendre : étude des caractères de production et d'adaptation. Thèse Magister, université de Constantine, 165p.
- Sullivan P., O'Flaherty J., Brunton N., Geev. L., Arendt E., Gallagher E., 2010. Chemical composition and microstructure of milled barley fractions. European Food Research and Technology, vol. 230, N° 4, p. 579-595.
- Troccoli A., Borrelli G. M., DE vita P., Fares C., et Difonzone N., 2000. Mini review: durum wheat quality: a multidisciplinary concept. Journal of Cereal Science, vol. 32, no 2, p. 99-113.
- Ullrich, S. E., Baik, B.K., Quinde Axtell, Z., and Nair, S., 2010. Barley for food: Traits and improvement. p. 563-575. In S. Ceccarelli and S. Grando, (Ed.). Proc. 10<sup>th</sup> Int'l. Barley Genet. Symp. ICARDA, Aleppo, Syria
- USDA, 2010/2011. Les céréales dans le monde. [http://www.infocereales.fr/pdf/open/pdfnum/1/file/Les\\_cereales\\_dans\\_le\\_monde.pdf](http://www.infocereales.fr/pdf/open/pdfnum/1/file/Les_cereales_dans_le_monde.pdf)
- Van Hung P., Maeda T., Morita N., 2006. Waxy and high-amylose wheat starches and flours—characteristics, functionality and application. Trends in Food Science & Technology, vol. 17, N° 8, p. 448-456.
- Vapa L., et Radović D., 1998. Genetics and molecular biology of barley hordeins. Cereal Research Communications, p. 31-38.
- Varoquaux Fabrice, Pelletier Georges, 2002. Evolution des techniques, outils et méthodes en amélioration des plantes. Journée de l'A.S.F."Le Sélectionneur Français" (53), p. 55-68.
- Warnant G., Rabier F., Marchal D. et Schenkel Y., 2006. Grains et paille combustibles : une autre voie de valorisation des céréales. Livre Blanc" Céréales,P. 13.
- Williams P.C., F. Jaby El-Haramein, H. Nakkoul and S. Rihawi, 1988. Crop quality evaluation, methods and guidelines. Technical Manual N°14 ICARDA, Aleppo, Syria.
- WU Y.V., Stringfellow A.C., Inglett G.E., 1994. Protein and b-glucan enriched fractions from high-protein, high  $\beta$ -glucan barleys by sieving and air classification. Cereal Chemistry, 71, 220-223.
- Yan Jun, Fang Wang, Rongzhi Yang, Tangfu Xiao, Tzion Fahima, Yehoshua Saranga, Abraham Korol, Eviatar Nevo, Jianping Cheng, 2013. Natural Variation in Grain Iron and Zinc Concentrations of Wild Barley, *Hordeum spontaneum*, Populations from Israel. Proc. 11<sup>th</sup> Int Barley Genet. Symp. Advance in Barley sciences pp 169-183.
- Zaghouane O., 2010. La céréaliculture en Algérie : situation et perspectives de développement dans le cadre de la politique du renouveau agricole et renouveau rural. Agriculture et développement, 31, 32-38.

- Zohary D., Hopf M., 1988. Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Cultivated Plants in West Asia, Europe and the Nile Valley. Clarendon Press, Oxford, UK.
- Zohary D., Hopf M., 1993. Domestication of plants in the old world : the origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley, 2<sup>nd</sup> edition, Clarendon Press, Oxford, UK.
- Zohary D., 1999. Monophyletic vs. polyphyletic origin of the crops on which agriculture was founded in the Near East. Genet. Res. Crop. Vol, 46:133-142.
- Zouaoui A. et Bensaid R., 2007. Détermination des exigences climatiques du blé dur en zone semi aride. Cahier Agricultures, vol. 16 N°6, 469-476.

# ANNEXES



**L'annexe 3** : Grille de dégustation des couscous cuits**Grille de dégustation**

Nom et prénom :

Date et l'heure de dégustation :

Dix échantillons de couscous cuit d'orge vous sont présentés. Ils sont codés. Vous évalueriez l'ensemble des échantillons et vous indiquez pour les quatre caractéristiques le classement par notation sur l'échelle suivante de 1 à 10 :

- **Démottage** (aspect et régularité des grains de couscous)

Difficile à démotter							facile	

- **Collant**

Très collant							pas collant	

- **Fermeté**

Très tendre (mou)							très dur	

(ferme)

- **Couleur**

Très foncé							clair	

Remarque : donner une réponse dans tous les cas

**L'annexe 4** : La matrice de corrélation entre les paramètres physicochimiques et biochimiques des grains d'orge

**Matrice de corrélation**

	TKW, %	Protein, %	Hardness, %	Plumpness, %	Husk, %	B-Glucane, %	Zn, mg/kg	Fe, mg/kg	Phl, kg/hl	TC, %	I. Chute, sec	EG, %	Colonne 14
TKW, %	1,000	,518	,285	,213	,761	-,422	-,148	-,054	-,251	,508	,037	,214	,286
Protein, %	,518	1,000	,366	-,020	,244	-,404	,582	,643	-,697	-,035	,044	-,047	,071
Hardness, %	,285	,366	1,000	-,182	-,254	-,477	,308	,414	-,608	-,110	-,169	,474	,459
Plumpness, %	,213	-,020	-,182	1,000	,196	,186	-,249	-,087	,360	-,273	,336	-,587	-,648
Husk, %	,761	,244	-,254	,196	1,000	,073	-,469	-,353	,035	,392	,104	-1,238E-14	,083
B-Glucane, %	-,422	-,404	-,477	,186	,073	1,000	-,292	-,008	,308	-,397	,339	-,191	-,216
Zn, mg/kg	-,148	,582	,308	-,249	-,469	-,292	1,000	,756	-,465	-,061	-,208	,020	,052
Fe, mg/kg	-,054	,643	,414	-,087	-,353	-,008	,756	1,000	-,601	-,253	,372	-,074	,014
Phl, kg/hl	-,251	-,697	-,608	,360	,035	,308	-,465	-,601	1,000	,195	,047	-,143	-,203
TC, %	,508	-,035	-,110	-,273	,392	-,397	-,061	-,253	,195	1,000	-,054	,370	,443
I. Chute, sec	,037	,044	-,169	,336	,104	,339	-,208	,372	,047	-,054	1,000	-,469	-,352
EG, %	,214	-,047	,474	-,587	-1,238E-14	-,191	,020	-,074	-,143	,370	-,469	1,000	,977
Colonne 14	,286	,071	,459	-,648	,083	-,216	,052	,014	-,203	,443	-,352	,977	1,000

10 observations ont été utilisées dans ce calcul.

### L'annexe 5 : Le test de coloration pour la vérification variétale des lignées d'orge



Rihane 3



Saida 183



Lignée LS 05



Lignée LS 09



Lignée LS 15



Lignée LS 16



Lignée LS 17



Lignée LS 18



Lignée LS 20



Lignée LS 22

## **QUALITATIVE CHARACTERIZATION OF SOME BARLEY LINES IN ALGERIA**

### **Zairi Mohamed**

University of Sidi Bel Abbes, Algeria  
BP 89, Sidi Bel Abbes, 22000, Algeria  
Email: mzairi3e@yahoo.fr

### **Labdi Mohamed**

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

### **Benali Mohamed**

University of Sidi Bel Abbes, Algeria  
BP 89, Sidi Bel Abbes, 22000, Algeria  
Email: benalimo@yahoo.fr

### **Hamou Mimoune**

Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA) Sidi Bel  
Abbes, Algeria  
Email: mimoune\_hamou@yahoo.fr

### **Grando Stefania**

International Center for Research in the agricultural Dry Areas (ICARDA),  
Aleppo, Syria  
S.GRANDO@cgiar.org

### **Ceccarelli Salvatori**

International Center for Research in the agricultural Dry Areas (ICARDA),  
Aleppo, Syria  
[S.Ceccarelli@cgiar.org](mailto:S.Ceccarelli@cgiar.org)

**\*Belbraouet Slimane**

Ecole de Nutrition, Université de Moncton, Canada  
Email: [slimane.belbraouet@umoncton.ca](mailto:slimane.belbraouet@umoncton.ca)

**\*Corresponding author**

## **ABSTRACT**

This paper aims to investigate the technological quality of barley lines introduced from ICARDA (Syria Aleppo) to Algeria. The study was conducted by INRA of Sidi Bel Abbes (Algeria). This study was undertaken to characterize the quality of the eight lines of barley grown for three successive years (2011, 2012 and 2013). These lines were selected from the first participatory selection (PPB), compared to two varieties widely grown in Algeria (Saida183 and Rihane 03). Several physicochemical and technological parameters were evaluated: thousand kernel weight (TKW), hectoliter weight (HW), grain calibration (kernel plumpness), grain hardness (hardness kernel), envelope content (husk kernel), protein content, iron, zinc,  $\beta$ -glucan, ash content (ash), power and energy of germination. The results were subjected to statistical analysis and correlations between parameters were calculated. The selected lines showed a better adaptation to the environment. This selection has allowed us to develop and make available to farmers varieties adapted to local conditions (arid) with promising quality. This analysis revealed the confirmation of the choice of farmers with breeders. PPB showed that is an effective tool for improving barley crop.

**Keywords:** barley lines, technological quality, physicochemical characteristics

## **INTRODUCTION**

Cereals are the basis of the human diet as protein and energy sources. Despite the extent of the area under cereals, domestic production is far from meeting the needs of the population. Low yields are due to a combination of factors that determine the technological and nutritional skills of cereals. Barley (*Hordeum vulgare* L.) is with wheat, maize and rice, one of the most important cereal in the world, ranking fourth among cereal grain production with 38%, 29 % for wheat, 20% for rice and 6% for barley (USDA companion 2010/2011) [1]. In Algeria, widely cultivated, barley is second after durum wheat with 35-40% of the area [2]. Barley has the advantage of being conducted in double operation: first harvest in

green (pasture or hay), followed by grain harvest [3]. Barley is an important food in many parts of the world such as North Africa, the Near East, Asia etc. Average and annual consumption per person in these areas varies from 2 to 36 kg [4]. It also plays a key role not only in food in the Maghreb and in the mountains of Ethiopia, Eretria and Peru [5] but also as cattle food in winter when the fodder deficit is large and feed prices are high. Production of barley in arid zone remains confronted to climate hazards. Conventional breeding methods do not seem to meet the needs of farmers and soil and climatic requirements of the environment. In this context to improve yields of barley a participatory plant breeding is used for selection in Algeria. This first experience is the result of a research program between ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Zone) and INRA Sidi Bel-ABBES. Therefore the characterization of grain quality is essential in supporting farmers. This characterization allows us to differentiate the level of use of barley not only for human consumption but also as feed for livestock. In a first phase, a participatory selection tested by the farmers in the region of Sidi Bel-Abbes was used to select from 75 lines put in experimentation, 8 lines from 2005 to 2010. This choice is based on participatory visual selection of real varietal evaluation under their conditions.

Our goal is to introduce new varieties better adapted to our climate, disease resistant and with good technical quality to certify and enroll them in the national catalog.

This contribution allows us to study the technological quality of introduced barley lines from ICARDA by using tools that allow the producer to select and evaluate the quality in comparison to the two check varieties (Rihane 3 and Saida 183) grown in the region and taken as references. These eight lines were selected by farmers [6].

## **MATERIAL AND METHODS**

### **Plant Material**

Two varieties of barley, widely grown in the region (SAIDA 183 and Rihane 3) were compared with eight lines (large scale) from PPB in different farmer's site in the wilaya of Sidi Bel Abbes [6]. The determination of the quality of the eight lines listed in Table 1 represents the trial from the 2011, 2012 and 2013.

### **Testing facility**

As a part of the PPB program the trials were conducted from 2005 to 2010 in different sites of the wilaya of Sidi Bel Abbes, with the participation of farmers. The trial was conducted with elementary plots that were subject to a visual evaluation of plant height, ear size, grain weight and grain yield by farmers. The characterization of the quality of grain on harvested barley of 2011, 2012 and 2013 was done in this study.

### **Physical analysis**

The analysis was performed in the food technology laboratories at ICARDA Aleppo (Syria) and the University of Sidi Bel Abbes to evaluate the physicochemical and biochemical characters of lines of barley. Physical analysis of grain Calibration (plumpness) is an indicator of grain size and homogeneity. This criterion is determined by screening 100 g of barley of barley on a series of sieves of different opening (2.8, 2.5 and 2.2 mm). Refusal to each sieve is weighed to determine the percentage [7]. Weight per hectoliter (HW) is determined by measuring the mass of barley grain in a volume by free flow of a sample through a funnel into receptacle with a Nilema liter [8]. The weight of one thousands of whole grains is determined by rid of impurities and counted, using counter grains (Numigral) [9]. The envelopes rates (Husk percentage) based on a weight of 20 grams peeled using a brush for 20 seconds. After the shelling operation is finished we proceed to the weighing of grain without envelopes to determine their percentage rates. Grain hardness (hardness kernel) which can

express the rate of extraction is carried out on 5 grams of husked grains after grinding is placed on a 200 mesh sieves (75 $\mu$ m) for 10 minutes. Then the transition rate is determined through the sieve [7].

### **Chemical analysis**

The protein and beta-glucan rates are calculated for barley free from impurities using a spectrophotometer in the near infrared (NIR system model 5000 scanning monochromator instrument) that was calibrated by assay of nitrogen [10]. The samples were milled using a UDY Cyclone mill with a vacuum sieve of 1 mm mesh. The 200 mg sample is analyzed as received, and it is not dried before analysis. The water content is also measured and the results are expressed on a dry matter basis. The dosage of iron and zinc is effectuated by the atomic absorption spectrophotometer after mineralization of 5 g of sample in an acid medium [11]. The time Hagberg falling was determined according to the norm [12]. The ash content is obtained by burning a sample of grains to a temperature of 900 °C according to the standard [13]. Concerning the test of germination we put in germination a sample of grain of barley at 20 ° C for eight days with alternating light at 08heures/16 hours [14].

### **Statistical analysis**

Statistical analysis was performed using the Statview 0 5 program (SAS Institute) [15]. The results are expressed to the parameters determined as the mean and standard deviation of the mean. Simple regression analysis was used to derive the correlation coefficient between the different variables identified.

## **RESULTS**

The destination of barley in Algeria is to get a meal to make bread, cake or couscous but also for animal feed. Grain quality is essential for commercial use.

Analysis the technological quality was evaluated according to the parameters used in similar studies [16, 7].

The aim of this comparative study is to establish an inventory of physical and chemical characteristics of barley lines tested for three successive campaigns (2011, 2012 and 2013). The results of the different lines compared to two check varieties (Saida 183 and Rihane 3) . These two varieties were chosen as the standard because they are widely cultivated in the region. Barley has for a long term been selected to improve production and quality of food use. This selection was made primarily on yield per hectare and the physico-chemical characteristics of the grains. Thus the parameters to characterize barley grains such as 1000 kernel weight, hectoliter weight, protein, grain size are potentially interesting indicators.

Analysis of the results shows a positive evolution of the weight of 1000 grains (TKW) in the third year of study (2013) for all lines. Probably due to the better rainfall (520,8 mm compared to the two other years 355,3 and 295mm)( Table 3). The mean value ranges from 39,6g to 47.6g with a mean of  $43.2 \pm 2.3$ . The most important values are obtained by LS17 ( $45.3 \pm 8.7$ ) LS16 ( $44.7 \pm 5.6$ ) LS20 ( $43 \pm 8.8$ ) and LS22 ( $43.1 \pm 6.6$ ) (Table 2).

The mean protein contents are more stables and the values turn around 10. But depending the years the results are variables. It varies between  $9.7 \pm 0.78$  and  $11.0 \pm 0.70$  with a mean value of  $10.35 \pm 0.39$  (Fig 1). The average value of all the lines is greatly reduced when switching from one year to another. The highest level corresponds to lines LS18 ( $10.76 \pm 1.43$ ) LS22 ( $10.61 \pm 1.1$ ) LS16 ( $10.5 \pm 2.08$ ) and LS17 ( $10.46 \pm 1.76$ ). Whatever the values recorded, they are lower than Saida 183 ( $11 \pm 0.7$ ) and equal or superior to the variety Rihane.

Regarding the hardness of the grains, expressing the extraction through a 75 $\mu$ m sieve, the value of the rate of extraction varies from 47% (LS16) to 51.75% (LS17, LS18 and LS22) with an average value of  $50, 6 \pm 1.6$ (Table 3). These observed values are lower than Saida183 (54.3).

The comparison of the lines for the mean values of the calibration of grain (kernel plumpness) shows that there is not a significant change for 2012 and 2011, The LS16 lines ( $88 \pm 9$ ), LS9 ( $81 \pm 16$ ) and LS22 ( $73.8 \pm 20$ ) separate from the other lines by higher values compared with the variety Saida 183 (71.9%) (Table 4).

Concerning the husk kernel, globally the 2011 seem to be more favorable than 2012 because the maximum mean (17.8 and 16.5). Here also the difference is due to the higher rainfall (355,3mm for 2011 against 295,2mm for 2012). Envelopes of the grains rate, explaining their thickness varies from  $15.7 \pm 0.6$  (LS18)  $17.1 \pm 1.4$  (LS17) with a mean value of  $16.3 \pm 0.45$ , almost equal to Saida 183. The LS17 line has the highest value with LS16 ( $16.9 \pm 1.2$ ).

For the content of  $\beta$ -glucan, the differences are less important between lines in the years 2011 and 2012. But there has been a decrease in the second year (5.3 against 3.8 as mean). The content ranges from 3.3 % to  $4.5 \pm 1.13$  % with an average value of  $4.45 \pm 0.9$ , greater of Saida183 (3,3). Concerning the Zinc and Fe content the line LS 18 present the values the most important of 39.4 and 41.8 mg/kg respectively (Table 5). The values of HW are situated between 60.9 and 64.7 kg hl. The chosen lines present values larger than the check varieties Saida 183 and Rihane (Table 5). The Hagberg falling number (index of fall) value varies from 96 seconds to 634 seconds with a mean value of 466. Regarding ours results the entire of lines present a germination power which varies from 84% to 99%.

## DISCUSSION

The objective of this study was to determine the physiochemical and technological characteristics of some barley lines from the first participatory breeding in Algeria. This selection involves farmers in the evaluation and selection of new lines.

Five lines chosen by farmers have Saida183 as a parent. These are lines LS9, LS16, LS18, LS20 and LS22. The comparative analysis of different lines from the

variety Saida 183 has led us to make interesting observations. The grain size is a key characteristic of varietal issue and is used as an indicator of technological efficiency (semolina or malt yield). The grain size is a determining factor in predicting quality. It is often expressed by the thousand grain weight [17]. The average value of thousand kernel weight was  $43.2 \pm 2.3$  According [18], barley means grains have a thousand kernel weights between 42g and 48g. Therefore the lines LS17, LS16, LS20 and LS22 consist of medium to higher grain. Grain size (kernel size or plumpness) is a determining factor especially for barley for malting. All of the lines have 68.4% of medium grains, whereas the grains of malting barley should be greater than 90%. Lines LS16, LS22 and LS9 have values greater than that of the variety Saida 183. The total protein has a relatively low amplitude measurement on all the lines tested. The mean value is a of  $10.35 \pm 0.39$ . To meet the needs of brewer's protein content must be between 9.5 and 11.5% [19]. So the lines LS18, LS22, LS16 and LS17 have higher levels. Specific weight representing the weight of a hectoliter (WH) of grain can be connected either to the density of the grain is in the grain size. High specific weight means for high semolina yield barley. The average value of the specific weight of the different lines was  $62.94 \pm 1.4$ . The lines LS20 (64.77), LS15 (64.61) and LS16 (64.24) have the highest values greater than Saida 183 used as control (60.9). According to the Algerian regulations applicable to barley between producers and storage agencies the WH is limited from 58 to 62 kg / hl [20]. Therefore all lines have a higher PHL and are consequently subjected to bonuses in commercial transactions. As with wheat, semolina value can be defined as the ability of barley to give in industrial conditions, a high yield of semolina. The only correct measurement of semolina value is one that is used for milling test. Now this semolina value is assessed empirically by determining the WH. For feed barley minimum WH is 61-64 kg / hl [21]. However the characteristics of the quality of barley used as fodder are less defined or for human consumption [22]. The Weight of hectoliter is negatively correlated to the protein content, iron, zinc and hardness with respectively correlation coefficients of -0.69, -0.60, -0.48 and -0.60. Which show that the correspondence is negatively correlated to the three aspects.

The hardness is considered one of the major factors that affect the transformation process of the quality of barley [23]. [24] Reported that the varieties of malting barley are tender (soft) while hard varieties are not suitable for malting. Barley hard is best used as a food [25]. The hardness reflects the state grain texture and cohesion of particles in the endosperm. According to the state of hardness, barleys are rated on a scale of increasing hardness of weak to strong. Breeders prefer low hardness barley as cattle food. The hardness of barley may have a great influence on the grinding process, the energy required to crush the grain and starch damage in barley flour [24]. In our study the hardness is explained by the measurement of fine particles obtained by grinding rates and standardized screening. The average value of the hardness is  $50.9 \pm 1.83$  and varies from 47 and 51.7%. Thus the lines LS17, LS18 and LS22 having high values may be used for the production of barley flour. The percentage of the envelope (husk percentage) of the different lines of barley varies from 15.7 to 17.1% with a mean value of  $16.3 \pm 0.45$ . The LS18 line has the lowest value by comparing with other lines and Saida183 (16.4%). A positive correlation was found between the husk content and thousand grain weights (0.76). The ash content varies from 2.24 to 2.61%, with a positive correlation with the thousand grain weight (0.50). Iron and zinc are found mainly in plants. Iron and zinc are essential minerals for good human health [26]. In our study the iron content of the lines varies from 20.5 to 41.8 mg / kg, while the zinc content varies from 16.8 to 34.9 mg / kg. The LS18 line presented the highest values of iron and zinc. These values are higher than those of the control varieties. The levels of iron and zinc are strongly and positively correlated with each other (0.83). The iron and zinc content is positively correlated with protein content of 0.64 and 0.58 respectively. In a selection in Kazakhstan, the content of  $\beta$ -glucan in barley grain varies from 2.6 to 6.2% for spring barley and 2.2 to 5.7% for winter barley [27]. The high fiber content suggests that the grain may have potential as an ingredient in foods that promote health [28]. The content of  $\beta$ -glucan of different lines varies between 3.3 and 4.45%. These values are higher than the control varieties and are consistent with those previously made by [27]. The production of food from these lines can meet the demand of new foods for

health consumers. Several authors have shown that soluble dietary fiber and  $\beta$ -glucan are of particular interest to consumers because of their effects on blood cholesterol and glucose levels in the blood [29, 30]. Thus, the selected lines can be used as sources of  $\beta$ -glucan in foods promoting the health of consumers. Measuring the Hagberg falling number (enzyme activity) highlights an important difference between the lines and control varieties. And the lines have values ranging from 96 seconds (LS9) 634 seconds (LS5) and a mean value of  $430.9 \pm 182$  seconds. The knowledge of the potential of Hagberg is important in view of the process of development of the dough during use of barley flour as improving in bread making. Enzyme activity evaluates the ability of the enzymes of barley (alpha and beta amylase) scarifying the malt starch. The power of germination (PG) and germination energy (EG) are considered indicators of the quality of the seed. They promote healthier crops and higher yields. The EG and PG of different lines vary from 84 to 100% and from 42 to 50% respectively. So the lines express acceptable values ( $> 85\%$  minimum limit for commercial barley) and allow producing seedlings and getting a healthy, clean harvest, which will result in increased confidence of planting.

## CONCLUSION

The main objective of this study was to characterize the physicochemical and technological parameters of eight barley lines derived from PBB and grown for three successive years compared with two local varieties (Saida 183 and Rihane 3). This work is in the PBB project initiated by ICARDA and INRA. It is a part of the theme of adoption of new lines that offer a high quality. This first attempt of participatory selection in Algeria has shown clearly that it was possible to introduce new varieties of barley under semi-arid conditions. The aim of PPB is not only to get good performance with well-adapted varieties but also to improve the cultivation of barley, the regularity of yields and quality of use of barley. The results allowed us to confirm the choice of farmers with breeders. The lines with a

parent Saida variety have given interesting results and following identification by farmers. [31] State the coincidence between the entries selected by breeders and farmers was very high in Morocco, but very low in Tunisia and Syria. The comparative analysis of the results shows a positive trend during the years. Of all the lines, the differences between the results recorded lines compared with control varieties can be explained by genetic makeup, as all lines were grown under the same environments conditions. Unfortunately, it was difficult to combine the lines according to all analysis. It should be noted that the LS5 lines, LS9 and LS16 have presented high hardness explained by a weak flour extraction rate. The other lines are well suited for the production of flour. The average value of thousand kernel weight was  $43.2 \pm 2.3$ . The protein content ranges from 9.7 to 11.0%. The characteristics of the lines in  $\beta$ -glucan give a benefit to the health of consumers with acceptable average value of  $4.04 \pm 0.36\%$ . The LS18 line is a major source of zinc and iron with values 34.9 and 41.8 mg / kg respectively with a high level of protein content (10.76). The germination potential was excellent ( $93.5 \pm 5.8\%$ ). This work demonstrates that it is possible to organize a breeding program so that farmers are becoming major players in the selection of new cultivars.

Following the results achieved, it would be recommended to continue the work on the technological quality that meets the requirements of making bread and couscous. This work must be prepared in collaboration with ICARDA, INRA and the University of Sidi Bel Abbes.

## REFERENCES

- 1- Saulnier L, 2012. Les grains de céréales : diversité et compositions nutritionnelles. Cahier de nutrition et diététiques 47, 54-515.
- 2- Benmohammed A, 2004. La production de l'orge et possibilités de développement en Algérie. Céréaliculture. 41, 34-38. ITGC, Alger.
- 3- Khaldoun A, 1989. Etude du comportement de l'orge exploitée à double fin. Fourrages, 117, 77-88.
- 4- El-Haramein FJ, Grando S, 2008. Determination of iron and zinc content in food barley. Proceedings of the 10th International Barley Genetics Symposium, Alexandria, Egypt.
- 5- Grando S, Macpherson HG, 2005. Food Barley: Importance, Uses and Local Knowledge, ICARDA.
- 6- Reguieg MM, Labdi M, Benbelkacem A, Hamou M, Maatougui ME., Grando S, Ceccarelli S, 2013. First Experience on Participatory Barley Breeding in Algeria Journal of Crop Improvement, Volume 27, Number 4, 469-486.
- 7- Williams PC, El-Haramein FJ, Nakkoul H, Rihawi S, 1988. Crop quality evaluation, methods and guidelines. Technical Manual N°.14 ICARDA, Aleppo, Syria.
- 8- Norme AFNOR, NF V03-719, 1996. Céréales : détermination de la masse volumique, dite masse à l'hectolitre.
- 9- Norme AFNOR, NF V03-702, 1981. Céréales : détermination de la masse de mille grains.
- 10- AACC (American Association of Cereal Chemists), 1983. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, 8<sup>th</sup> ed. Method 46-12. The association, St Paul, MN.
- 11- Health Canada, 1985. Sample preparation by dry ashing for the determination of various elements by flame atomic absorption spectroscopy. Health Protection Branch Laboratories, Bureau of Nutritional Sciences, Ottawa, Canada
- 12- Norme AFNOR, NF V03-703, 1997. Céréales et produits céréaliers: détermination de l'indice de chute selon Hagberg-Perten.
- 13- Norme AFNOR, NF V03-720, 1981. Céréales et produits de mouture: détermination des cendres- méthode par incinération à 900°C.
- 14- Norme AFNOR, NF V03-745, 1985. Orge de brasserie- Essai de germination.
- 15- Caldorola J, Dilmaghani A, Gagnon J, Soper C, Wasserman E, 1998. Stat View for Windows version 5: Cary, NC 27513. SAS Institute Inc.
- 16- Rozenhal E, 1975. Wheat quality evaluation. 3 Influence of genotype and environment. Canadian Journal of Plant Science, 55, 263-269.

- 17- Edney MJ, Marta S, Izydorczyk SJ, Symons, Woodbeck N, 2003. Mesure de la couleur et de la taille du grain d'orge pour prédire la qualité d'utilisation finale du malt. Commission Canadienne des grains. pp19.
- 18- Chasseray P, 1997. Caractéristiques physiques des grains et leurs dérivés in : B Godon, C. Willm. Les industries de première transformation des céréales. Sciences et techniques agro-alimentaires. Editions Lavoisier, 2, 85-115.
- 19- Hariri A, 2003. Etude et modélisation de la trempe en malterie, thèse I.N.P.L., spécialité : biotechnologie et industries alimentaires, Nancy (France).
- 20- DE, n°88-152 du 26.07.1988 fixant les barèmes de bonification et de réfaction applicables aux céréales et aux légumes secs. Journal Officiel de République Algérienne.
- 21- Bar-l'Helgouach C, 2001. Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux. Guide pratique. Institut technique des céréales et des fourrages (ITCF). Laboratoire qualité des céréales. Paris, pp265.
- 22- Fox GP, 2010. Chemical Composition in Barley Grains and Malt Quality. Genetics and Improvement of Barley Malt Quality. Advanced Topics in Science and Technology in China, pp 63-98.
- 23- Baik BK, Ullrich SE, 2008. Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. J. Cereal Sci. 48: 233-242.
- 24- Ullrich SE, Baik, BK, Quinde AZ, Nair S, 2010. Barley for food: Traits and improvement. p. 563-575. In S. Ceccarelli and S. Grando, (ed.). Proc. 10<sup>th</sup> Intl. Barley Genet. Symp. ICARDA, Aleppo, Syria.
- 25- Māra B, Zinta G, 2012. Grain quality traits important in feed barley. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences. Volume 66, 1-2.
- 26- Yan J, Wang F, Rongzhi Y, Tangfu X, Tzion F, Yehoshua S, Abraham K, Eviatar N, Jianping C, 2013. Natural Variation in Grain Iron and Zinc Concentrations of Wild Barley, *Hordeum spontaneum*, Populations from Israel. Proc. 11<sup>th</sup> Int Barley Genet. Symp. Advance in Barley sciences pp 169-183.
- 27- Abugalievai AI, Sariev BS, Grando S, El-Haramein F, Shevstov VM, 2012. Significative of  $\beta$ -glucan in barley grain during breeding for brewing and nutritional proprieties. Russian Agricultural sciences. 38, 89-93.
- 28- King RA, Noakes M, Bird AR, Morell MK, Topping DL, 2008. An extruded breakfast cereal made from a high amylose barley cultivar has a low glycemic index and lower plasma insulin response than one made from a standard barley. Journal of Cereal Science Volume. 48, 526–530.

- 29- Wu YV, Stringfellow AC, Inglett GE, 1994. Protein and  $\beta$ -glucan enriched fractions from high-protein, high  $\beta$ -glucan barleys by sieving and air classification. *Cereal Chemistry*, 71, 220-223.
- 30- Bhatta RS, 1999. The potential of hull-less barley. *Cereal Chemistry*, 76, 589-599.
- 31- Ceccarelli S, Grando S, Bailey E, Amri A, El Felah M, Nassif F, Rezgui S, Yahyaoui A, 2001. Farmer participation in barley breeding in Syria, Morocco and Tunisia. *Euphytica*, 122: 521–536.

**Table 1.** Technical specification of lines studied

Line	Name	Pedigree	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/Lignee 527/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

**Table 2.** Weigh and protein content of 1000 grains from lines studied

Lines	TKW (g)				Proteins (%)			
	2011	2012	2013	Mean±SD	2011	2012	2013	Mean±SD
Ls5	42.1	32.1	44.7	39.6±6.6	10.5	10.0	9.64	10.04±0.43
Ls9	42.1	36.9	47.2	42.1±5.1	10.4	10.1	9.73	10.07±0.33
Ls15	44.1	32.3	50.1	42.2±9.0	10.8	10.0	9.3	10.03±0.75
LS16	44.4	39.3	50.5	44.7±5.6	12.9	9.2	9.4	10.5±2.08
LS17	48.5	35.4	51.9	45.3±8.7	11.0	8.5	11.9	10.46±1.76
LS18	41.9	32.5	48.3	40.9±7.9	11.2	12.0	9.1	10.76±1.43
LS20	39.1	36.8	53.1	43.0±8.8	10.6	9.2	9.3	9.7±0.78
LS22	37.5	38.7	53.0	43.1±6.6	10.4	11.8	9.63	10.61±1.10
Saida 183	-	44.4	50.9	47.6±4.5	-	10.5	11.5	11.0±0.70
Rihane 3	-	33.5	52.9	43.2±13.	-	11.0	9.7	10.35±0.91
<b>Mean±SD</b>	42.5±3.36	36.2±3.9	50.3±2.8	43.2±2.3	10.97±0.82	10.13±1.13	9.92±0.96	10.35±0.39
<b>Minimum</b>	37.5	32.1	44.7	39.6±6.6	10.4	8.5	9.1	9.7±0.78
<b>Maximum</b>	48.5	44.4	53.1	47.6±4.5	12.9	12	11.9	11.0±0.70

**TKW:** thousand kernel weight



**Table 3:** Correlation coefficient of Rainfall between weight of 1000 grains and prot

	Weight of 1000 grains					Pro		
	2011	2012	2013	Correlation coefficient	Mean	2011	2012	
<b>Rainfall/mm</b>	355.3	295.2	520.8	-	-	355.3	295.2	
<b>Mean±SD</b>	42.5±3.36	36.2±3.9	50.3±2.8	0.98	43.2±2.3	10.97±0.82	10.13±1.13	9
<b>Minimum</b>	37.5	32.1	44.7	0.984	39.6±6.6	10.4	8.5	
<b>Maximum</b>	48.5	44.4	53.1	0.974	47.6±4.5	12.9	12	

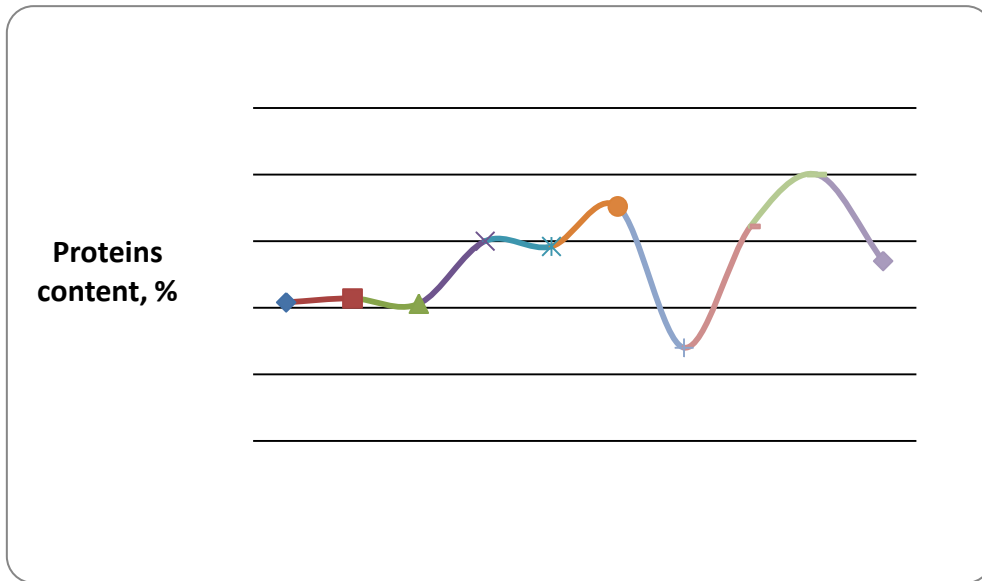
**Table 4.** Calibration values of grain of different lines studied

Lines	Hardness (%)			Plumpness (%)			Husk (%)		
	2011	2012	Mean±SD	2011	2012	Mean±SD	2011	2012	Mean±SD
Ls5	52.0	49.1	50.55±2.05	94.7	40.7	67.7±38	15.6	15.8	15.7
Ls9	51.9	50.8	51.35±0.77	93.0	69.1	81.0±16	16.1	15.9	16.0
Ls15	51.0	49.2	50.1±1.27	95.0	45.5	70.2±35	16.9	15.8	16.3
LS16	42.0	52.1	47.05±7.14	94.3	81.7	88.0±9	17.8	16.1	16.9
LS17	52.4	51.1	51.75±0.91	94.9	40.1	67.5±39	18.1	16.1	17.1
LS18	54.0	49.4	51.70±3.25	89.7	22.9	56.3±47	15.3	16.2	15.7
LS20	51.6	50.6	51.1±0.70	85.9	46.6	66.2±28	16.3	15.9	16.1
LS22	51.8	51.7	51.75±0.07	88.0	59.6	73.8±20	16.4	16.3	16.3
Saida 183	-	54.3	54.3	-	71.9	71.9	-	16.4	16.4
Rihane 3	-	49.9	49.9	-	41.5	41.5	-	16.5	16.5
<b>Mean±SD</b>	50.8±3.7	50.8±1.6	50.95±1.83	91.9±3.6	51.9±18	68.4±12.7	16.56±0.98	16.1±0.24	16.3
Minimum	51	49.1	47.05±7.14	85.9	22.9	41.5	16.1	16.1	15.7
Maximum	54	54.3	51.75±0.07	95.0	81.7	88.0±9	17.8	16.5	17.1

**Table 5.** Physiochemical data of lines studied

<b>Lines</b>	<b>Zn (mg/kg)</b>	<b>Fe (mg/kg)</b>	<b>HW (kg/hL)</b>	<b>Ash (%)</b>	<b>I. of fall (s)</b>	<b>EG (%)</b>	<b>PG (%)</b>
Ls5	20.1	28.1	62.43	2.24	634	43	85
Ls9	23.6	22.0	63.34	2.28	96	47	90
Ls15	16.8	23.9	64.61	2.34	477	50	99
LS16	21.7	25.8	64.25	2.48	621	42	84
LS17	17.5	26.9	61.57	2.38	525	48	96
LS18	34.9	41.8	61.35	2.34	458	48	96
LS20	20.7	23.9	64.77	2.61	504	49	97
LS22	25.4	28.8	63.56	2.33	414	45	90
Saida 183	25.6	32.5	60.99	2.48	453	49	98
Rihane 3	23.3	20.5	62.58	2.55	127	50	100
<b>Mean±SD</b>	22.96±5.15	27.42±6.14	62.94±1.4	2.4±0.12	430.9±182.5	47.1±2.8	93.5±5.8
<b>Minimum</b>	16.8	20.5	60.99	2.24	96	42	84
<b>Maximum</b>	34.9	41.8	64.7	2.61	634	50	100

**HW:** weight of a hectoliter, **EG:** energy of germination, **PG:** power of germination, **I of fall:** index of fall (Hagberg falling number of barley flour).



**Figure 1.** Protein content of different lines studied

**LES COMMUNICATIONS  
NATIONALES ET  
INTERNATIONALES  
DANS  
LE CADRE DE LA THESE**

## ATTESTATION D'ACCEPTATION

20 Mai 2015

Cher(e)s collègues

Le comité d'organisation du premier séminaire national sur la Biodiversité, l'environnement et la Sécurité Alimentaire (**Biosec, 20-21 Octobre 2015**)/ Laboratoire de Recherche Technologie Alimentaire (**LRTA**), a le plaisir de vous informer que votre résumé intitulé, «*Caractérisation de la qualité des lignées d'orge issues de la première sélection participative en Algérie* » au nom de Mr. **ZAIRI Mohamed** a été retenu pour une **présentation orale**.

Le comité d'organisation vous remercie pour l'intérêt que vous portez au séminaire **Biosec2015** et espère vous voir bientôt à Boumerdes. Le programme préliminaire du séminaire sera publié prochainement sur le site Web : [www.univ-boumerdes.dz](http://www.univ-boumerdes.dz)

**Correspondance** : Laboratoire de Recherche  
Technologie Alimentaire, Faculté des Sciences  
de l'Ingénieur, cité frantz fanon, Université  
M'hamed Bougara, 35000-Boumerdes.  
Tél./Fax: 024 91 11 16 ; Mob, 0551 55 08 19  
E-mail : [confirmationbiosecbio@gmail.com](mailto:confirmationbiosecbio@gmail.com)

Cordialement,

رئيس اللجنة المنظمة  
BIOSEC 2015  
زيداني سفيان





SPZSA-DASC Série de Conférences  
Université Mohamed Boudiaf - M'sila,  
Faculté des Sciences,  
Département des Sciences Agronomiques  
04 - 05 Novembre 2015 - M'Sila-Algérie



31 Juillet 2015

## Acceptation/ Lettre d'invitation

Ref: *SES/04/OR 158*

Statut: *Accepté*

Nous sommes heureux de vous informer que le comité scientifique et technique du premier séminaire international sur les SPZSA-DASC après évaluation compétitive a décidé d'accepter votre soumission pour la présentation.

**SPZSA-DASC01** Premier Séminaire International sur les Systèmes de Production en Zones Semi-arides. Diversité Agronomiques et Systèmes de Cultures **qui se tiendra le 04 et le 05 Novembre 2015, M'sila-Algérie.**

**ID Papier: SES/04/code 158 Présentation Orale.**

**Auteurs:** ZAIRI Mohamed, BOUCHENTOUF Amina Nawel, HADJAM Nawel, BENALI Mohamed, LABDI Mohamed, HAMOU Mimoune.

**Titre de Communication:** LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DE QUELQUES LIGNEES D'ORGE ISSUE DE LA SELECTION PARTICIPATIVE EN ZONES SEMI-ARIDES.

**Affiliation:** Laboratoire technologie alimentaire, Université de Sidi Bel Abbes, Algérie.

**Les communications acceptées seront publiées dans un numéro spécial de la revue agriculture éditée par l'UFAS Sétif – 1 au cours de l'année 2015.**

Nous attendons avec intérêt de rencontrer tous les auteurs de notre conférence.

**Président du Séminaire**

Dr Ramdane Benniou