

Inscrit Sous n° 462
Date: 14-09-10
Cote: 14-09-10

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université ABOU BEKR BELKAID –Tlemcen-
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département de Biologie
Laboratoire Des Produits Naturels



Master Bio - 14/01
Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie

Option :

« Sciences des Aliments »

Thème :



*Contribution à l'étude de la
valeur nutritive du seigle*

Présenté par : M^{me} Snaina née BELHARIZI Amel

Soutenu le : 13 juillet 2010.

Devant le jury composé de :

M ^r Lazzouni A.	Président	MCA	Université de Tlemcen
M ^r Belout L.	Examineur	MAA	Université de Tlemcen
M ^r Benamar CH.	Examineur	MAA	Université de Tlemcen
M ^{me} Belarbi M.	Promotrice	Professeur	Université de Tlemcen

Remerciements

Avant tout je remercie **Dieu** tout puissant de m'avoir aidé à réaliser ce modeste travail.

Ce sujet a été proposé par Madame **BELARBI M.**, Professeur à l'université de Tlemcen et responsable de la post graduation du département de Biologie, Je lui exprime mes plus vifs remerciements ainsi que ma profonde gratitude pour avoir orienté, dirigé ce travail et également pour tous ses conseils dans l'élaboration et la conception de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur **LAZZOUNI A.**, Maitre de conférences à l'université de Tlemcen, qui me fait l'honneur d'être le président de ce jury.

Je suis également très honorée de la présence, dans ce jury Monsieur **BELOUT L.**, Maitre de conférence classe A, à l'université de Tlemcen.

Je remercie de même Monsieur **BENAMAR CH .**, Maitre Assistant classe A, à l'université de Tlemcen, pour avoir accepté d'être un membre de jury.

Je tiens à remercier tous les membres du laboratoire des produits naturels (LAPRONA) de l'université de Tlemcen, en particulier, **M^{me} SOUALEM Z.** et **M^r. NANI A.** pour les aides techniques, qui m'a permis de réaliser ce travail.

Enfin, mes vifs remerciements à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

■ *A mon Père et ma Mère qui m'ont encouragé tout le long de ma vie et que dieu les protèges.*

■ *A mon cher mari ABDELMADJID en reconnaissance de l'aide morale qu'il m'a apporté.*

■ *A ma très chère et regrettée Sœur NAIMA qui nous a quittés trop tôt, laissant derrière lui un grand vide. Mon unique regret, c'est son absence parmi nous aujourd'hui.*

■ *A ma très chère et adorable nièce INES et son papa REDA que je leur souhaite un avenir radieux plein de réussite.*

■ *A mes très cher frère FATEH pour son aide physique et morale qu'il m'a apporté et HOUSSEM que je leurs souhaite un bon avenir.*

■ *A mes beaux-parents, pour tout le respect que je leur doit.*

■ *A mes très cher belles Sœurs NAIMA et BATOUL.*

■ *A mes très chères amies : NOUR EL-HOUDA, AMEL, NAWEL, AMINA, MERYEM, FATIMA.*

■ *A mes très chères cousines : RACHIDA, NOURIA, WAHIBA, SIHEM, SAMIA, FATINE, FATIMA.*

■ *Enfin à tous (tes) les étudiants(es) de la promotion Sciences des Aliments 2009-2010 avec lesquels j'ai partagé mes meilleurs années.*

A la mémoire de ma grande mère.

Amel

Liste d'abréviation

AG :	acide gras
cm :	centimètre
° C :	Degré Celsius
DO :	Densité Optique
g :	Gramme
L :	Litre
M :	Molaire
mg :	Milligramme
min :	minute
ml :	millilitre
mm :	millimètre
MS :	Matière Sèche
MG :	Matière Grasse
N :	Normal
nm :	Nanomètre
µl :	Microlitre
% :	Pourcentage
Moy :	Moyenne.
µ :	Micro
h :	Heure
m :	Mètre
V :	volume
T° :	température
K₂SO₄ :	sulfate de potassium anhydre
CuSO₄ :	sulfate de cuivre
H₂SO₄ :	acide sulfurique
α :	Alfa
H₂O₂ :	peroxyde d'hydrogène
NaOH :	soude caustique
NH₃ :	l'ammoniac
H₃BO₃ :	acide borique
HCL :	acide chlorhydrique
N :	Azote

Listes des figures

Figure 1 : les grains de seigle.....	4
Figure 2 : la composition d'un grain du seigle.....	7
Figure 3 : dosage des lipides (appareil de soxhlet).....	17
Figure 4 : dosage des protéines (l'étape de minéralisation)....	20
Figure 5 : dosage des protéines (l'étape de distillation).....	21
Figure 6 : dosage des fibres (Fibro-test).....	23
Figure 7 : l'échantillon préparé des sucres totaux.....	26
Figure 8 : Courbe d'étalonnage de D+ Glucose $\mu\text{g/ml}$	27

Liste des tableaux

Tableau 1 : classification classique du <i>Secale Cereale L</i>	5
Tableau 2 : La composition minérale du seigle.....	10
Tableau 3 : Les propriétés thérapeutiques du seigle.....	14
Tableau 4 : Teneur en matière grasse de quelques céréales.....	31
Tableau 5 : Teneur en protéines brutes en pourcentage par rapport à la matière sèche (MS) de quelques céréales.....	32
Tableau 6 : Teneurs en fibres alimentaires exprimées en pourcentage de matière sèche (MS)	33
Tableau 7 : la teneur en sucres totaux de quelques céréales.....	33
Tableau 8 : Teneur en matière minérale de quelques sons de céréales.....	34

Résumé

Blé, riz, sorgho, orge, millet, seigle, avoine comptent parmi les céréales aujourd'hui cultivées, surtout destinées à l'alimentation humaine. Parmi ces céréales, la grande majorité appartient à une même famille, celle des *poacées*. Les céréales fournissent aussi de la paille et le fourrage pour le bétail.

Le seigle c'est la seconde céréale utilisée pour la panification. En effet, le seigle se développe dans les zones où le blé ne pousse pas bien. En Allemagne en Pologne et en Russie, cette céréale nourrit les hommes depuis de nombreuses générations

Le seigle a une excellente valeur nutritionnelle : apport d'énergie sous forme d'amidon et d'un peu de lipides insaturés, apport de protéine, vitamine B et E, de minéraux, d'oligo-éléments et de fibres alimentaires. Toutefois, ces différents constituants nutritionnels sont inégalement répartis dans les grains. Sa valeur nutritionnelle est proche de celle du blé.

L'étude portée sur la composition chimique en métabolites primaires du seigle collecté à la région de LAMTAR wilaya de SIDI BEL-ABBES, montre la présence des sucres totaux avec un taux important estimé à **57.75%**, la teneur en fibres alimentaires est de **16%** ainsi que **13.56%** des protéines brutes.les lipides et les cendres qui sont représentés par les plus faibles taux estimés à **2.16%** et **2%** respectivement.

Mots clés : le seigle (*Secale Cereale L.*), composition chimique, métabolites primaires, valeur nutritive.

الملخص

يعد القمح و الأرز والذرة البيضاء و الشعير و الذرة البنية والجودار و الشوفان من بين الحبوب التي تزرع الآن، و المستعملة بالدرجة الأولى من أجل الإستهلاك البشري. تنتمي الغالبية العظمى من هذه الحبوب إلى عائلة واحدة و هي فصيلة النجيليات. الحبوب توفر أيضا القش و العلف للماشية.

يعد الجودار ثاني الحبوب المستعملة لصنع الخبز، وهو ينمو في المناطق التي لا ينمو فيها القمح بشكل جيد. في ألمانيا ، بولونيا ، و روسيا نجد بأن الجودار يغذي البشرية منذ أجيال عديدة..

الجودار له قيمة غذائية كبيرة فهو يوفر الطاقة في شكل نشاء و قليل من الدهون الغير المشبعة، البروتين،فيتامين " B " و " E "، المعادن، عناصر نذرة و الألياف الغذائية. لكن هذه المكونات الغذائية لا تتوزع بشكل منتظم في الحبوب. و للإشارة فإن قيمته الغذائية هي مماثلة للقمح.

ركزت الدراسة على التركيب الكيميائي للأيضات الأولية للجودار التي جمعت في منطقة لمطار ولاية سيدي بلعباس ،حيث تبين وجود سكريات مع معدل مرتفع يقدر بـ57.75% ، و الألياف الغذائية بنسبة 16% من المحتوى و أيضا البروتين بنسبة 13.56% ،الدهن و الرماد بمعدل منخفض 2.16% و 2% على التوالي.

الكلمات المفتاحية: الجودار (*Secale Cereale L.*)، التركيب الكيميائي، الأيضات الأولية، القيمة الغذائية.

Abstract

Wheat, rice, sorghum, barley, millet, rye, oats among the cereals now grown, especially for human consumption. Among the cereals, the vast majority belong to the same family, that of grasses. Grains also provide straw and fodder for livestock.

Rye is the second grain used for breadmaking. Indeed, rye grows in areas where wheat does not grow well. In Germany, in Poland and Russia, the grain fed humans over many generations

Rye has an excellent nutritional value: the provision of energy in the form of starch and a bit of unsaturated fat, protein intake of vitamin B and E and minerals, trace elements and dietary fiber. However, these nutritional components are unevenly distributed in the grain. Its nutritional value is close to that of wheat.

The study focused on the chemical composition of primary metabolites of the rye collected in the area of LAMTAR wilaya of Sidi Bel-Abbes, shows the presence of total sugars with a high rate estimated at 57.75%, the fiber content is 16%, and 13.56% of crude protein. The lipids and ash that represented through their lower rate estimated at 2.16% and 2% respectively.

Keywords: rye (*Secale cereale L.*), chemical composition, primary metabolites, nutritional value.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
I- Généralités sur le seigle	3
II - La composition chimique du seigle	7
III - L'utilisation.....	11
IV- les propriétés thérapeutiques du seigle.....	11
DEUXIEME PARTIE : EXPERIMENTALE	
I-Préparation du matériel biologique végétal.....	15
II-Méthodes d'analyses utilisées.....	15
1-Détermination de taux d'humidité.....	15
2-Détermination quantitatives des métabolites primaires.....	17
A-Dosage des lipides totaux.....	17
B-Dosage de l'azote total et les protéines brutes.....	18
C-Dosage des fibres alimentaires.....	22
D-Dosage des sucres totaux.....	25
E-Dosage des cendres.....	28
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION	
1/Taux de la matière sèche.....	30
2/Teneur en matière grasse.....	30
3/Teneur en protéines brutes.....	32
4/ Teneur des fibres	32
5/ Teneur en sucres totaux	33
6/Teneur en cendres (Matière minérale).....	34
CONCLUSION GENERALE.....	35
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....	36

Introduction

A l'heure où les recommandations alimentaires se font de plus en plus nombreuses, il est bon de se tourner vers des aliments présents depuis des millénaires, comme les céréales qui regroupent le blé, le seigle, l'orge et le triticale.

Les produits céréaliers sont d'une grande importance dans notre alimentation. L'une des recommandations du guide alimentaire Santé Canada, est de donner la plus grande part aux céréales, pains et autres produits céréaliers ainsi qu'aux légumes et aux fruits. (**Santé Canada, 2002**). *Le Guide alimentaire canadien pour manger sainement* tient compte de cette recommandation et insiste sur le choix de produits céréaliers à grains entiers ou enrichis.

Les autorités américaines, de leur côté, recommandent qu'au moins la moitié des produits céréaliers consommés soient à grains entiers (**Santé Canada, 2005**).

Ces recommandations sont basées sur les résultats de certaines études épidémiologiques qui indiquent que la consommation de grains entiers serait reliée à un risque moindre de maladies cardiovasculaires et de diabète, de certains cancers (**Campos et al, 2005**) et d'obésité (**Bazzano et al, 2005**). Ces effets bénéfiques seraient attribuables à la synergie entre les nombreux composés contenus dans les produits céréaliers à grains entiers, comme les fibres, les antioxydants, les vitamines et les minéraux. Comme la majorité de ces composés sont contenus dans le son et le germe, on a avantage à consommer et recommander les céréales les moins raffinées possible (**Slavin, 2003**).

Les produits céréaliers sont d'une grande importance dans notre alimentation, Bien que le seigle fût une céréale populaire à une certaine époque, il se retrouve rarement dans nos assiettes d'aujourd'hui. Pourtant, le seigle devrait avoir sa place dans une alimentation équilibrée, car il aurait divers effets bénéfiques sur la santé

À l'intérieur de la famille des graminées, le genre *Secale* (seigle) est très proche du genre *Triticum* (blé). Si bien que le seigle a d'abord été inclus dans ce dernier. Cette proximité botanique a d'ailleurs permis de croiser les deux grains pour en obtenir un troisième, le triticale, également offert dans le commerce. Le terme « **seigle** » est apparu dans la langue en 1350. Il vient soit du latin *secale* qui signifie « ce que l'on coupe », soit de l'ancien provençal *segle* (**Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2005**)

Notre travail a été réalisé en trois parties : la première partie est un aperçu bibliographique qui est considéré comme une introduction de ce présent travail, la deuxième partie est la partie expérimentale qui présente les différents matériels et modes opératoires utilisés et la troisième partie consiste à interpréter et discuter les résultats obtenus dans cette étude ; nous terminons enfin par une conclusion générale.

Donc ce présent travail vise à étudier la composition chimique de la céréale *Secale Cereale L.*, à savoir les métabolites primaires.

Partie I:

synthèse bibliographique

I- Généralités sur le seigle:

Les céréales sont un groupe de plantes cultivées appartenant, à l'exception du Sarrasin (blé noir), à la famille des *Poacées* (Guignard et Dupont, 2004). Cette famille, parmi toutes celles du règne végétal, occupe une place à part, non seulement par le nombre de ses espèces, 9000, mais encore son ubiquité, sa répartition et son intérêt humain, historique comme économique (Guignard et Dupont, 2004; Alais *et al*, 2003).

De plus les *Poacées* fournissent les éléments indispensables à la nourriture, soit directement par leurs céréales, leurs variétés sucrières, soit indirectement par les espèces fourragères apportant, par le biais de l'animal, les protéines dont nous avons besoin (Guignard, 2004).

Les graines alimentaires appartiennent à une dizaine d'espèces végétales. Les plus employées sont: le blé, le riz et le maïs. A cela il faut ajouter les céréales devenues secondaires actuellement: orge, seigle et triticales (Alais *et al*, 2003).

L'histoire du seigle (*Secale cereale*) et son origine restent aujourd'hui encore mystérieuses sur de nombreux aspects. Toutefois, l'ancêtre sauvage de cette plante serait originaire de l'Est et du Centre de la Turquie. Les premières traces du seigle cultivé ont été retrouvées dans plusieurs sites néolithiques de Turquie. L'ancêtre du seigle est *Secale montanum* Guss ($2n=14$) une espèce vivace morphologiquement très variables, il préfère les climats froids (Gnis, 2008).

Sur le plan morphologique: la tige est très longue (60 à 200 cm) et très souple, solide, dont les épis sont allongés et **barbus**. C'est, comme le blé, une céréale panifiable. Les feuilles sont très étroites et pointues. Les fleurs sont hermaphrodites et d'une structure à celle du blé et du l'orge. Environ 20 à 30 épillets forment l'épi. Comme chez l'orge les épillets n'ont pas de pédoncule, les glumes sont allongées et aigues à leur sommet; il y a deux fleurs par épillet.

Les caryopses, plus allongés et plus étroits que ceux de l'orge et le blé (MC Bean et Mc leod, 2007). Son système racinaire, très développé et très ramifié, peut atteindre plus de 2 m de longueur ce qui permet à la plante de croître sur des sols sablonneux et dans des habitats relativement sec. Le cycle de développement est comparable à celui du blé, mais plus court, la moisson du seigle à lieu avant celle du blé (Prats et Grandcourt, 1971).



Figure 1 : Les grains de seigle

Photo pris au labo

Le seigle appartient à la classe des monocotylédones de la tribu des Triticées, et au sous-tribu des triticinées. La famille des *Poacée*, le genre *Secale* et l'espèce la plus cultivée est *Secale cereale L.* (tableau n°1)

Tableau N°1 : classification classique du seigle (Frederiksen et Petersen, 1998)

<i>Secale cereale</i>	
Classification classique	
Règne	<i>Plantae</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Liliopsida</i>
Ordre	<i>Cyperales</i>
Famille	<i>Poaceae</i>
Sous-famille	<i>Pooideae</i>
Tribu	<i>Triticeae</i>
Genre	<i>Secale</i>
Espèce	<i>Secale Cereale L.</i>

Sur le plan écologique, il présente l'avantage, par rapport au blé, d'être plus rustique, plus résistant au froid, plus précoce et surtout mieux adapté aux terres froides, acides et lessivées. Jadis, on distinguait les ségalas, terres destinées à la production du seigle, situées sur les massifs anciens, et les fromentaux, terres plus riches des bassins sédimentaires où le blé pouvait être cultivé (**CHARVET, 1985**).

Depuis plusieurs décennies, la culture du seigle régresse régulièrement dans le monde. Néanmoins dans les régions aux terres pauvres et froides, cette céréale rustique offre de nombreux avantages. L'Europe de l'Est et la Russie produisent plus de 80% de la production (**Gnis, 2008**).

En France, la culture de seigle n'a cessé de décliner depuis le XIXème siècle. A l'époque, cette culture couvrait 2 millions d'hectares. De nos jours, la surface cultivée représente moins de 35 000 ha. On la retrouve principalement dans le Massif Central et en Sologne (**Gnis, 2008**).

Le seigle est l'une des céréales parmi les plus consommées dans le monde. Les principaux pays producteurs de seigle sont la Russie, le Belarus, la Pologne et l'Allemagne. Au Canada, le seigle est cultivé principalement en Saskatchewan (**Agriculture and Agri-Food Canada, 2004**).

Un grain de seigle entier a conservé tous ses éléments après avoir été récolté, c'est-à-dire le son, le germe et l'endosperme. La consommation des trois parties du grain est le meilleur moyen de bénéficier de tous les avantages de la céréale.

Le **son** est l'enveloppe protectrice du grain. Il contient des fibres, des vitamines du complexe B et des minéraux.

Le **germe** nourrit la graine de la plante et est à l'origine de sa croissance. Il contient principalement des vitamines, notamment des vitamines du complexe B et de la vitamine E, des minéraux et des acides gras insaturés.

L'**endosperme** est la couche intermédiaire du grain. Comme il contient des glucides et des protéines, c'est une source d'énergie. En outre, il renferme une petite quantité de vitamines et de minéraux (Ontario, 2010).

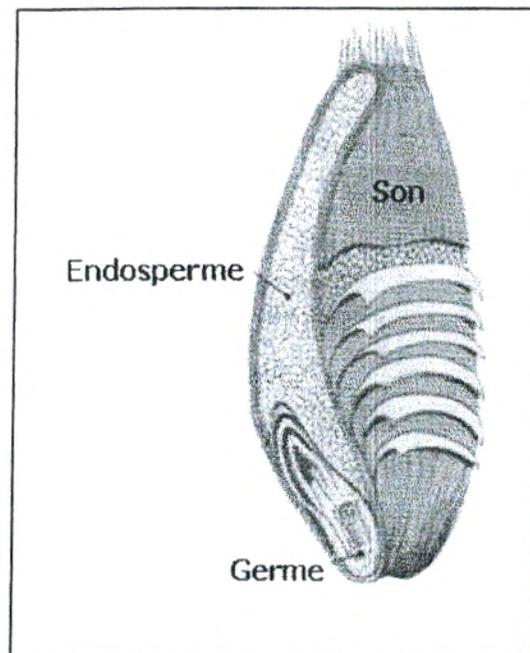


Figure n °2 : la composition d'un grain du seigle

http://wbc.agr.mt.gov/Consumers/diagram_kernel.html

II- La composition chimique du seigle :

Les céréales sont les **plantes cultivées** principalement pour leurs grains. En effet l'albumen amylicé, réduit en farine, est consommable par l'homme et par les animaux

domestiques. Il en est de même pour leur paille et le fourrage qu'elles procurent après une récolte à l'état vert.

La consommation des céréales est très élevée dans nos régions. Ce sont des produits énergétiques, stockés à long terme ; présentant une facilité lors de leur transport.

Les céréales sont déficientes en acides aminés notamment en lysine. De nombreuses recherches ont été réalisées entre autres en génétique dans le but d'améliorer leurs valeurs nutritionnelles en créant de nouvelles variétés (**Doumandji et al, 2003**).

Les macro-éléments dans le seigle sont les mêmes que dans les autres céréales: l'amidon, les fibres alimentaires, et de protéines. Seigle contient généralement moins d'amidon et de protéines brutes que le blé, mais plus en sucre et en fibres alimentaires. Parmi les sucres libres, de saccharose et de fructo-oligosaccharides dominant.

Dans le grain de toutes les céréales et en particulier le seigle, le constituant nettement majoritaire est l'amidon qui constitue environ les trois quarts de la matière sèche environ (**Godon, 1986**). Ainsi les pourcentages de constituants pariétaux sont très variables d'une céréale à une autre.

La famille des constituants qui vient en deuxième position mais avec une nette différence, est celle des fibres alimentaires. La majeure partie de ces fibres est composée d'arabinoxylan (60 %), de cellulose (15 %) et de bêta-glucane (9%) (**Leinonen et al, 2000**). Dont des fibres solubles 3 à 4% (**Lasztity, 1998 ; Härkönen et al, 1997**).

La plus grande partie des protéines sont des constituants de réserve du grain hautement polymérisés dont le pourcentage par rapport aux protéines totales estimé à 80% environ pour le blé, le maïs et l'orge à 60% pour le seigle et jusqu'à 25% pour l'avoine.

Les lipides présentent une teneur encore plus faible. Il y a deux types de céréales celles dont la teneur en lipides est faible, aux environs de 2 à 3% : blé, seigle ; et celles plus riches en lipides dont la teneur avoisine les 6% (Avoine). Ces dernières permettent de produire assez facilement de l'huile commerciale.

Les grains contiennent des éléments minéraux parmi lesquels tous sont représentés, avec une prépondérance très nette de potassium, de phosphore, de soufre et de magnésium.

Diverses vitamines, surtout du groupe B (B1, B2, B6), sont présentes dans les grains à des concentrations beaucoup plus faibles que dans les organes végétatifs ou les fruits. Le germe présente une richesse plus élevée surtout en vitamines E et B.

La couche externe de l'endosperme, la couche d'aleurone, est riche en protéines, minéraux et vitamines, notamment B-vitamines. Le seigle est une source particulièrement bonne de plusieurs minéraux, par exemple, le manganèse, le fer, le cuivre, le zinc, le sélénium, le magnésium et le fluor. La couche d'aleurone, c'est à dire la partie du grain très proche de la surface, est difficile à séparer du son (Clydesdale, 1994).

Tableau n°2 : La composition minérale du seigle (Brown, 2007)

	teneur
Énergie (kJ)	1323
Les éléments minéraux	
Calcium (mg)	64
Fer (mg)	5.1
Potassium (mg)	530
Magnésium (mg)	140
Les vitamines	
B 1 (mg)	0.35
B2 (mg)	0.17
B6 (mg)	0.29
E (mg)	2.0
Acide folique (mg)	0.14
B3 (mg)	1.8

III- L'utilisation :

De nos jours le seigle offre pourtant une grande diversité d'utilisation.

Pour l'alimentation humaine, le seigle est transformé en farine panifiable. Les pains de seigle ont la particularité de mieux se conserver que les pains de blé. De plus, d'un point de vue diététique, le seigle est reconnu pour sa valeur nutritionnelle. Les grains de seigle sont utilisés pour la fabrication d'alcool (vodka, whisky) (**Gnis, 2008**).

Le seigle est également utilisé pour l'alimentation animale. En grain ou en fourrage, le seigle possède une valeur énergétique similaire à celle du blé. Une des richesses du seigle est sa paille. Plus longue et fine que celle des autres céréales, la paille de seigle est utilisée pour confectionner des toits de chaume, des chaises et des matériaux isolants. Le seigle peut aussi être utilisé entre deux cultures pour éviter la migration des nitrates (**Gnis, 2008**).

IV- Les propriétés thérapeutiques du seigle :

Le seigle agirait entre autres contre les maladies cardiovasculaires, le diabète de type 2 et le cancer. Sa consommation améliorerait aussi la santé intestinale.

Grains de seigle contiennent également des polyphénols, par exemple, tanin (antioxydant qui inhibe l'activation des produits chimiques dérivés de mutagènes et cancérigènes et accélère le passage chyme), l'acide phytique et de vitamines et de minéraux (**Adlercreutz et Mazur, 1997**). L'acide férulique est le principal acide phénolique dans le seigle, contribuant à l'effet antioxydant de seigle (**Andreasen et al, 2000 ; Andreasen et al, 2001**).

Parmi les acides phénoliques du seigle, c'est l'acide caféique qui a le plus grand pouvoir antioxydant. Il est suivi par l'acide sinapique qui serait aussi un antioxydant potentiel. Vient

en dernier lieu le p-coumarique qui aurait moins d'effet antioxydant (**Ross et al, 2003 ; Andreassen et al, 2001; Andreassen et al, 2001**) que les trois autres.

Les effets positifs des fibres du seigle sont nombreux. Elles pourraient diminuer le taux de cholestérol en réduisant l'absorption des matières grasses et en aidant à la réabsorption de l'acide biliaire, dérivé du cholestérol dans le foie. L'acide biliaire joue un rôle important dans la digestion et l'absorption des graisses (**Pettersson et al, 1996**)

On retrouve dans le seigle des lignanes végétales et des isoflavonoïdes, deux types de phytoestrogènes qui pourraient avoir des effets préventifs contre certains cancers, tels que les cancers du sein et du côlon (**Adlercreutz, 2002**). Un faible apport en lignane pourrait être relié à une augmentation du risque de cancer du sein (**Hanf et Gonder, 2005**). Aux États-Unis, la proportion de cancer du sein est plus élevée qu'en Finlande. Ceci pourrait s'expliquer, entre autres, par une plus grande consommation de seigle chez les Finlandaises (**Hanf et Gonder, 2005**). De plus, le pain de seigle aurait la propriété d'augmenter le taux sanguin et l'excrétion urinaire d'une lignane, soit l'entérolactone, autant chez les hommes que chez les femmes (**Juntunen et al, 2000**). L'entérolactone est la principale lignane formée après la consommation de son de seigle (**Wikstrom et al, 2005**). L'entérolactone sérique serait associée à une réduction du risque de cancer du sein (**Pietinen et al, 2001**).

D'après une autre étude, la consommation de fibres provenant des céréales, telle que le seigle, pourrait diminuer les risques d'infarctus et d'accidents vasculaires cérébraux (**Hallmans et al, 2003**). Les fibres pourraient aussi aider à diminuer la constipation en augmentant la fréquence et la quantité de selles excrétées, en diminuant le temps de transit (de passage) intestinal et en rendant la défécation moins difficile chez les hommes et les femmes en santé (**Hongisto et al, 2006**). Les fibres du seigle auraient la propriété d'améliorer la

digestion et l'absorption des glucides dans l'intestin grêle et conséquemment la sécrétion d'insuline par le pancréas (**Juntunen et al, 2003**). Des résultats révèlent que les besoins du corps en insuline sont plus faibles après la consommation de pain de seigle qu'après la consommation de pain blanc, ce qui serait bénéfique pour le contrôle du diabète de type 2. Les différences dans le contenu en fibres et les caractéristiques structurelles entre les pains blanc et de seigle pourraient expliquer ces résultats intéressants (**Juntunen et al, 2002 ; Juntunen et al, 2003**).

D'après plusieurs études, la consommation de produits céréaliers contenant des grains de seigle diminue la réponse glycémique et insulémique (**Juntunen et al, 2003 ; Laaksonen et al, 2005 ; Leinonen et al. 1999**). Le seigle possède une teneur élevée en fibres solubles. Conséquemment, le pain de seigle à grains entiers entraîne une diminution de la réponse glycémique chez les diabétiques contrairement au pain blanc.

Finalement, les résultats d'une étude démontrent que la consommation d'une quantité normale de pain à base de farine complète de seigle dans une alimentation équilibrée aurait des effets favorables sur la fonction intestinale (augmentation du volume et de la fréquence des selles et diminution du temps de transit intestinal) et contre les risques de cancer du côlon. Les effets du pain de seigle seraient expliqués par l'action bénéfique de ses fibres sur le contenu du côlon (**Grasten et al, 2000**).

Le tableau suivant (n°3) propose une synthèse des connaissances actuelles sur les principes effets du seigle (**Kaisa Poutanen and Jean-François Gleizes, 2009**)

Composés d'intérêts nutritionnels	Effets sur la santé
Acides phénoliques (antioxydants)	<p>L'acide férulique est le principal acide phénolique dans le blé et le seigle. Il possède un effet antioxydant et anti-inflammatoire.</p> <p>Les lignanes sont convertis en entérolactone dans le colon et possède un effet antioxydant.</p>
Vitamine E	<p>Les tocots (vitamine E) sont des importants antioxydants liposolubles.</p> <p>Ils peuvent réduire le mauvais cholestérol (LDL).</p>
Vitamine B	<p>Les folates (vitamine B9) réduisent le risque de maladies cardiaques et d'accident vasculaire cérébral.</p>
Fibres insolubles	<p>Les fibres insolubles améliorent le transit intestinal et stimulent la sensation de satiété.</p>
Fibres solubles	<p>Les arabinoxylanes sont des polysaccharides qui possèdent un effet prébiotique et diminuent le taux de cholestérol sanguin. Les arabinoxylanes (AX) constituent la principale fibre du blé et du seigle (25 % est soluble).</p> <p>Les bêta-glucanes sont des polysaccharides, composés d'un enchainement de molécules de glucose. Cette fibre soluble se trouve principalement dans les parois cellulaires de la couche d'aleurone et permettrait une réduction significative du taux de cholestérol sanguin.</p>
Micronutriments	<p>La choline et la betaine s'opposent à l'accumulation et au dépôt des graisses autant dans les artères que dans le foie et contribuent au bon fonctionnement du foie.</p> <p>Les phytostérols diminuent le taux de cholestérol sanguin.</p>

Partie II:

Expérimentale

I- Préparation du matériel biologique végétal :

Notre choix s'est porté sur le seigle (*Secale Cereale L.*). Une espèce de céréale spontanée qui sert à diverses utilisations.

La récolte du seigle a été effectuée pendant le mois de juin de l'année 2009 dans les champs de la région de Lamtar la wilaya de Sidi Bel Abbés.

Les échantillons ont été réceptionnés au laboratoire en Septembre 2009, ensuite ils ont été conservés dans des flacons en verre à l'abri de la lumière et l'humidité pour des analyses ultérieures.

II- Méthodes d'analyse utilisées :

1- Détermination du taux de la matière sèche : (Audigie et al, 1980).

*** Principe :**

On procède à une dessiccation de l'échantillon à analyser dans une étuve à la température de 100°C à 105°C et sous la pression atmosphérique jusqu'à l'obtention d'une masse pratiquement constante. Pour éviter toute reprise d'humidité, il convient d'opérer dans des vases de tare, placées dans un dessiccateur.

*** Mode opératoire :**

- Sécher à l'étuve, les vases de tare pendant 30 minutes à 100°C avec couvercles inclinés ;
- Laisser refroidir dans un dessiccateur durant 20 à 30 minutes, puis peser les vases de tare avec les couvercles, c'est **P1** ;
- Mettre dans chaque vase 2 g d'échantillon moulu, fermer les couvercles et peser, c'est **P2** ;
- Placer les vases qui contiennent l'échantillon dans l'étuve pendant 3 heures à 105°C avec couvercle incliné. Après mettre rapidement couvercles et laisser refroidir au dessiccateur pendant 15 minutes et peser, c'est **P3** ;

- Remettre les vases à couvercles inclinés dans l'étuve durant 1 heure et peser comme précédemment.

La différence entre deux pesées doit être inférieure à 2 mg, si non l'opération est renouvelée jusqu'à poids constant.

*** Expression des résultats :**

Le taux d'humidité (%) d'un échantillon de matériel végétal est donné par la formule suivante :

$$\text{Taux d'humidité \%} = [(P_2 - P_3) / (P_2 - P_1)] \times 100$$

Dont :

P_1 : masse en gramme de la vase de tare.

P_2 : masse en g de la prise d'essai avant séchage.

P_3 : masse en g de la prise d'essai après séchage.

A partir de la teneur en humidité, déterminer le taux de matière sèche qui est donné par la formule suivante :

$$\text{Taux de matière sèche \%} = 100 - \text{Taux d'humidité}$$

2- Détermination quantitative des métabolites primaires :

A- Dosage des lipides totaux : (Lecoq, 1965)

*** Principe :**

L'extraction de l'huile de seigle est réalisée dans un extracteur de type Soxhlet à l'aide d'un solvant organique (le n hexane).

Après évaporation du solvant, le taux de matière grasse brute est déterminé gravimétriquement selon la méthode directe.

La méthode directe consiste à peser l'huile obtenue directement après évaporation du solvant du ballon.

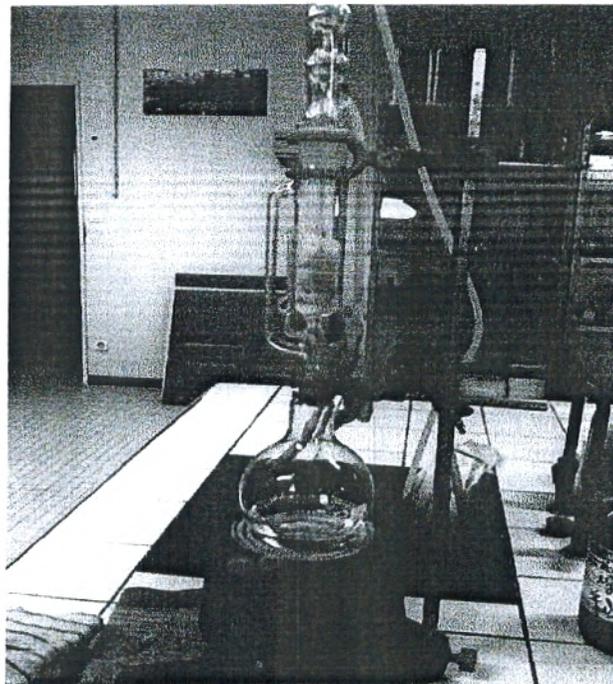


Figure 3 : Appareil de Soxhlet

*** Mode opératoire :**

Une enveloppe séchée préparée spécialement et pesée.

Après avoir tarer l'enveloppe, et placer 6 g de l'échantillon à analyser: **m**

L'enveloppe est placée dans l'appareil de soxhlet, la durée de l'extraction est 6 heures et elle dépend de la quantité d'huile présente dans l'échantillon à analyser : elle est de 3-10 heures (pauvre en huile) et de 10-12 heures (riche en huile).

- peser le ballon vide séché poids A (**PA**)
- peser le ballon + huile extraite poids B (**PB**)
- m : masse en gramme d'échantillon séché.

*** Expression des résultats :**

Le rendement (Rt) ou le taux en matière grasse brute est donné par la formule suivante :

$$Rt = (PB - PA/m) \times 100$$

B- Dosage des protéines : (Kjeldahl, 1883)

***Principe:**

La méthode consiste à détruire la matière organique par l'acide sulfurique concentré et chaud, qui fait passer quantitativement l'azote à l'état de sulfate d'ammonium.

L'ammoniac est ensuite déplacé par de la soude et recueilli dans un excès d'acide borique de concentration connue. Un titrage en retour par de l'acide chlorhydrique (HCl) de concentration connue permet de déduire la quantité d'ammoniac formée, donc la teneur en protéine brute de l'échantillon.

Mode opératoire : (AOAC., 1995)

✓ **Echantillon** : 1g environ de l'échantillon à analyser broyé, tamisé à travers des mailles de 2mm et séché à 105° C jusqu'à poids constant. Peser soigneusement et introduire dans toute sa quantité dans un tube de digestion.

✓ **Réactifs pour la digestion** : Pour la digestion de chaque échantillon, ajouter dans le matras:

7g de sulfate de potassium anhydre K_2SO_4 ;

1.2g de sulfate de cuivre $CuSO_4$.

5 mg de Sélénium en poudre

12ml d'acide sulfurique H_2SO_4 concentré à 98%.

5ml de peroxyde d'hydrogène H_2O_2 concentré à 35% (130 vol).

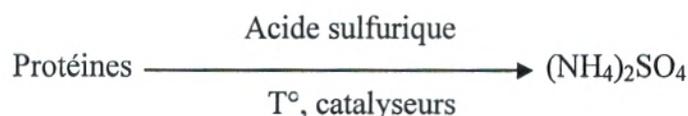
2 à 3 bouilleurs.

✓ **Digestion** : Elle se fait dans une unité de digestion **BÜCHI Digest system K-437**.

Placer les matras sur le dispositif de chauffage

Procéder à un préchauffage de l'appareil de digestion pendant 10 minutes, et les gaz d'échappement sont aspirés à l'aide d'une trempe à vide.

Lancer la minéralisation jusqu'on obtient une couleur limpide du mélange qui indique que tout l'azote organique contenu dans l'échantillon est transformé en azote minérale :



Le minéralisât (le contenu du matras) est transversé dans une fiole en complétant le volume avec de l'eau distillée jusqu'à 100ml.

Mélanger soigneusement afin de solubiliser en maximum les sulfates d'ammonium.

Laisser refroidir.



Figure 4 : Minéralisateur

✓ **La distillation**

Elle se fait dans une unité de distillation **BÚCHI Distillation Unit B-324**.

10ml du contenu de la fiole sont introduites dans le matras de l'unité de distillation aux quels sont ajoutés 50ml d'eau distillée et 50ml de la soude caustique (NaOH) à 35%, cette dernière va se réagir avec le $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ comme suite :



Chauffer pendant 4 minutes de façon à recueillir 150ml de distillat.

Le distillat est ensuite recueilli dans un flacon de réception qui contient 25 ml de solution d'acide borique à 0,1N additionné de 10 gouttes d'indicateur de *Tashiro* (mélange de rouge de méthyle et de bleu de méthylène) et l'interaction entre l'ammoniac et l'acide borique engendre la libération des anions de borate selon la réaction suivante :



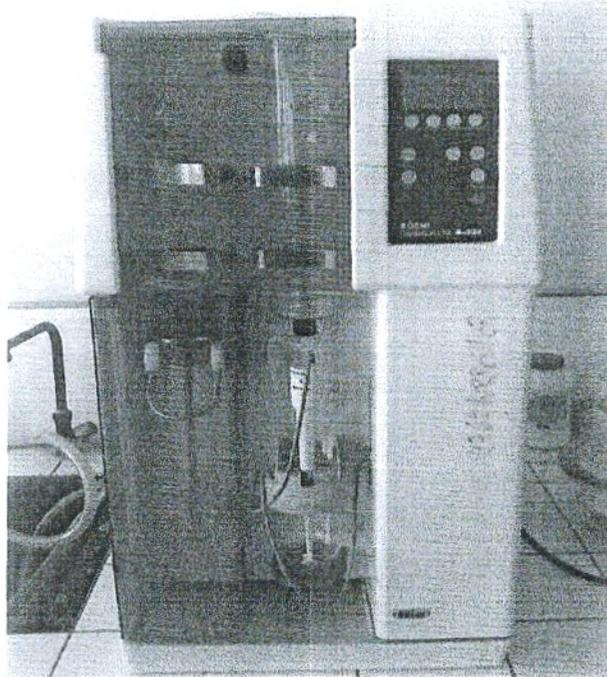


Figure 5 : Distillateur

✓ La titration

Puisqu'on utilise l'acide borique comme solution de récupération. On va alors titrer l'excès des anions de borate avec la solution de HCl à 0,1N jusqu'à changement de la coloration du vert au rose-violet selon la réaction suivante :



Expression des résultats

Le nombre de mole d'HCl nécessaire pour neutraliser l'excès des anions de borate présent dans l'échantillon à analyser = nombre de mole d' NH₃ = nombre de mole d'azote (N) dans l'échantillon.

Le pourcentage d'azote total est calculé par la formule suivante:

$$\text{L'azote total (\%)} = \text{N \%} = (\text{V e} - \text{V b}) \times \text{N} \times f \times 14.01 \times 100/m$$

Dont:

V_e : Volume en ml de la solution de HCl à 0,1N nécessaire pour neutraliser l'excès des anions de borate présent dans l'échantillon à analyser.

V_b : Volume en ml de la solution de HCl à 0,1N nécessaire pour neutraliser l'excès des anions de borate présent dans l'essai à blanc.

N: normalité de HCl utilisée pour titration (0,1N).

14.01 : la masse atomique de l'azote

f: facteur de correction de la solution de HCl.

m: masse en g de la prise d'essai.

100: coefficient du pourcentage.

Conversion du taux d'azote en taux de protéines

100g de protéines correspond à 16g d'azote dans la majorité des cas. On utilise un **facteur de conversion** basé sur le taux moyen d'azote des protéines: **F=100/16 =6.25**.

$$\text{Les protéines brutes (\%)} = \text{PB\%} = \text{N \%} \times 6.25$$

C- Dosage des fibres alimentaires : (Henneberg et Stohmann, 1860)

Il est réalisé par la méthode de **Henneberg et Stohmann**, appelée aussi la méthode **Weende** en utilisant un extracteur des fibres brutes FIWE-VELP SCIENTIFICA.

*** Principe :**

Elle consiste à traiter l'échantillon à analyser successivement avec de l'acide sulfurique et de la potasse. L'hydrolyse acide/ basique (à chaud) permet de solubiliser la quasi-totalité du contenu cellulaire à l'exception des fibres alimentaires et des sels minéraux.

Le résidu obtenu sera séché, incinéré puis pesé.



Figure 6: Fibro- test

*** Mode opératoire :**

Sécher l'échantillon à l'étuve à 105°C jusqu'à un poids constant puis laisser refroidir dans un dessiccateur; Peser exactement 1 g de l'échantillon broyé poids (P1);

Ajouter l'acide sulfurique à 1.25% jusqu'à l'entaille de 150 ml après préchauffage par le plat chaud afin de réduire le temps requit pour bouillir ;

Ajouter 3 à 5 gouttes de n-octanol comme agent anti moussant ;

Bouillir 30 min exactement au début de l'ébullition ;

Relier au vide pour vidange l'acide sulfurique ;

Laver 3 fois avec 30ml de l'eau distillée chaude, se reliant chaque fois à l'air comprimé pour remuer le contenu du creuset ;

Après avoir vidangé le dernier, ajouter 150ml de KOH à 1.25%, préchauffer ;

Ajouter 3 à 5 gouttes de n-octanol comme antimousse puis bouillir pendant 30 min ;

Filtrer et laver 3 fois avec 30ml de l'eau distillée chaude, se reliant chaque fois à l'air comprimé pour remuer le contenu du creuset ;

Former un dernier lavage avec de l'eau distillée froide pour refroidir les creusets, puis laver 3 fois avec 25 ml d'acétone, remuer chaque fois par l'air comprimé ;

Retirer les creusets et déterminer le poids sec après séchage dans l'étuve à 105°C pendant 1 heure jusqu'à poids constant ;

Laisser refroidir dans un dessiccateur, ce poids (**P2**) représente les fibres brutes plus la teneur en cendres par rapport aux poids initial.

Continuer l'incinération pendant 3 heures et répéter jusqu'à l'obtention d'un résidu blanc grisâtre ;

Après refroidissement dans un dessiccateur ce poids représente les cendres (**P3**);

La différence des poids représente la teneur en fibres brutes sans cendres.

***Expression des résultats:**

Le pourcentage des fibres est déterminé par la formule suivante:

$$\text{Fibre \%} = (P2 - P3 / P1) \times 100$$

Dont:

P1 : le poids de l'échantillon à analyser.

P2 : le poids des creusets + l'échantillon avant l'incinération ;

P3 : le poids des creusets + l'échantillon après l'incinération.

D- Dosage des sucres totaux : (Dubois et al, 1956)

L'appréciation de la quantité en oses présents dans les polysaccharides repose sur le dosage des sucres totaux par la méthode de **phénol/acide sulfurique**.

*** Principe :**

Le dosage des monosaccharides constitutifs des polysaccharides nécessite la rupture de toutes les liaisons glycosidiques par hydrolyse acide (l'acide sulfurique).

L'analyse repose sur des techniques colorimétriques. Le principe des dosages colorimétriques se base sur la condensation par estérification d'un chromogène (Phénol, Orcinol, Anthrone) avec les produits de déshydratation des pentoses, hexoses et acides uroniques. En milieu acide fort et à chaud, ces oses se déshydratent respectivement en des dérivés du furfural, 5-hydroxy-méthyl-furfural et de l'acide 5-formylfuroiques.

Les chromophores ainsi formés de couleurs jaunes – orange absorbent dans le domaine du visible proportionnellement avec la quantité des sucres présents (**Ruiz, 2005**)

La teneur des sucres est exprimée en µg/ml (converti en gramme/litre) de α D+ Glucose à partir d'une courbe d'étalonnage (**figure n°8**)

*** Mode opératoire :**

Préparation des échantillons :

- Peser 0.5 g d'échantillon dans le bêcher, ajouter 20 ml d'acide sulfurique 0.5 M puis placer l'ensemble dans une étuve à 105°C pendant 3 heures ;

- Transvaser quantitativement le contenu du bêcher dans une fiole de 500 ml (ajuster le volume par de l'eau distillée jusqu'à 500 ml), puis filtrer la solution et la conserver à 4°C ;
- Réaliser des dilutions de 1/3 à partir de ce filtrat ;
- Préparer 03 essais.
- Dans des tubes en pyrex (\varnothing 2cm), déposer avec précaution 1 ml de chaque essai, ajouter 1 ml de phénol à 5% et 5 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré ;
- Après agitation (vortex) les tubes sont maintenus, dans l'étuve pendant 5 minutes à 100°C, puis laisser les dans l'obscurité pendant 30 minutes ;

Enfin, lire la densité optique à une longueur d'onde de 490 nm.



Figure7 : l'échantillon préparé

Préparation de l'étalon :

Pour chaque série de détermination, une gamme d'étalonnage est nécessaire, une solution mère (SM) de α D+ Glucose de concentration 100 μ g/ml est préparée comme suit :

Préparer une solution de glucose 0.01g/100 ml (100 μ g /ml).

A partir de cette solution mère préparer des dilutions de différentes concentrations 25 μ g/ml, 40 μ g/ml, 60 μ g/ml, 75 μ g/ml, 100 μ g/ml.

Prendre 1 ml de chaque concentration (2 essais pour chaque concentration) et ajouter 1 ml de phénol à 5% et 5 ml d'acide sulfurique à 98% à l'aide d'une burette ;

Après agitation (vortex) les tubes sont maintenus pendant 5 à 100°C, puis à l'obscurité pendant 30 minutes ;

Lire la densité optique, de chaque concentration, à 490 nm, après tracer la courbe d'étalonnage.

$$\text{DO} = f(C) \longrightarrow \text{DO} = \varepsilon \times C.$$

*** Expression des résultats :**

A partir des densités optiques de la courbe d'étalonnage, on peut obtenir la teneur en sucres d'échantillon à analyser.

La courbe d'étalonnage $\text{DO} = \varepsilon \times C \longrightarrow \text{DO} = 0,01 C$

Dont ε : la pente. C : la concentration de D+Glucose en $\mu\text{g}/\text{ml}$.

La teneur des sucres est exprimée en $\mu\text{g}/\text{ml}$ de α D+Glucose, elle est convertie par rapport à 100 g de matière sèche.

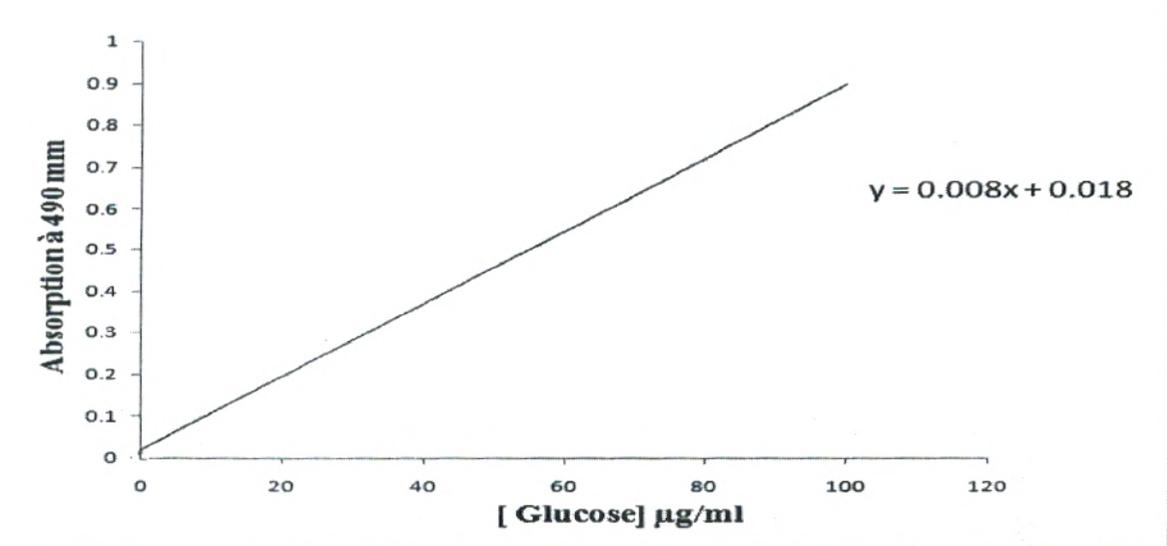


Figure 8 : Courbe d'étalonnage de D+ Glucose $\mu\text{g}/\text{ml}$

E- Dosage des cendres : (Audigie et al, 1980)

*** Principe :**

Il consiste en une calcination au bec Benzène de l'échantillon jusqu'à apparition d'une fumée noire, puis en son incinération dans un four à moufle, dans des creusets en porcelaine, à une température de 750°C jusqu'à ce que les résidus deviennent blanc après refroidissement

*** Mode opératoire :**

- Effectuer une pré-incinération des creusets en porcelaine à 300°C pendant 15 minutes.
- après refroidissement, on les pèse vide, c'est le poids P_1 ;
- Peser 1g de l'échantillon dans les creusets, c'est le poids P_2 ;
- Introduire les creusets avec l'échantillon dans le four à moufle à température de 750°C jusqu'à ce que le contenu en substances prises une couleur blanc grisâtre qui blanchisse après refroidissement dans un dessiccateur ;
- Ensuite, peser les creusets avec les cendres, c'est le poids P_3 ;

*** Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

$$X\% = [(P_2 - P_3) / (P_2 - P_1)] \times 100$$

Dont :

P_1 : poids de creuset vide ;

P_2 : poids de creuset + l'échantillon avant incinération ;

P_3 : poids de creuset + l'échantillon après incinération ;

100 : pour exprimer le pourcentage

$X\%$: pourcentage en cendre.

Partie III:

Résultats et Discussions

Tableau n°4 : Teneur en matière grasse de quelques céréales

Céréale	Matière grasse en % de MS	Référence
Seigle	2.16	Etudié
seigle	2.5	Santé canada, 2005
Seigle	2 - 3	Lasztity, 1998 ; Härkönen et al, 1997.
Blé	3	
L'avoine	6 - 7	

La variation des teneurs en lipides totaux peuvent être dues aux divers paramètres. En effet il a été vérifié que le pourcentage en huile extraite est sous l'influence de la taille des particules du seigle soumises à l'extraction, ainsi que le broyage a pour objet de réduire la dimension des particules et de ce fait augmenter la surface du contact avec le solvant d'extraction (**Buron, 1976**); (**Mountasser et Elhaddek, 1999**).

Il s'est avéré que l'extraction de l'huile par les solvants organiques est la méthode la plus fiable du point de vue économique (**Jimenez et al. 1977**).

Le séchage préalable de l'échantillon est un facteur important pour l'accélération de l'extraction car il a comme avantage d'éliminer les quantités d'eau stockées et par conséquent il facilite l'extraction.

En plus de ces paramètres il ne faut pas oublier la provenance géographique des échantillons notamment le facteur climatique, la date de récolte des graines, la durée et les conditions de conservation, ainsi que l'existence des variétés au niveau des céréales.

3- Teneur en protéines brutes :

Les protéines de réserve des graines végétales représentent par leur diversité, leur différence au niveau des propriétés physicochimiques et de la composition en acides aminés, un potentiel intéressant à valoriser (Linden et Lorient, 1994).

La détermination de la teneur en protéines brutes est l'un des critères utilisé pour valoriser la qualité nutritionnelle d'un aliment.

Tableau n°5: teneur en protéines brutes en pourcentage par rapport à la matière sèche (MS) de quelques céréales.

Céréale	Protéines brutes en % de MS	Référence
Seigle	13.56	étudié
Seigle	15	Santé Canada, 2005
seigle	10 - 15	Lasztity, 1998 ;
blé	12 - 14	Härkönen et al, 1997.
L'avoine	13 - 16	

Selon les valeurs mentionnées dans le tableau n°5, *Secale Cereale* se rapproche par sa teneur (13.56%) en protéine brute à celle du blé, et il est inférieur à celles de l'avoine et des autres variétés du seigle.

La teneur en protéine dépend sans aucun doute de l'espèce, aux conditions pédoclimatiques de la région et au stade de développement des céréales (Nagy et al. 1978).

4- Teneur en fibres alimentaires :

Le dosage des fibres alimentaires effectué sur le seigle nous a permis d'obtenir un taux important estimé à 16%.

Le tableau ci-dessous (n°6) regroupe les teneurs en fibres alimentaires exprimées en pourcentage de matière sèche (MS) de *Secale Cereale* comparée à quelques grains de céréales.

Tableau n°6: les teneurs en fibres alimentaires exprimées en pourcentage de matière sèche (MS).

Céréale	Fibres alimentaires en % MS	Référence
Seigle	16	étudié
Seigle	13.5	Santé Canada, 2005
seigle	15 - 17	Lasztity, 1998 ;
blé	10 - 13	Härkönen et al, 1997.
L'avoine	11 - 13	

Nous avons constaté que la teneur de notre échantillon en fibres est comparable avec celle de **Lasztity, 1998 (15-17%)**, et elle est supérieure en générale à celle des autres céréales (blé et l'avoine).

5- Teneur en sucres totaux :

Le dosage des sucres totaux montre que le seigle renferme un taux élevé de **57.75%**.

Tableau n°7: la teneur en sucres totaux de quelques céréales :

Céréale	Teneurs en sucres en % de MS	Références
Seigle	57.75	Etudié
Seigle	70	Santé Canada, 2005
Seigle	55 - 65	Lasztity, 1998 ;
blé	67 - 70	Härkönen et al, 1997.
L'avoine	54 - 64	

Nous avons remarqué que cette teneur est inférieure de celle du blé et une légère variation à celle de l'avoine (tableau n°7)

Selon **Santé Canada, 2005** la recherche des sucres totaux a révélé un pourcentage de **70%** qui est relativement élevé par rapport à nos résultats, ce la peut être expliqué par le mode de préparation du seigle (c'est-à-dire au broyage), dépend aussi du type ainsi de stade de développement de chaque céréale.

6- Teneur en cendres (matière minérale) :

La détermination de la teneur en cendres peut nous apporter des informations sur la qualité de l'échantillon à analyser.

En effet seul les basses teneurs en cendres de produits sont acceptables pour la consommation humaine ou animale.

L'évaluation du taux des cendres du seigle donne un taux estimé à **2 %** en MS.

Tableau n°8 : la teneur en matière minérale de quelques céréales.

Céréale	Teneurs en cendres en % de MS	Référence
Seigle	2	Etudié
Seigle	2	Lasztity,1998 ; Härkönen et al, 1997.
blé	2	
L'avoine	2	

Nous avons constaté que la teneur de notre échantillon en cendres est comparable avec celles de blé et de l'avoine (tableau n°8).

Conclusion Générale

Le seigle (*secale cereale*) est une plante annuelle appartenant au genre *Secale* de la famille des *Poacées* (graminées), et cultivée comme céréale ou comme fourrage. Elle fait partie des céréales à paille. C'est une céréale rustique adaptée aux terres pauvres et froides. Sa culture est de nos jours marginale. La farine de seigle est recherchée pour la fabrication de pain, notamment pour sa valeur diététique. C'est une farine dont le gluten est moins élastique que celui du blé et retient moins l'humidité. La proportion de germe et de son présente dans la farine de seigle est élevée

Après l'analyse de la composition chimique du seigle, nous avons remarqué qu'il présente un pourcentage en matière sèche qui s'est révélé à 90.30%.

Les résultats préliminaires obtenus des grains entiers du seigle, montrent que cette céréale est remarquable par sa forte teneur en sucres totaux (57.75%) qui représente le constituant nettement majoritaire. La famille des composants qui vient en deuxième position est celle des fibres (16%) ainsi il renferme un taux de protéines moyen estimé à 13.56%. Les lipides et les cendres présentent une teneur encore plus faible estimée respectivement à 2.16%, 2%

Vu l'importance nutritive, Le seigle est recommandé par les associations de nutrition à des fins diététiques.

Références Bibliographiques

1. **Adlercreutz H. 2000:** Phyto-oestrogens and cancer. *Lancet Oncol* ;3(6): 364-373.
2. **Adlercreutz H. and Mazur W. 1997:** Phyto-oestrogens and Western Diseases. *Ann. Med.* 29: 95-120.
3. **Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments(AFSSA). 2002:** Les fibres alimentaires : définitions, méthodes de dosage, allégations nutritionnelles. Rapport du comité d'experts spécialisé Nutrition humaine du 24 septembre 2002.
4. **Agriculture and Agri-Food Canada. 2004:** Market Analysis Division. Grains and oilseeds—Canada: Handling, marketing, processing. 5th edition. Canadian International Grains Institute.
www.cigi.ca (accessed March 2006).
5. **Agriculture et Agroalimentaire Canada. 2005:** Rapport du Centre de recherches de Lethbridge : le premier seigle vivace fourrager du Canada compétitionne bien les mauvaises herbes. Res2.agr.ca.http://res2.agr.ca/.
6. **Alais C., Linden G., Micho. 2003 :** Biochimie Alimentaire. 5ème ed. Dunod : 131.
7. **Andreasen MF, Kroon PA, et al. 2001:** Esterase activity able to hydrolyze dietary antioxidant hydroxycinnamates is distributed along the intestine of mammals. *J Agric Food Chem*;49(11):5679-84.
8. **Andreasen MF., Landbo AK., et al. 2001:** Antioxidant effects of phenolic rye (*Secale cereale L.*) extracts, monomeric hydroxycinnamates, and ferulic acid dehydrodimers on human low-density lipoproteins. *J Agric Food Chem*;49(8):4090-6.
9. **Andreasen M.F., Christensen L.P., Meyer A.S. and Hansen Å. 2000:** Content of phenolic and ferulic acid dehydrodimers in 17 rye (*Secale cereale L.*) varieties. *J.Agric. Food Chem.* 48: 2837-2842.
10. **Andreasen M.F., Landbo K., Christensen L.P., Hansen Å. and Meyer A.S. 2001:** Antioxidant effects of phenolic rye (*Secale cereale L.*) extracts, monomeric hydroxycinnamates and ferulic acid dehydrodimers on human low-density lipoproteins. *J. Agric. Food Chem.* in press.
11. **AOAC International. 1995:** Official Methods of Analysis, 16th ed., AOAC International, Gaithersburg, MD.
12. **Audigie C L., Figarelle J., Zons Zani F. 1980:** Manipulation d'analyses biochimiques. Ed. Doin. Paris: 88-97.

13. **Bazzano LA, Song Y, et al. 2005:** Dietary intake of whole and refined grain breakfast cereals and weight gain in men. *Obes Res*;13(11):1952-60
14. **Buron AI. 1976 :** Thèse doctorale.Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Agronomos.Madrid-Espana.
15. **Campos FG, Logullo Waitzberg AG, et al. 2005:** Diet and colorectal cancer: current evidence for etiology and prevention. *Nutr Hosp*;20(1):18-25.
16. **CHARVET J.P. 1985 :** Les Greniers du monde, Economica, Paris : 1.
17. **Clydesdale F.M. 1994:** Optimizing the Diet with Whole Grains. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 34: 453-471.
18. **Doumandji Amel., Doumandji Salaheddine., Doumandji Bahia. 2003:** Technologie de transformations des blés et problèmes aux insectes au stock : cours de technologie des céréales. Ed: 2.02.4512:1.
19. **Dubois MKA., Gilli YK., Hamilton P.A. 1956:** Colometric method for determination of sugars and related substance. *Anal.And chem. Jour;* Vol. 28: 350-356.
20. **Frederiksen S and Petersen G. 1998:** A taxonomic revision of *Secale* L. (Triticeae, Poaceae). *Nordic J. Bot.* 18: 399–420.
21. **Godon B. 1986 :** La composition physicochimique des céréales : un atout pour leur utilisation In : Utilisation industrielle non alimentaire du blé et du maïs .Symposium International. Paris, Ed.Apria: 5-34
22. **Grasten SM., Juntunen KS et al. 2000:** Rye bread improves bowel function and decreases the concentrations of some compounds that are putative colon cancer risk markers in middle-aged women and men. *J Nutr*; 130(9):2215-21.
23. **Groupement National Interprofessionnel des Semences (Gnis). 2008 :** Cultivons la diversité des plantes cultivées.disponible sur le lien : www.semencemag.com
24. **Guignard J.L., Dupont F. 2004.** Botanique Systématique moléculaire. 13 Ed révisée Masson Paris: 116-117.
25. **Hallmans G., Zhang JX et al. 2003 :** Rye, lignans and human health. *Proc Nutr Soc*; 62(1): 193-199.

26. **Hanf V., Gonder U. 2005:** Nutrition and primary prevention of breast cancer: foods, nutrients and breast cancer risk. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*; 123(2): 139-149.
27. **Härkönen H., Pessa E., Suortti T and Poutanen K. 1997:** Distribution and Some Properties of Cell Wall Polysaccharides in Rye Milling Fractions. *J. Cereal Sci.* 26: 95-104.
28. **Henneberg W., Stohmann K. 1860:** Beitrage Zur Bergrundung einer rationellen Fütterungder Wiederkauer. Fasc.1, Schwetschkeand Sohn edit; Braunschweig: 145-147.
29. **Hongisto SM., Paajanen L et al.2006 :** A combination of fibre-rich rye bread and yoghurt containing Lactobacillus GG improves bowel function in women with self-reported constipation. *Eur J Clin Nutr*;60(3): 319-324.
30. **Jimenez G et al. 1977 :** Agroquimica tecnologia de alimentos : 363-371.
31. **Juntunen KS., Laaksonen DE et al. 2003:** High-fiber rye bread and insulin secretion and sensitivity in healthy postmenopausal women. *Am J Clin Nutr*; 77(2): 385-91.
32. **Juntunen KS., Laaksonen DE et al. 2003:** Structural differences between rye and wheat breads but not total fiber content may explain the lower postprandial insulin response to rye bread. *Am J Clin Nutr* ;78(5):957-64.
33. **Juntunen KS., Mazur WM et al. 2000 :** Consumption of wholemeal rye bread increases serum concentrations and urinary excretion of enterolactone compared with consumption of white wheat bread in healthy Finnish men and women. *Br J Nutr*;84(6): 839-46.
34. **Juntunen KS., Niskanen LK et al. 2002 :** Postprandial glucose, insulin, and incretin responses to grain products in healthy subjects. *Am J Clin Nutr*;75(2) pp: 254-262.
35. **Kaisa Poutanen and Jean-François Gleizes. 2009 :** *voyage de presse HEALTH GRAIN : 7*
36. **Kjeldahlj. 1883:** Menue Methode Zur Bestimmung des stiktoffs in organischem Korpen.Z.Anal.Chem;Vol. 22: 366-382.
37. **Laaksonen DE., Toppinen LK et al. 2005:** Dietary carbohydrate modification enhances insulin secretion in persons with the metabolic syndrome. *Am J Clin Nutr* ;82(6):1218-27.

38. **Lasztity R. 1998:** Oat Grain - A Wonderful Reservoir of Natural Nutrients and Biologically Active Substances. *Food Rev. Int.* 14pp: 99-119.
39. **Lecoq. 1965 :** Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles. Lion, P.H ; 1955. Travaux pratiques de chimie organique, Ed. Dunod. Paris.
40. **Leinonen K., Liukkonen K et al. 1999:** Rye bread decreases postprandial insulin response but does not alter glucose response in healthy Finnish subjects. *Eur J Clin Nutr* ;53(4): 262-270.
41. **Leinonen KS., Poutanen KS., Mykkanen HM. 2000:** Rye bread decreases serum total and LDL cholesterol in men with moderately elevated serum cholesterol. *J Nutr* ;130(2):164-170.
42. **Lester Brown. 2007 :** Le plan B, pour un pacte écologique, chapitre 9
43. **Linden G et Lorient D. 1994 :** Biochimie agro-industrielle, valorisation alimentaire de la production agricole. Edition masson, 75. Rader,J.I ;Weaver,C.M ;Patrascu,L ;Ali,L.H ;Angy al ;Food chem. 58(N°.4)373
44. **MCBean D.S ., Mcleod J.G. 2007 :** le seigle L'encyclopédie canadienne: enligne: La fondation Historica du Canada.
45. **Mountasser A., Elhadek M. 1999 :** Optimisation des facteurs influençant l'extraction de l'huile d'argan par une presse. Oléagineux, Corps gras, lipides. Volume6,N°3: 273-290.
46. **Nagy S., Telek L., Hall NT., Berry RE. 1978:** Potential food uses for protein from tropical and subtropical plant leaves. *Journal of Agric Food Chem.*26(5);1016-1028.
47. **Pettersson D., Åman P., Bach Knudsen K. E., Lundin E., Zhang J-X., Hallmans G., Härkönen H and Adlercreutz H. 1996:** Intake of Rye Bread by Ileostomists Increases Ileal Excretion of Fiber Polysaccharide Components and Organic Acids but Does Not Increase Plasma or Urine Lignans and Isoflavonoids. *J. Nutr.* 126:1594-1600.
48. **Pietinen P., Stumpf K et al. 2001:** Serum enterolactone and risk of breast cancer: a case-control study in eastern Finland. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* ;10(4): 339-344.
49. **Prats J., Grandcount M.C. 1971:** Les céréales 2ème éd. Coll d'enseignement Agricole: 288.

50. **Ross AB., Kamal-Eldin A et al. 2003:** Cereal alkylresorcinols are absorbed by humans. *J Nutr* ;133(7):2222-4.
51. **Ruiz G. 2005 :** Extraction, Détermination Structurale et Valorisation Chimique de Phycocolloïdes d'Algues Rouges. Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Limoges Discipline : Chimie appliquée-Chimie de substances Naturelles:258.
52. **Santé Canada. 2005 :** Fichier canadien sur les éléments nutritifs.
53. **Slavin J. 2003:** Why whole grains are protective: biological mechanisms. *Proc Nutr Soc*;62(1):129-34.
54. **Wikstrom P., Bylund A et al. 2005:** Rye bran diet increases epithelial cell apoptosis and decreases epithelial cell volume in TRAMP (transgenic adenocarcinoma of the mouse prostate) tumors. *Nutr Cancer*; 53(1): 111-160.

Sites internet :

www.ontario.ca/sainealimentation .