



GLUTEN, ALIMENTATION ET SANTÉ

MARIE-FRANÇOISE SAMSON ET DOMINIQUE DESCLAUX

éditions
Quæ

GLUTEN, ALIMENTATION ET SANTÉ

MARIE-FRANÇOISE SAMSON ET DOMINIQUE DESCLAUX

Éditions Quæ

Thématique santé / alimentation dans la collection Enjeux sciences

Le moustique, ennemi public n° 1 ?

S. Lecollinet, D. Fontenille, N. Pagès, A.-B. Failloux, 2022, 168 p.

Les zoonoses. Ces maladies qui nous lient aux animaux

G. Vourc'h, F. Moutou, S. Morand, E. Jourdain, B. Chalmel, 2021, 172 p.

Les virus. Ennemis ou alliés ?

S. Biacchesi, C. Chevalier, M. Galloux, C. Langevin, R. Le Goffic,
M. Brémont, 2017, 112 p.

Quel futur pour notre alimentation ?

Pierre Feillet, 2014, 168 p.

Pour citer cet ouvrage

Samson M.-F., Desclaux D., 2025. *Gluten, alimentation et santé*,
Versailles, Éditions Quæ, 120 p.
<https://doi.org/10.35690/978-2-7592-4144-6>

Les éditions Quæ réalisent une évaluation scientifique des manuscrits avant publication. La procédure d'évaluation est décrite dans Prism.

Le processus éditorial s'appuie également sur un logiciel de détection des similitudes et des textes potentiellement générés par IA.

La diffusion en accès ouvert de cet ouvrage a été soutenue par la direction pour la Science ouverte (Dipso) et le département Biologie et amélioration des plantes (BAP) d'INRAE.

Les versions numériques de cet ouvrage sont diffusées sous licence CC-by-NC-ND 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Éditions Quæ
RD 10

78026 Versailles Cedex

www.quae.com / www.quae-open.com

© Éditions Quæ, 2025

ISBN (papier) : 978-2-7592-4143-9

ISBN (PDF) : 978-2-7592-4144-6

ISBN (ePub) : 978-2-7592-4145-3

ISSN : 2267-3032



Sommaire

Gluten...	5
Testez vos connaissances sur le gluten	7
D'où vient le mot « gluten » ?	8
Au départ, une « humeur » dans le règne animal, végétal et minéral	8
Le gluten dans les traductions et la littérature	9
Les premières mentions du terme « gluten de blé »	10
Un lien tardif entre « gluten » et « protéines »	11
Le gluten est-il présent dans le grain des céréales ?	12
La tribu des <i>Triticeae</i>	14
Ne confondez pas les <i>Triticeae</i> entre elles !	14
Le gluten se fabrique à partir des protéines de réserve	15
Protéines ou colliers et bracelets ?	16
La connaissance des protéines des blés en quelques grandes étapes	18
Le gluten : un casse-tête pour les physiiciens	28
Des protéines nécessaires à la croissance de la plantule	31
À quoi sert le gluten dans l'alimentation ?	39
Comment se mesure la quantité de protéines capables de générer du gluten ?	39
La consommation quotidienne de gluten	41
Le gluten de blé : très tôt, un gage de qualité	42
Autant de boulangers, autant de pains, autant de glutens	43
Spaghettis et autres pâtes alimentaires contiennent-ils du gluten ?	44
Entre aliments paysans et aliments « industriels » : une différence de gluten ?	46
Le gluten, un adjuvant parmi d'autres dans les pains	48
Comment produire du gluten industriellement et pour quels usages ?	51
De l'amidon au gluten dans l'industrie d'hier	51
Comment les industriels extraient-ils aujourd'hui le gluten ?	52
Le gluten vital en industrie céréalière	53
Le gluten : un ingrédient des substituts de viande	54
Nos animaux consomment-ils du gluten ?	55
Gluten, pâte à modeler et autres utilisations non alimentaires	56
Zoom sur le gluten hydrolysé	57



Quels problèmes de santé avec le gluten ?	59
« Le gluten est à l'espèce humaine ce que l'engrais est aux plantes... »	59
Pour certains, un vrai problème de santé	61
La maladie coeliaque	61
Les allergies	70
La sensibilité non coeliaque au gluten ou au blé	71
Le gluten joue-t-il un rôle dans d'autres maladies ?	72
Quel intérêt de consommer des produits sans gluten ?	75
Les produits sans gluten : un marché en plein <i>boom</i>	75
Qui achète et pourquoi ?	77
Une liste d'ingrédients longue comme un jour sans pain	78
Les pâtes et biscuits sans gluten : moins d'additifs ?	81
Les produits sans gluten sont-ils ultratransformés ?	82
Se nourrir sans gluten, mais à quel prix ?	84
Qu'est-ce qui peut dégrader le gluten ?	85
La germination, le processus originel de dégradation	85
Bactéries, champignons, plantes, insectes : qui pour dégrader le gluten ?	85
Les « dégradeurs » de notre tube digestif	87
Les probiotiques ont-ils un intérêt dans le cas de la maladie coeliaque ?	89
Sources naturelles de bactéries dégradant le gluten	89
La modification chimique ou microbiologique du gluten	91
Comment la fermentation peut dégrader le gluten ?	91
Le maltage	93
Comment influencer sur la quantité de gluten dès le grain ?	95
Une influence du mode cultural reconnue depuis longtemps	95
Beaucoup d'azote, beaucoup de gluten ?	96
Gluten et pesticides : que savons-nous ?	96
Le changement climatique : chance ou malchance pour les hypersensibles au gluten ?	98
Une sélection des variétés modernes très axée sur le gluten	98
Qu'en est-il des variétés dites « anciennes » ?	100
Peut-on produire des blés à teneur réduite, voire sans gluten ?	102
Quel avenir pour le gluten ?	111
Réponses au quizz	114
Bibliographie	115



Gluten...

Un petit mot... si souvent associé à de grands maux ! Ces grands maux, nous les avons côtoyés auprès des amis, collègues, connaissances. Leurs interrogations portaient sur nos recherches : « Que faites-vous dans vos labos pour nous, cœliaques, hypersensibles au gluten, allergiques ?... »

Nos réponses évasives trahissaient notre gêne. La question n'était pas traitée ou trop peu... Jusqu'au jour où Jean-François, paysan-boulangier, croisé au hasard d'un bout de champ, confie à voix basse : « Cela fait plusieurs fois que des gens qui m'achètent le pain m'expliquent qu'ils ne présentent pas les symptômes d'hypersensibilité habituellement éprouvés lorsqu'ils mangent du pain d'ailleurs. » Quelque temps plus tard, Roland rapporte le même constat, puis Michel, puis Guillaume, Jean-Jacques, François, Alexandra, Thierry, Vincent et bien d'autres ensuite. Tous sont paysans-meuniers, paysans-boulangers ou paysans-pâtisiers. Quel que soit le produit — farine, pain ou pâtes —, le constat de leurs clients est le même : « Plus digeste que celui des grandes surfaces ! »

« Pouvons-nous communiquer sur la meilleure digestion de nos produits ? » demandent-ils. Prudentes, nous répondons que le sujet des maux entourant le gluten est trop sérieux et que des recherches poussées s'imposent.

Dont acte. Début des recherches...

Première réunion : un rapide tour de table s'impose. Bien que rapportant les mêmes faits, ils ne se connaissent pas tous. Qu'ont-ils donc en commun ? Une passion pour les variétés « anciennes », une mouture à la meule de pierre, l'utilisation du levain pour ceux qui font du pain, un four à bois, un séchage à l'air libre pour ceux qui font des pâtes.

La plupart, nous les avons connus agriculteurs bio, 20 ans auparavant. C'était l'époque où ils recherchaient des variétés de blé tendre ou de blé dur adaptées à leur système en AB. Il est

vrai que les variétés inscrites au Catalogue national n'avaient pas été sélectionnées pour supporter des carences en azote, la concurrence d'adventices ou pour « faire de la paille », puisque certains étaient également éleveurs et recherchaient des variétés à paille haute pour la litière des animaux ou tout simplement pour améliorer leur sol en matière organique.

Les variétés modernes présentes au Catalogue ressemblaient à des Formules 1 conçues pour des exploits sur circuit à asphalte ultra lissé, mais circulant très mal sur chemins de terre plus cabossés...

Au gré du temps, chacun de ces paysans est devenu filière... Produire le grain, le moudre, en faire du pain ou des pâtes selon que le grain est blé tendre ou blé dur, cela les a passionnés et a suscité des questions pour chacune des étapes. Ils nous les ont posées... Ce livre est le leur. Ils ont questionné nos certitudes, nous ont conduits aux confins de nos disciplines, fait sortir de nos labos, invités dans leurs champs, dans leurs moulins, dans leurs fournils, fait oublier nos régimes pour goûter tous leurs produits. Ils ont discuté et rediscuté nos hypothèses, validé et revalidé un nombre incalculable de fois nos données.

Le lecteur, qu'il soit expert sur le gluten ou totalement ignorant du sujet, trouvera dans ce livre des anecdotes, détails croustillants ou autres informations inédites, mais toujours insérés avec le souci de la rigueur scientifique et issus d'une compilation bibliographique de la Genèse à nos jours !

Testez vos connaissances sur le gluten

Répondez aux questions suivantes par Vrai ou/et Faux :

1. Le gluten est présent dans les grains de céréales *Vrai/Faux ?*
2. Le gluten est l'ingrédient magique des industries agroalimentaires *Vrai/Faux ?*
3. Il ne faut plus manger de céréales..... *Vrai/Faux ?*
4. Le gluten est, comme son nom l'indique, une glu utilisée comme colle par l'industrie . *Vrai/Faux ?*
5. Le gluten est un sous-produit de l'industrie amidonnière..... *Vrai/Faux ?*
6. Le gluten était perçu comme reliant règne animal et minéral *Vrai/Faux ?*
7. Les aliments sans gluten sont bénéfiques *Vrai/Faux ?*
8. Le gluten se fabrique à partir de protéines de réserve des grains *Vrai/Faux ?*
9. Jacopo Bartolomeo Beccari, chimiste, est le premier à avoir accolé le terme « gluten » au blé *Vrai/Faux ?*
10. Les variétés « anciennes » de blé n'ont pas de gluten..... *Vrai/Faux ?*

Comparez vos réponses avec celles à la fin de l'ouvrage :

- *vous avez 10 réponses justes.* Bravo ! Vous connaissez très bien le sujet, mais pour devenir encore plus expert, poursuivez la lecture, car ce livre vous permettra d'accéder à des informations inédites.
- *entre 5 et 10 réponses justes.* Vous avez déjà de bonnes notions sur le gluten, mais n'hésitez pas à poursuivre votre lecture pour en apprendre encore plus...
- *entre 0 et 5 réponses justes.* Vous êtes motivé pour apprendre, puisque vous avez ce livre entre les mains ! Félicitations et ne vous arrêtez donc pas à cette première page !



D'OÙ VIENT LE MOT « GLUTEN » ?

Aujourd'hui étroitement associé aux céréales, le mot « gluten » a pourtant initialement été utilisé dans bien d'autres domaines comme la sphère chirurgicale ou la pédologie ! Dans tous les cas, ce mot mérite à lui seul une étude historique. Ses dérivés actuels, tels « agglutiner » ou « conglutiner », renseignent déjà sur sa définition.

AU DÉPART, UNE « HUMEUR » DANS LE RÈGNE ANIMAL, VÉGÉTAL ET MINÉRAL

Un ouvrage d'Othonis Brunfels datant de 1536 définit le gluten comme une « humeur », un fluide présent dans certains organes. En 1752, Albrecht von Haller le compare à un suc gluant, une « gelée tirée des os, de l'ivoire et des cornes », ou encore à une substance présente « dans les espaces que les fibres laissent entre elles ». Il en va ainsi du « gluten musculaire », dont une forte gélatinosité serait signe d'une plus grande irritabilité des animaux (Whytt, 1759).

Ce terme, fort usité dans le domaine médical, désignait aussi le suc de plantes (l'ail est souvent cité ; Lieutaud, 1770) ou d'araignée (Danyzy, 1766), qui étaient employés pour soigner les plaies. Ses propriétés étaient reconnues en chirurgie : « il possède des propriétés extraordinaires, telles que celle de favoriser la réunion des os et leur endurcissement » (Lewis, 1775). Diderot et d'Alembert, dans leur *Encyclopédie* de 1751, associaient dans la définition du gluten les os et les pierres — « c'est par l'effet du gluten que les pierres diffèrent des terres » — ou soulignaient encore qu'il « unit les parties terrestres des os » et « lie les terres calcaires ».

Les pierres elles-mêmes étaient vues comme « des Terres étroitement unies par un gluten ». « C'est cette Terre qui étant liée par un gluten particulier y constitue dans les Animaux leur base, leur squelette, ou leurs os. Cette Terre conserve son caractère essentiel, même après que le gluten en a été chassé par le feu [...] ». Le gluten était même soupçonné de causer une différence de dureté entre les minéraux (Pott, 1753).

Un traité d'agronomie rajoute : « L'argile [...] est une terre visqueuse, grasse au toucher. Elle se divise promptement dans l'eau en parties très fines. Elle contient une humeur onctueuse qui lui est propre : le gluten » (Bellepierre *et al.*, 1761).

Dans le domaine agricole, le « gluten » ou la « glu » étaient définis comme une « composition visqueuse » utilisée alors comme piège (Furetière, 1686), ou servaient à désigner « le suc nourricier du bois formant en durcissant les couches ligneuses » (Duhamel du Monceau, 1764) ou encore « l'humeur » des arbres (gomme arabique).

LE GLUTEN DANS LES TRADUCTIONS ET LA LITTÉRATURE

Selon les traducteurs de Virgile, le mot *gluten* employé dans les *Géorgiques* (livre IV) est traduit par suc, gomme, substance visqueuse, colle ou glu. Dans la *Vulgate*, le terme « Glutino » (Isaïe 41,7) traduit le strong hébreu דִּבְעָק (*debeq*), qui a été lui-même traduit le plus souvent par « soudure ». Des ouvrages de 1775 le définissent comme « une gelée qui file entre les doigts » (Lafosse, 1775) ou encore « le lien qui unit les particules d'un corps : on dit glutineux d'une matière qui a la consistance d'un mucilage » (Lewis, 1775).

« Gluten » proviendrait du latin *glutinum* ou *gluo*, colle, gomme, glu, qui eux-mêmes viendraient du grec γλοιός (*gloiós*), γλία (*glía*), *glischros*, visqueux, gluant, collant (mais aussi tenace).

GLUTEN : UN MOT TRÈS CONSERVÉ ENTRE LES DIVERSES LANGUES

Français, Occitans, Allemands, Anglais, Néerlandais, Suédois, Espagnols, Slovénes, Tchèques, tous écrivent « gluten ». Les autres n'en sont pas loin, comme les Grecs qui prononcent *gluténí*, les Italiens, *glutine*, les espérantistes, *gluteno*, ou les Arabes, *jaloutin* (on entend un peu gélatine...).

Pour les Chinois, l'idéogramme 麸质 traduit le mot gluten. La première syllabe 麸 se dit *fū* et signifie fibre, la seconde 质 se prononce *zhì* et a de nombreuses significations (caractère, nature, qualité, plaine, mettre en gage, otage, Taïwan) pas toujours évidentes à relier au gluten...

LES PREMIÈRES MENTIONS DU TERME « GLUTEN DE BLÉ »

Il est très difficile d'identifier avec assurance le premier emploi du terme « gluten » pour désigner la masse visqueuse restante après hydratation de la farine de blé, malaxage et lavage de la pâte.

Jacopo Bartolomeo Beccari, chimiste, est considéré comme le premier utilisateur du terme « gluten » en lien avec le blé, dans son mémoire « Découverte du gluten » datant de 1728 (traduit par Roy, 1862). Dans cet extrait, il détaille le protocole utilisé :

« Le froment doit être de très bonne qualité ; on le broie d'une manière convenable, afin que le tamis le dégage entièrement du son : de cette manière on ne pourra soupçonner aucun mélange. Cette opération faite avec soin, on mêle la farine dans une eau très-pure et on la pétrir ; il ne reste plus alors qu'à laver soigneusement. Dans ce lavage, l'eau enlève toutes les parties qu'elle peut détacher, les entraîne avec elle et laisse les autres intactes. Celles-ci forment peu à peu une masse compacte, molle sans doute, mais d'une consistance remarquable, et qui fournit une colle très propre à différents usages. Remarquons en outre qu'il ne serait plus possible de la dissoudre dans l'eau. Quant aux autres parties, elles nagent quelque temps confondues avec le liquide, qui ressemble alors à du lait, mais bientôt elles descendent et se rassemblent au fond du vase, sans avoir toutefois la même force de cohésion que les premières ; elles ressemblent à une poudre toujours prête à s'élever confusément à la surface de l'eau ; rien n'a plus d'affinité avec l'amidon ; ces parties sont même un véritable amidon qui ne le cède point à l'amidon vulgaire, celui que les anciens préparaient par une si longue macération, et qui de nos jours ne coûte guère moins de temps et de travail. Comme il sera besoin, dans la suite de désigner ces parties distinctes, nous donnerons aux premières pour plus de clarté, le nom de glutineuses, et aux autres celui d'amylacées. »

Dans sa thèse sur le froment (autre nom pour désigner le blé tendre) et le gluten, Johannes Kessel-Meyer, en 1759, rappelle

la similarité avec le « gluten animal » et insiste sur les qualités d'assemblage de ce gluten de froment :

« il peut servir à coller des objets qu'on ne pourrait jamais faire adhérer fortement ensemble au moyen du gluten animal. Ainsi deux fragments de verre ou de fer, enduits de gluten de froment et appliqués l'un contre l'autre, pourront résister, après que cette colle sera convenablement séchée, à presque tous les efforts qu'on ferait pour les séparer. Pour ce qui regarde le cachet des lettres, jamais aucun des moyens imaginés dans ce but n'a surpassé l'emploi de notre gluten, puisqu'il reçoit d'une manière beaucoup plus nette et plus visible, l'impression du sceau, et qu'il ne peut être enlevé par l'eau sans que le papier se déchire ».

UN LIEN TARDIF ENTRE « GLUTEN » ET « PROTÉINES »

Le lien entre gluten et protéines n'est fait que tardivement puisque le terme « protéine » n'apparaît qu'en 1838 ! La paternité de ce terme semble attribuable à Jöns Jacob Berzelius (Hartley, 1951) qui, dans une lettre adressée à Gerardus Johannes Mulder, explique : « Le nom protéine que je vous propose pour l'oxyde organique de la fibrine et de l'albumine, je voulais le dériver de *proteios* parce qu'il paraît être la substance primitive ou principale de la nutrition animale que les plantes préparent pour les herbivores et que ceux-ci fournissent ensuite aux carnassiers. » Mulder s'en serait immédiatement servi dans son article paru quelques jours après, créant ainsi la confusion de paternité : « La matière organique, étant un principe général de toutes les parties constituantes du corps animal, et se trouvant, comme nous verrons tantôt, dans le règne végétal, pourrait se nommer *Proteine de proteios, primarius...* » (Hartley, 1951). Le terme grec πρωτελος (*proteios*), signifiant « qui occupe le premier rang »¹, indique que les protéines sont rapidement apparues comme les seules sources d'azote utilisables par l'homme, sans lesquelles la vie serait impossible.

1. <https://www.cnrtl.fr/etymologie/prot%C3%A9ine> (consulté le 10/07/2025).



LE GLUTEN EST-IL PRÉSENT DANS LE GRAIN DES CÉRÉALES ?

Pas du tout ! Le gluten n'existe pas tel quel dans un grain de blé. Il n'est pas présent non plus dans la farine. Toute sa magie réside dans le fait d'apparaître par la main de l'homme.

En effet, le gluten est un réseau (on parlera aussi de filet) de protéines, qui se constitue quand on mélange la farine à de l'eau et que l'on malaxe le tout pour former une pâte. Ce réseau se forme par la rencontre de certaines protéines présentes dans la farine et qui étaient, bien sûr, auparavant présentes dans le grain de céréales.

Dans quel endroit du grain ? Disséquons ensemble un grain de blé. Sur l'épi, il est logé dans des épillets et protégé par les glumes et les glumelles qui sont éliminées lors du battage (figure 1). Le grain a une forme ovoïde. Telle une grande cicatrice, un sillon parcourt toute sa longueur. À la base de la surface opposée à ce sillon se trouve le germe composé de deux parties : le scutellum et l'embryon. Le reste du grain est constitué de l'albumen, ou amande, entouré par une série de couches tissulaires qui forment le son. Parmi ces couches, on observe, de l'extérieur vers l'intérieur, le péricarpe externe, le péricarpe interne, la testa et la bande hyaline. Entre l'albumen et ces couches externes se trouve une couche de cellules appelée couche à aleurone. Elle est, avec l'embryon, l'unique tissu vivant du grain mature et permet son développement au cours de la germination. Cette couche est très riche en protéines, mais elle ne contient pas pour autant celles qui participent à la formation du gluten.

L'albumen est qualifié d'amylacé, car il est composé principalement d'amidon (environ 70 %). Il contient aussi des protéines (8 à 16 %) et notamment les protéines constitutives du gluten. Enfin, il contient d'autres composés plus minoritaires (pentosanes, cellulose, sucres libres, lipides, minéraux). Cet albumen est dit farineux chez le blé tendre, car il s'écrase, lors de la mouture, en farine, alors qu'il est dur chez le blé dur (comme son nom l'indique !) et s'écrase en semoule.

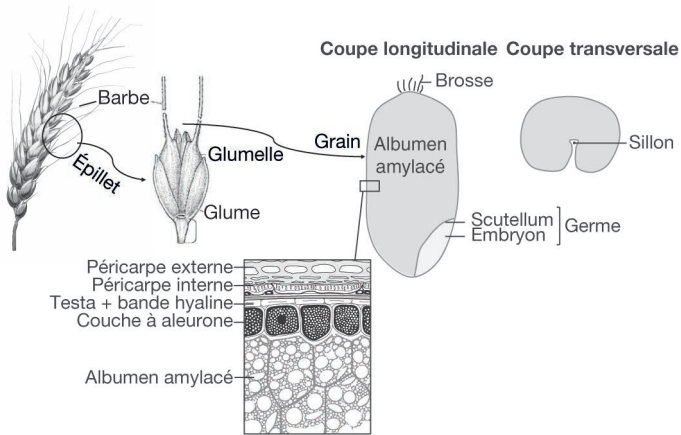


Figure 1. De l'épi au grain. Coupes longitudinale et transversale d'un grain de blé. Détail des couches périphériques du grain.

GRAIN OU CARYOPSE ?

Les spécialistes en botanique expliquent que le grain de blé n'est pas une graine, mais un fruit particulier nommé caryopse. La paroi mince du fruit, nommée péricarpe, est très fortement soudée à la paroi (testa) de la graine. La graine comprend la bande hyaline, la couche à aleurone, l'albumen amylicé et le germe. Ainsi, la graine n'est pas libre (comme dans le cas d'une graine de tournesol), mais toujours enserrée dans le fruit, qui est donc utilisé comme semence.

Le Codex Alimentarius² définit le gluten comme « une fraction protéique du blé, du seigle, de l'orge, de l'avoine ou de leurs variétés croisées et de leurs dérivés, à laquelle certaines personnes sont intolérantes et qui est insoluble dans l'eau et dans une solution de chlorure de sodium à 0,5 M », soit une concentration de 29 g/l.

2. Le Codex Alimentarius (ou Code alimentaire) est un programme mixte de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) fixant les normes de sécurité alimentaire qui servent de référence pour le commerce international des denrées alimentaires.

LA TRIBU DES *TRITICEAE*

Usuellement, on appelle « céréales » les plantes dotées d'épi(s) produisant des graines qui sont récoltées à maturité et peuvent être transformées en farine. Si quinoa et sarrasin répondent à cette définition, ce ne sont pas néanmoins des céréales à proprement parler, car ils n'appartiennent pas à la famille des Poacées (anciennement appelées Graminées), qui sont les seules, aux yeux des botanistes, à pouvoir s'appeler ainsi.

Les céréales cultivées sont rattachées à quatre sous-familles de ces Poacées : les *Pooideae* (comprenant notamment le blé, l'orge et le seigle, de la tribu des *Triticeae*, ainsi que l'avoine de la tribu des *Aveneae*), les *Ehrhartoideae* (riz et zizanie, de la tribu des *Oryzeae*), les *Panicoideae* (maïs, sorgho, millet, fonio) et les *Chloridoideae* (teff, éleusine).

Parmi ces espèces, seules celles qui appartiennent à la sous-famille des *Pooideae* contiennent des protéines permettant de développer du gluten ; ce n'est pas le cas des autres sous-familles.

NE CONFONDEZ PAS LES *TRITICEAE* ENTRE ELLES !

Comment ne plus confondre blé tendre et blé dur ?

Le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) est réduit en farine et utilisé pour fabriquer des pains et autres gâteaux, mais parfois peut être aussi utilisé pour l'alimentation animale et à des fins non alimentaires (p. ex., bioéthanol).

Le blé dur (*Triticum turgidum* subsp. *durum*), qui donne après broyage de la semoule (particules plus grosses que celles de la farine), est utilisé exclusivement pour l'alimentation humaine (semoule, pâtes, couscous, blé précuit).

Les autres espèces de *Triticeae* sont moins cultivées, comme le petit épeautre ou engrain (*Triticum monococcum* L.), le grand épeautre (*Triticum aestivum* subsp. *spelta*), proche cousin du blé tendre, ou l'amidonniér (*Triticum turgidum* subsp. *dicoccon*), ancêtre du blé dur.

Toutes ces espèces se distinguent par leur génome et leur nombre de chromosomes. Mais elles ont en commun d'avoir toutes n jeux de 7 chromosomes provenant d'un ou plusieurs génomes « ancestraux » : A, B ou D issus d'espèces différentes. Ainsi, le petit épeautre possède 2 jeux de 7 chromosomes, soit 14 chromosomes au total, et les 2 jeux proviennent du génome A. On dit qu'il est diploïde AA (figure 2). L'amidonnier comme le blé dur présentent 4 jeux (AABB) de 7 chromosomes. Ils sont dits tétraploïdes. Par contre, le blé tendre et le grand épeautre sont hexaploïdes AABBDD (6 jeux de 7 chromosomes). Avec ses 42 chromosomes et ses plus de 107 000 gènes, le blé tendre n'a ainsi rien à envier à l'espèce humaine, qui exhibe ses quelques 23 chromosomes et seulement 22 000 gènes ! Quand on sait que les gènes codent pour des protéines, on comprend mieux pourquoi on s'intéresse de près aux protéines du blé...

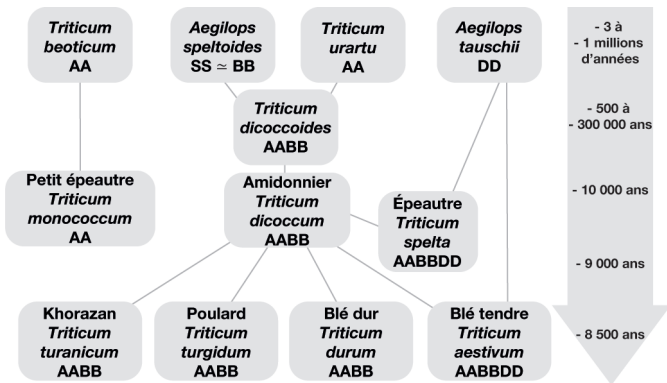


Figure 2. Histoire évolutive des blés. Il y a quelque 3 millions d'années, le croisement de *Triticum urartu* (AA) avec *Aegilops speltoides* (SS ou BB) aurait conduit à la formation de *Triticum dicoccoides* (AABB), puis de l'amidonnier et d'autres formes domestiquées (khorazan, poulard, blé dur). Le croisement de *Triticum dicoccum* avec *Aegilops tauschii* (DD) aurait donné naissance à l'épeautre (grand épeautre) et au blé tendre.

LE GLUTEN SE FABRIQUE À PARTIR DES PROTÉINES DE RÉSERVE

Les protéines de réserve sont accumulées lors de la croissance du grain sur l'épi. Chez le blé, elles ont pour noms : gliadines et gluténines. Elles constituent 80 % des protéines du grain et n'ont

d'autre fonction que de servir de source d'acides aminés, lors de la germination, pour assurer la croissance de la jeune plantule.

Il existe d'autres protéines dans le grain, qui ne sont pas des protéines de réserve, mais qui participent à la construction des cellules, au métabolisme du grain ou encore à sa défense. Beaucoup sont des enzymes.

PROTÉINES OU COLLIERS ET BRACELETS ?

Une protéine ou polypeptide est un enchaînement d'au moins 50 acides aminés liés entre eux par une liaison dite peptidique. On peut ainsi comparer une protéine, selon sa longueur, à un

ENTRE CARAT ET DALTON, UNE HISTOIRE DE POIDS...

Le poids (la masse) des bagues, bracelets ou colliers en or se mesure en carat. Ce terme est aussi utilisé comme unité de masse dans le commerce des pierres. Des sources attribuent l'étymologie de ce mot carat au nom arabe *qīrāt* signifiant graine de caroubier. En effet, dans l'Antiquité, la graine de caroubier était utilisée par les marchands comme unité de mesure, car elle était supposée avoir une masse régulière de 0,24 g. De nos jours, les professionnels utilisent le carat métrique : 1 carat égale 0,20 g.

Le poids (la masse) de ces mêmes « bagues, bracelets ou colliers » en acides aminés se mesure en dalton (symbole Da). La masse moléculaire moyenne d'un acide aminé étant d'environ 100 Da, la masse d'une protéine peut atteindre plusieurs millions de daltons pour les grosses protéines de type complexes enzymatiques. Les masses moléculaires des protéines sont souvent citées en kilodaltons (kDa).

Le dalton est l'unité de mesure de la masse moléculaire correspondant au douzième de la masse d'un atome de carbone, soit $1,660\,539\,067 \times 10^{-24}$ g. C'est John Dalton (1766-1844), chimiste et physicien britannique, qui créa cette unité. Après avoir pour la première fois décrit une anomalie de la vision qui affectait la perception des couleurs dont il souffrait lui-même et à laquelle on donna le nom de daltonisme, il eut l'idée de génie de la théorie atomique, dans laquelle il proposa d'attribuer un poids à chaque atome (1 à l'atome d'hydrogène, 7 à l'atome d'oxygène, 5 à l'atome d'azote, etc.).

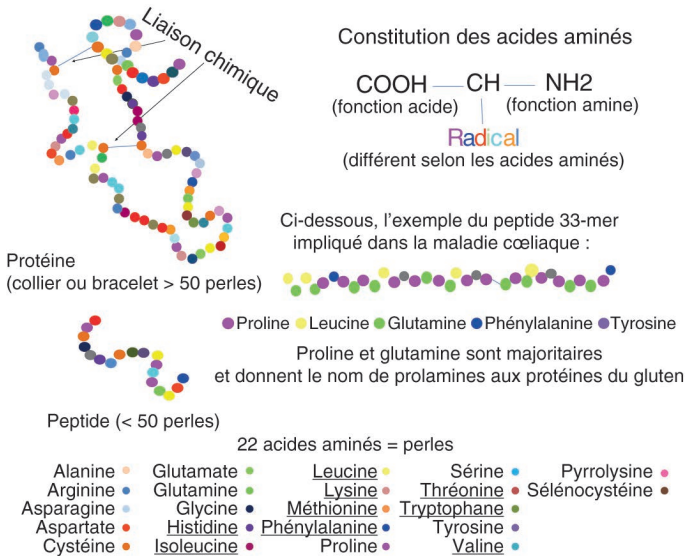


Figure 3. Des « perles » d'acides aminés pour faire des « colliers » et des « bracelets » de protéines ; formule chimique des acides aminés et composition du peptide 33-mer impliqué dans le déclenchement de la maladie cœliaque. Les acides aminés soulignés correspondent à ceux qui sont essentiels pour l'homme, qui ne peut pas les synthétiser.

collier ou un bracelet de perles, où chaque perle serait un acide aminé (figure 3 ; voir aussi encadré). En deçà de 50 perles ou acides aminés, on parle de peptide. À ce propos, un des peptides les plus connus pour son implication dans la maladie cœliaque est le 33-mer (nommé ainsi car il possède 33 acides aminés). Les protéines peuvent avoir des longueurs très différentes, constituées de tout ou partie des 22 « couleurs » (types) d'acides aminés existantes formant autant de combinaisons et motifs. Chez les plantes, sur les 22 possibilités, seuls 20 acides aminés sont présents (la pyrrolysine et la sélnocystéine ne se rencontrent que chez certains microorganismes ou enzymes). En ce qui nous concerne, nous, humains, neuf de ces acides aminés sont dits « essentiels » (soulignés dans la figure 3), car ils ne sont pas produits par notre métabolisme et doivent être apportés directement par l'alimentation. Les plantes sont, pour leur part, capables de synthétiser l'ensemble de ces 20 acides aminés.