

Histologie du grain de blé

Anne SURGET*, Cécile BARRON*

Résumé

Cet article se propose de faire le point sur la structure et la composition histologique du grain de blé.

Mots-clés : structure, microscopie, albumen, nucelle, péricarpe, testa, aleurone

Abstract

The aim of this article is to describe the histological structure and composition of wheat kernel.

Key-words: structure, microscopy, endosperm, nucellar layer, pericarp, seed coat, aleurone

Introduction

Aujourd'hui plus que jamais le fractionnement du grain de blé fait l'objet de nombreuses recherches. Afin d'améliorer les procédés de fractionnement et de mieux valoriser les différentes fractions issues du grain, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance de sa structure. Les données de la littérature sont anciennes et d'origines diverses. Cet article se propose de faire le point sur la composition histologique du grain de blé à partir de l'observation et des résultats de la dissection de grains ainsi que de la confrontation avec les descriptions de la littérature.

grain et sont éliminées lors du battage.

Au niveau morphologique, le grain de blé est ovoïde et présente, sur la face ventrale, un sillon qui s'étend sur toute sa longueur. À la base dorsale du grain, se trouve le germe, et à l'opposé, il est surmonté d'une brosse (Figure 1).

Le grain mesure de 5 à 7 mm de long, de 2,5 à 4 mm de large et de 2,5 à 3,5 mm d'épaisseur. Sa couleur varie du jaune pâle (blé dur ou blé tendre dit « blanc ») à l'ocre rouge (la plupart des blés tendres).

Un grain pèse entre 20 et 50 mg.

Un diagramme de la constitution du grain est présenté dans le **Tableau I**. De la surface externe vers le centre

du grain, on distingue l'enveloppe du fruit ou péricarpe, puis l'enveloppe de la graine, ou testa, et enfin à l'intérieur de la graine, la bande hyaline, l'albumen et le germe. Chacun de ces tissus possède une structure et une composition particulières qu'il est intéressant de détailler.

Description des tissus du grain

Le péricarpe

En règle générale deux parties sont distinguées au sein du péricarpe : le péricarpe externe et le péricarpe interne.

Le grain de blé

Le blé est une céréale de la famille des Poacées (Graminées). Il appartient au genre *Triticum*. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*). Le grain de blé est un caryopse. Ce fruit sec indéhiscent est constitué d'une unique graine intimement soudée à l'enveloppe du fruit qui la contient. Sur l'épi, le grain est entouré d'enveloppes : les glumes et les glumelles. Elles n'adhèrent pas au

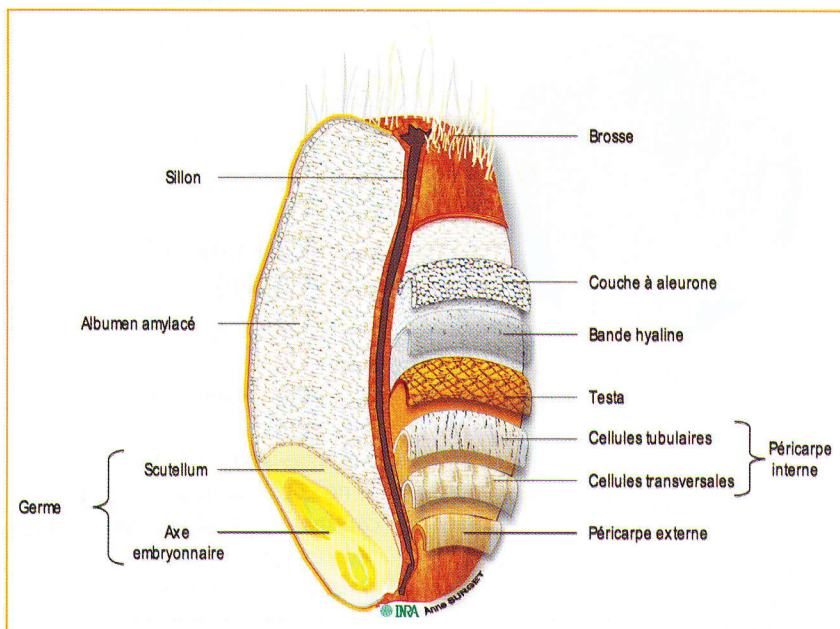


Figure 1 : Schéma d'un grain de blé en coupe longitudinale.

* Équipe Céréales et Agropolymères UMR IATE 1208 (Inra/Agro/UM2/Cirad) - INRA - 2, place Viala, 34060 Montpellier cedex 01 - surget@ensam.inra.fr, barron@ensam.inra.fr

Le point sur

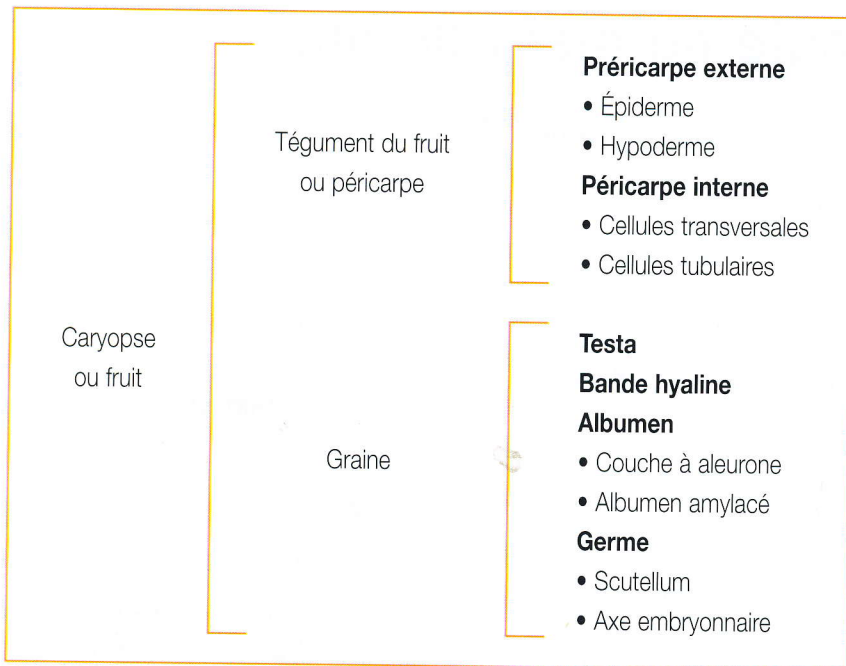
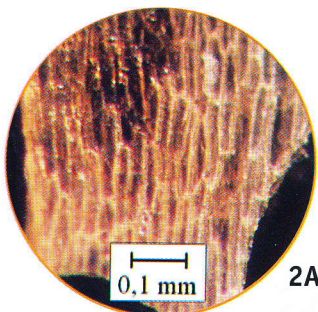


Tableau I : Diagramme de constitution du grain de blé.

Le péricarpe externe ou épicarpe (*outer pericarp* selon la terminologie anglaise) (Figure 2A)

Il constitue la première enveloppe protectrice du fruit. C'est une pellicule qui s'arrache assez facilement aux premières étapes de mouture, ce qui lui vaut le nom d'« aile d'abeille » (*beeswing*). Il est de nature très fibreuse et est composé essentiellement de cellulose, d'hémicelluloses (pentosanes) et de lignine.



2A

Le péricarpe externe a une épaisseur globale de 15 à 30 μm . Ces mesures sont généralement réalisées après hydratation des grains ce qui peut introduire une surestimation de l'épaisseur. Cependant les valeurs indiquées pour chaque tissu sont comparables entre elles. En réalité, le péricarpe externe est constitué de deux couches :

- l'épiderme (*epidermis*) qui est composé d'une à deux couches de cellules allongées à parois épaisses dont la taille est de 125-210 μm x 25-30 μm . Ces cellules sont vides et sèches. Leur axe est disposé dans le sens longitudinal du grain. L'épiderme est recouvert d'une fine cuticule et porte au sommet du grain les poils formant la brosse (longueur maximale 1 mm).

- l'hypoderme (*hypodermis*) qui se trouve au-dessous de l'épiderme. L'hypoderme comporte des cellules très similaires en forme et en taille à celles de l'épiderme.

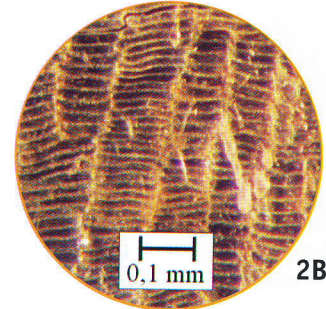
Ces deux tissus sont intimement soudés dans le grain mature, ce qui rend difficile leur observation et leur séparation.

Le péricarpe interne (*inner pericarp*)

Il est constitué de trois couches cellulaires.

- Les cellules intermédiaires (*intermediate cells*) ne sont pas présentes partout autour du grain et ne constituent pas une couche continue. Ce sont des résidus de cellules comprimées lors de la croissance du grain qui sont difficilement observables sur un grain mature disséqué.

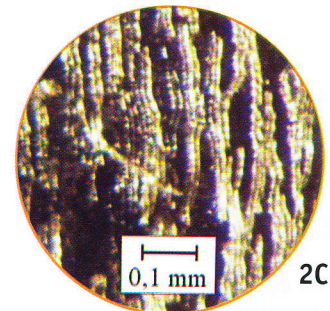
- Les cellules transversales (*cross cells*) (Figure 2B) sont disposées, comme leur nom l'indique, perpendiculairement aux cellules



2B

de l'épiderme. Elles sont alignées les unes contre les autres pour donner cette forme caractéristique de palissades. La taille de ces cellules est de 100-150 μm x 15-20 μm . Cette couche est aussi appelée parfois mésocarpe. Elle présente une épaisseur de 10 à 15 μm .

- Les cellules tubulaires ou endocarpe (*tube cells*) (Figure 2C) se présentent sous la forme de cellules allongées disposées en quinconce. Leur taille est de 120-250 μm x 12-15 μm .



2C

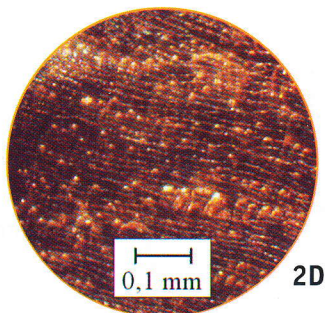
Elles ne forment pas une couche continue et sont surtout présentes sur la partie dorsale du grain. L'épaisseur est de 5 à 10 μm .

Le testa ou tégument séminal (*seed coat, spermoderm*) (Figure 2D)

C'est l'enveloppe de la graine. Il est constitué de 2 couches cellulaires dont au moins une est pigmentée et est recouvert d'une cuticule. Les cellules de la première couche sont orientées de manière perpendiculaire à la seconde ce qui

Le point sur

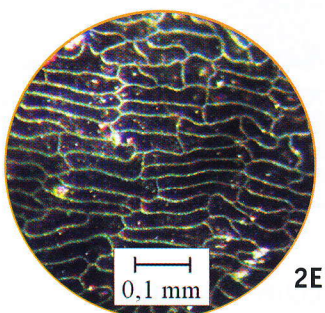
donne cet aspect caractéristique de quadrillage. Ces cellules font 100-150 μm x 9-20 μm .



Il contient entre autres des composés lipidiques, principalement de la cutine, et des pigments. C'est cette couche qui donne l'essentiel de la couleur au son du grain : pour la plupart des blés tendres cela correspond à la couleur rouge brun ; pour les blés blancs ou le blé dur c'est l'absence ou la très faible concentration de ce pigment qui procure une apparence jaune. Le testa est très fin : son épaisseur est seulement de 5 à 8 μm .

La bande hyaline ou couche nucellaire (nucellar layer, hyaline layer, perisperm) (Figure 2E)

Elle a un aspect transparent d'où son nom de hyaline. C'est le résidu du nucelle. Elle est constituée de l'épiderme du nucelle recouvert d'une cuticule, et du lysat nucellaire issu de la digestion du nucelle par l'albumen lors de la formation de la graine. Ces cellules allongées ont une taille de 125-210 μm x 25-30 μm . Cette bande a une épaisseur de 12 à 20 μm .

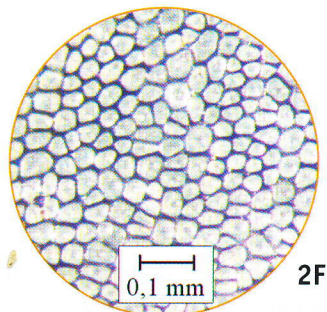


L'albumen (endosperm)

On trouve deux tissus distincts dans l'albumen.

La couche à aleurone ou assise protéique (aleurone layer) (Figure 2F)

C'est une couche monocellulaire, d'une épaisseur de 40 à 65 μm . Elle est composée de cellules vivantes, hexagonales, de taille 37-65 μm x 25-75 μm . Ces cellules contiennent des grains d'aleurone de 1 à 5 μm de diamètre et un noyau d'environ 10 μm . Cette couche, riche en protéines et en lipides, présente aussi de fortes teneurs en micronutriments (vitamines, minéraux et



antioxydants). Les épaisses parois des cellules sont constituées majoritairement d'arabinoxylanes (pentosanes) et de β -glucanes.

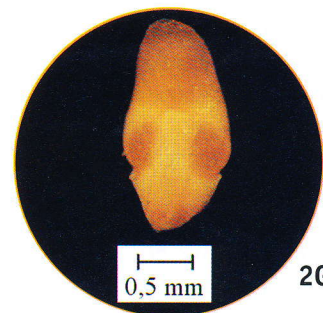
L'albumen amylicé (starchy endosperm)

Il se présente sous la forme de grandes cellules à parois très fines dont la taille et la forme diffèrent en fonction de leur position dans l'amande. De l'extérieur vers l'intérieur du grain, on distingue les cellules sous-aleuroniques (60 μm x 60 μm), les cellules prismatiques (128-200 μm x 40-60 μm), et les cellules centrales (120-144 μm x 80-120 μm). Ces cellules sont remplies de grains d'amidon (type A : 25 à 40 μm et type B : 2 à 10 μm) qui sont enchâssés au sein d'une matrice protéique plus ou moins dense. L'essentiel de l'albumen amylicé se retrouve dans les fractions de farine et de semoule après mouture du grain.

Germe ou embryon (germ, embryo)

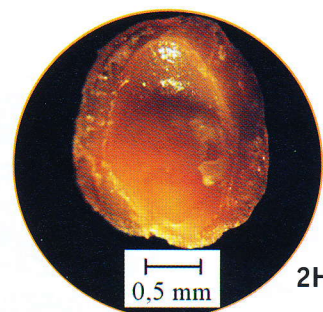
C'est l'ébauche de la future plante. Il est riche en protéines et en lipides et contient également des minéraux, des vitamines et des sucres solubles. Le germe se décompose en deux parties :

- L'axe embryonnaire (*embryonic axis*) (Figure 2G) dont la région



supérieure est constituée de la gemmule, ébauche de la future tige, entourée du coléoptile, alors que la radicule, recouverte du coléorhize, se situe à l'opposé. Il a une taille de 2 mm de long. C'est généralement cette seule partie du germe qui peut être récupérée au cours de la mouture.

- Le scutellum dont l'aspect en forme d'écusson lui a valu son nom (*scutellum* en latin signifiant écusson) (Figure 2H). Ce tissu est



- A : péricarpe externe
- B : cellules transversales
- C : cellules tubulaires
- D : testa
- E : bande hyaline
- F : couche à aleurone
- G : axe embryonnaire
- H : scutellum

Figure 2 : Photos de tissus disséqués manuellement obtenues sous loupe binoculaire.

Le point sur

en fait le cotylédon embryonnaire. Il tapisse l'albumen en formant une assise pour l'axe embryonnaire.

Cas particulier du sillon (Figure 3)

Au milieu du grain, les enveloppes sont invaginées pour former le sillon. Au fond de l'invagination, son organisation tissulaire et sa composition se distinguent très nettement des enveloppes. Autour de la cavité présente à ce niveau (dont la taille peut être très variable), la couche à aleurone est dite « modifiée ». En effet, la monocouche cellulaire est moins nette et les parois des cellules présentent de nombreux replis. Ces modifications structurales ont été mises en relation avec une fonction de transfert de substrat, du faisceau nourricier vers l'albumen. Le fond du sillon comprend trois tissus distincts qui sont des résidus de croissance permettant l'acheminement des nutriments vers l'intérieur du grain :

- Le faisceau nourricier (*vascular bundle*) : à maturité, seules quelques cellules résiduelles sont

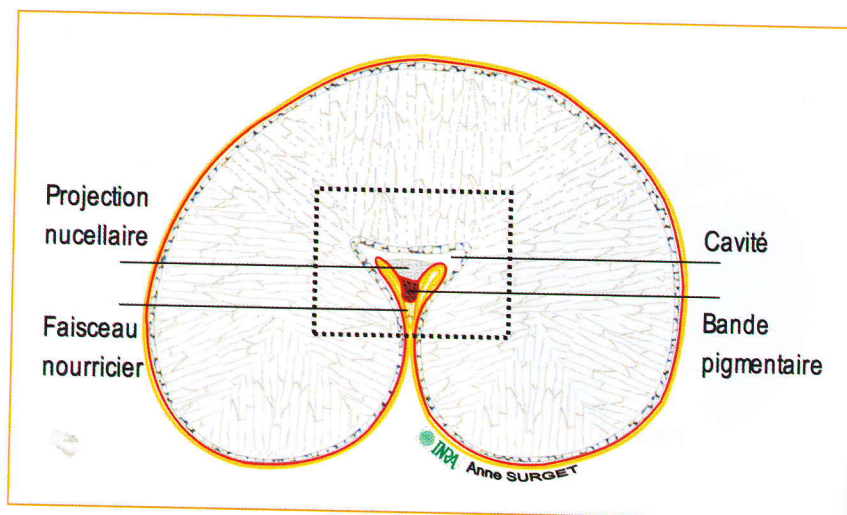


Figure 3 : Schéma d'une coupe transversale de grain et localisation du fond du sillon.

encore visibles. Elles sont incluses dans le péricarpe externe qui est plus épais à cet endroit du grain.

- La bande pigmentaire (*pigment strand*) : cette couche très brune est constituée d'un amas de cellules qui comme le testa, contiennent des pigments.
- La projection du nucelle (*nucellar projection*) : ce tissu se situe à l'extrémité de l'invagination, au bord de la cavité. Il serait la voie de pénétration des nutriments au sein du grain.

Conclusion et perspectives

La mouture correspond à un fractionnement histologique du grain de blé, avec pour objectif principal de récupérer l'albumen amylicé à un taux de pureté défini. La correspondance entre les tissus et les différentes fractions technologiques a été schématisée sur une coupe de grain (longitudinale et transversale) (Figure 4). La farine ou la semoule

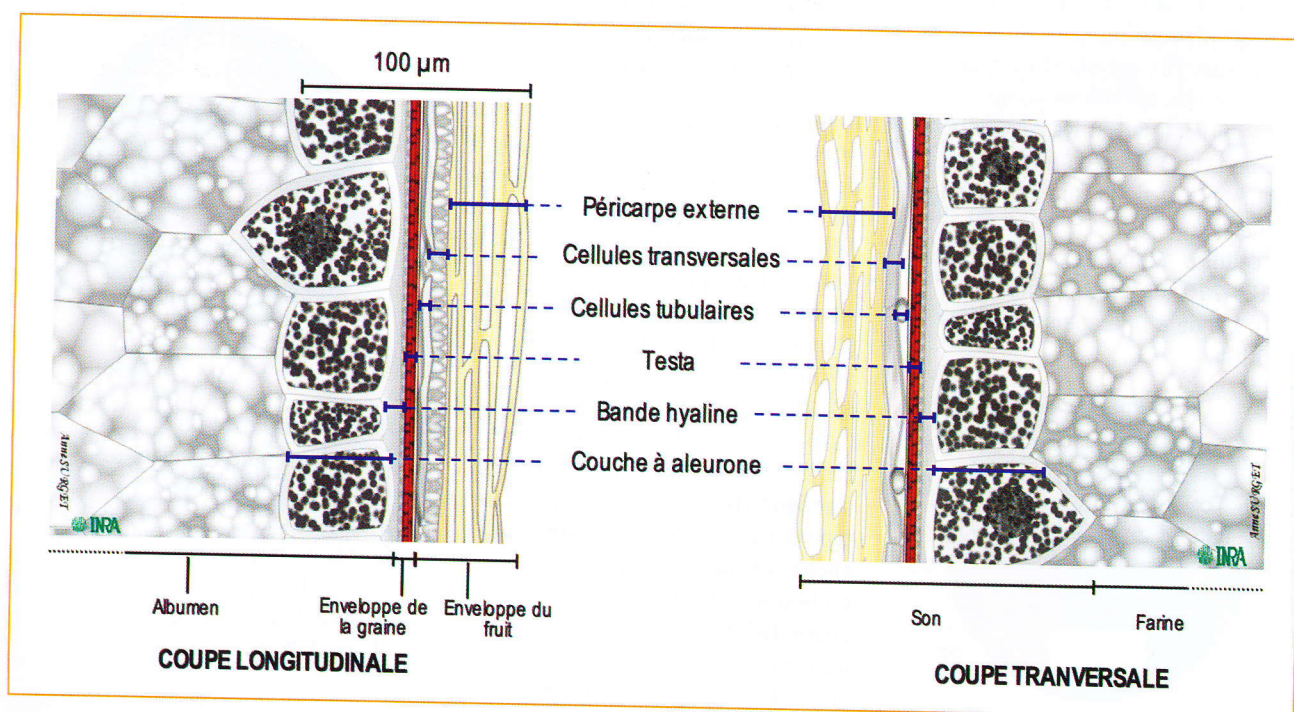


Figure 4 : Attribution des produits de mouture aux tissus du grain sur des schémas de coupes de grain.

Le point sur

% masse sèche du grain	Caphorn	Crousty	Données de la littérature
Péricarpe externe	4,0	3,5	3,5 à 5,5
Couche intermédiaire*	3,8	3,2	2,0 à 4,0
Couche à aleurone	6,5	6,4	5,0 à 8,0
Albumen amylicé	82,7	83,7	78 à 86
Germe	3,0	3,2	2,5 à 3,5

Tableau II : Répartition des tissus du grain après dissection manuelle, exprimée en pourcentage de la masse totale du grain sec (*couche intermédiaire = péricarpe + testa + bande hyaline).

proviennent pour l'essentiel de l'albumen amylicé, alors que les sons sont constitués de l'ensemble des couches périphériques, y compris la couche à aleurone. Le procédé de mouture ne conduit à l'heure actuelle à aucune séparation des enveloppes du fruit et de la graine, ni de la couche à aleurone. Le devenir du sillon est loin d'être établi, même s'il serait plutôt concentré dans les remoulages bis. Dans le cas du germe, seule la partie de l'axe embryonnaire peut être récupérée dans une fraction spécifique appelée souvent injustement « germe ». Les différents tissus, obtenus après dissection des grains, ont été pesés afin d'obtenir leur répartition massique au sein du grain. Les résultats obtenus pour deux variétés de blé tendre (Caphorn blé hard, Crousty blé soft) ont été comparés avec les valeurs extrêmes données dans la littérature (**Tableau II**). Cette méthode fine, réalisée à partir d'un échantillon représentatif de 40 grains, donne des résultats en adéquation avec la littérature et permet de mettre en évidence des différences entre les variétés. Ces valeurs de référence sont une base de comparaison

avec les données de mouture. En théorie, l'ensemble des couches périphériques, y compris la couche à aleurone ne représente que 11 à 18 % de la masse du grain pour 78 à 86 % d'albumen amylicé. Si l'on compare ces valeurs avec les rendements obtenus en mouture, une proportion non négligeable de l'albumen amylicé est éliminée dans les sons. Ces derniers sont contaminés par l'albumen amylicé adhérent à la couche à aleurone. La séparabilité albumen amylicé/couche à aleurone constitue d'ailleurs une des composantes majeures de la valeur meunière ou semoulière des blés. Aujourd'hui, les recherches entreprises visent aussi à mieux valoriser l'ensemble des tissus du grain, et notamment ceux éliminés dans les fractions de type sons et remoulages. L'objectif serait d'exploiter le potentiel nutritionnel que représentent les fibres et les micronutriments contenus dans la couche à aleurone, tout en éliminant les contaminants et facteurs anti-nutritionnels. La mise au point de procédés de fractionnement nécessite, non seulement la connaissance fine de l'histologie du

grain, mais aussi l'identification de marqueurs spécifiques des tissus qui sera réalisée par l'analyse de la composition des tissus isolés. ■

Références bibliographiques

BOYELDIEU J., 1980. *Le grain des céréales et ses utilisations*. Hachette, Paris.

BRADBURY D., MACMASTERS M.M., CULL I.M., 1956. Structure of the mature wheat kernel. *Cereal Chem.*, **33**, 342-373.

EVERS A.D., BECHTEL D.B., 1988. Microscopic structure of the wheat grain. In: POMERANZ Y. (ed), *Wheat: Chemistry and Technology*, 47-94. Am. Assoc. Cereal Chem., St Paul.

FLECKINGER J., 1935. Le grain de blé. Étude histologique en relation avec les produits de mouture : farines et issues. *Bulletin EFM*, **36**, 30-35.

KENT N.L., 1975. *Technology of cereals*. Pergamon Press, Oxford, New York.

PEYRON S., 2002. *Bases physico-chimiques et structurales de l'aptitude au fractionnement du grain de blé dur*. Thèse de docteur es Sciences, École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 127 p.

WINTON A.L., WINTON K.B., 1932. Cereals, starch, oil seeds, nuts, forage plants. In: WILEY J., SONS (eds), *The structure and composition of foods*, 190-245. Inc., New York.