GDEC

Génétique Diversité Ecophysiologie des Céréales

INRA SCIENCE & IMPACT

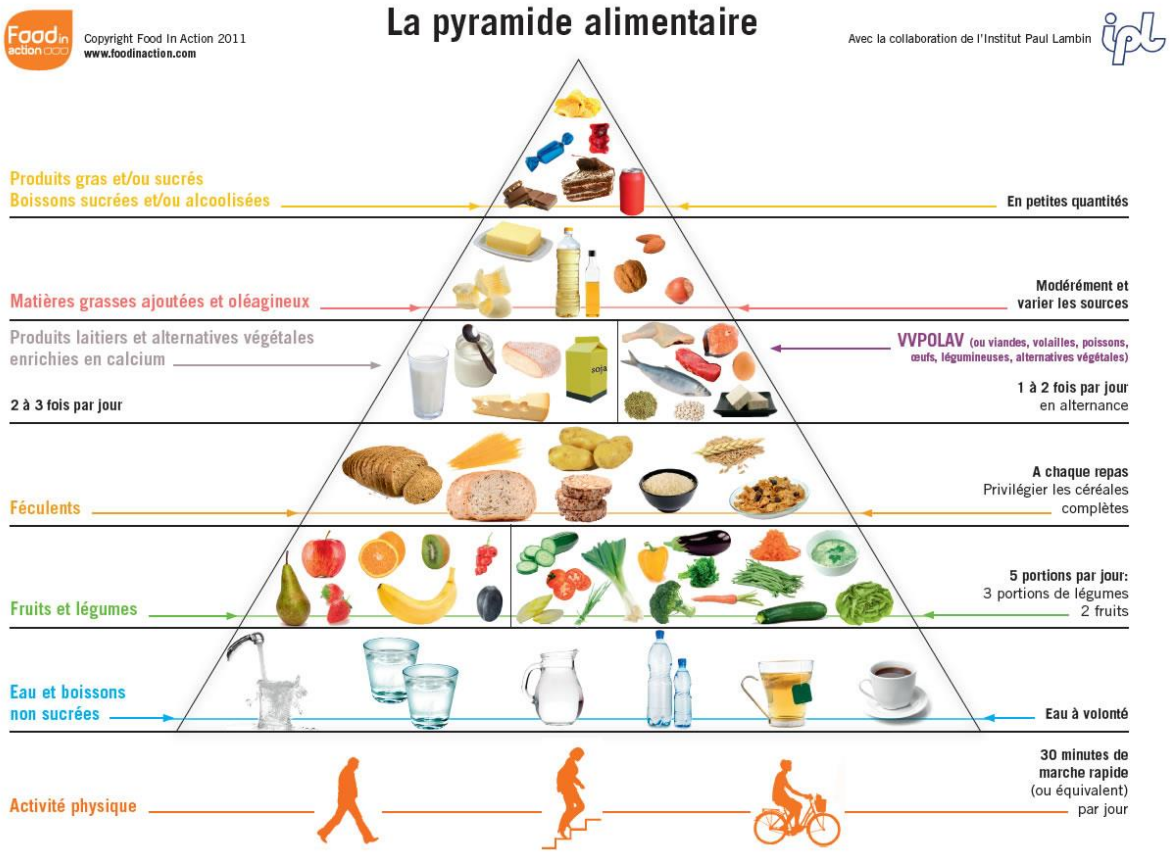
UNIVERSITÉ Clermont Auvergne

Gluten, nutrition et santé

C. RAVEL

Place des céréales dans la pyramides alimentaires

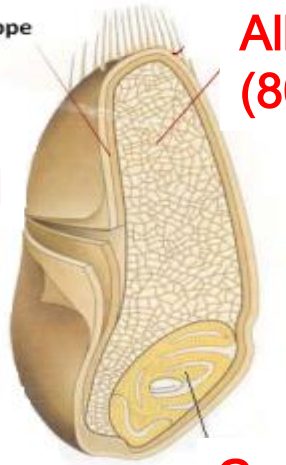
Pyramide alimentaire = un repère visuel pour un régime omnivore équilibré



Les produits céréaliers (dans les féculents), proches de la base, sont à consommer à chaque repas. Le blé se consomme après transformation.

Apports du blé?

Apports du blé



SON

Albumen (80-85%) → FARINE

- *70-75% Amidon*
- *10-15% Protéines*
- *1-2% Lipides*
- *8-11% eau*

Macronutriments :
fournissent l'énergie à notre organisme

Germe (3%)

Le grain de blé

20% de nos besoins en énergie
20% des protéines

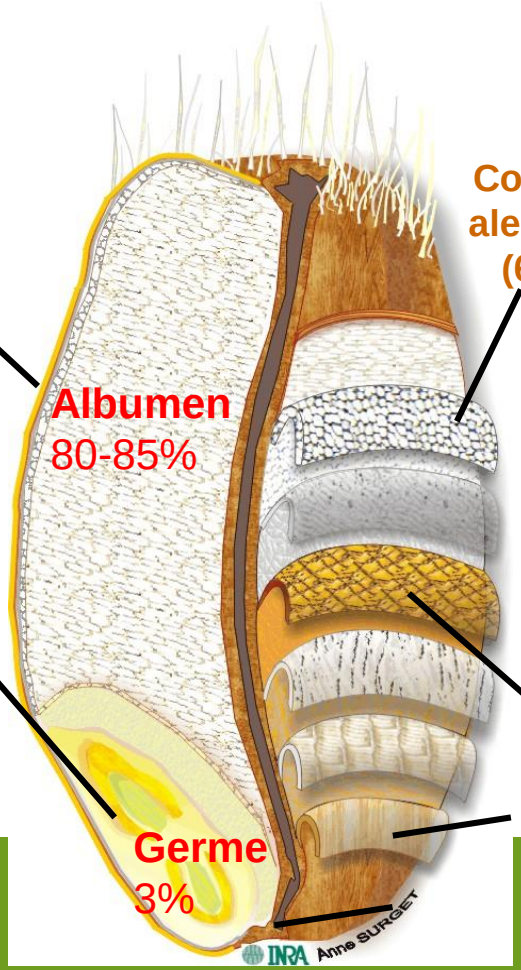
Et encore?

Apports du blé

⇨ Et des micronutriments : sans valeur énergétique mais vitaux (vitamines, minéraux, oligo-éléments souvent produits par le métabolisme secondaire de la plante)

- *β-glucanes, arabinoxylanes (fibres solubles)*
- *Caroténoïdes*
- *Sélénium*
- *Thiamine (B1) & vitamine E*
- *Flavonoïdes (anthocyanins)*

- *Acides aminés soufrés*
- *Glutathion*
- *Fibres solubles/insolubles & raffinose*
- *Flavonoïdes*
- *Vitamines B, E*
- *Minéraux & éléments traces*
- *Phytostérols*
- *Bétaine & choline*
- *Policosanol*



Couche à aleurones (6-9%)

- *Xylanes, β-glucanes, raffinose, stachyose & fructanes (FODMAPS)*
- *Acides aminés soufrés & glutathion*
- *Antioxydants (acide férulique carotenoïdes, lignanes, anthocyanins & isoflavonoïdes)*
- *Vitamines E , B*
- *Minéraux & éléments traces*
- *Acide phytique*
- *Bétaine & choline*

Testa (1%)

- *Alkylrésorcinols*

***Péricarpe* (4-5%)**

- *Fibres insolubles (xylanes, cellulose, lignine)*
- *Antioxydants liés aux parois cellulaires (acide férulique)*

SON

- *Policosanol*
- *Phytostérols*

D'après Fardet A (2010)

Importance des micronutiments

Principaux micronutriments dont le blé est une source importante en particulier pour les pays en voie de développement où le blé est un aliment de base de plus en plus consommé.

- Fibres solubles : Diminution de la réponse glycémique après repas et du diabète type 2, **diminution du cholestérol** (Sirtori 2012, Abeysekara, 2012; Bähr, 2013) **=> Prévention maladies cardio-vasculaires**

- Fibres insolubles : limitent **cancers du colon** (Fechner, 2013)

- Minéraux (essentiellement Fe, Zc et Se)
- Vitamines (**folates** en particulier)
- Autres : composés phénoliques (acide phénolique…), terpenoïdes (stérols – stanols, tocols (VitE), caroténoïdes (VitA), bétaïne-choline … Propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, réduction cholestérol, prévention maladies neurodégénératives, anti-cancéreux…Rôle parfois contreversé. Effet dose.

INRA SCIENCE & IMPACT

Diminuer la part de produits à base de blé dans l'alimentation peut avoir des conséquences sur l'apport de certains de ces micronutriments

Importance des macronutriments

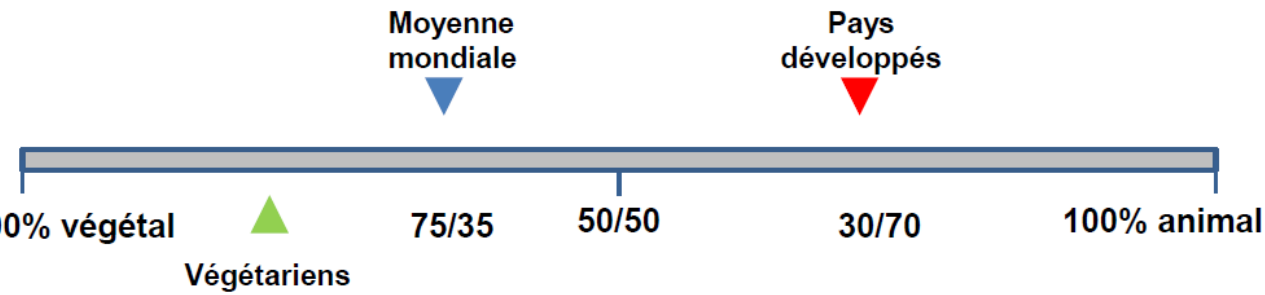
Importance également des macro-nutriments

- Amidon résistant (amylose) : Diminution de la réponse glycémique après repas et du diabète type 2

- Et des protéines (20%)

L'apport nutritionnel conseillé en protéines = 0.83 g/kg/jour (AFSSA, 2007). Attention à l'équilibre en AA *

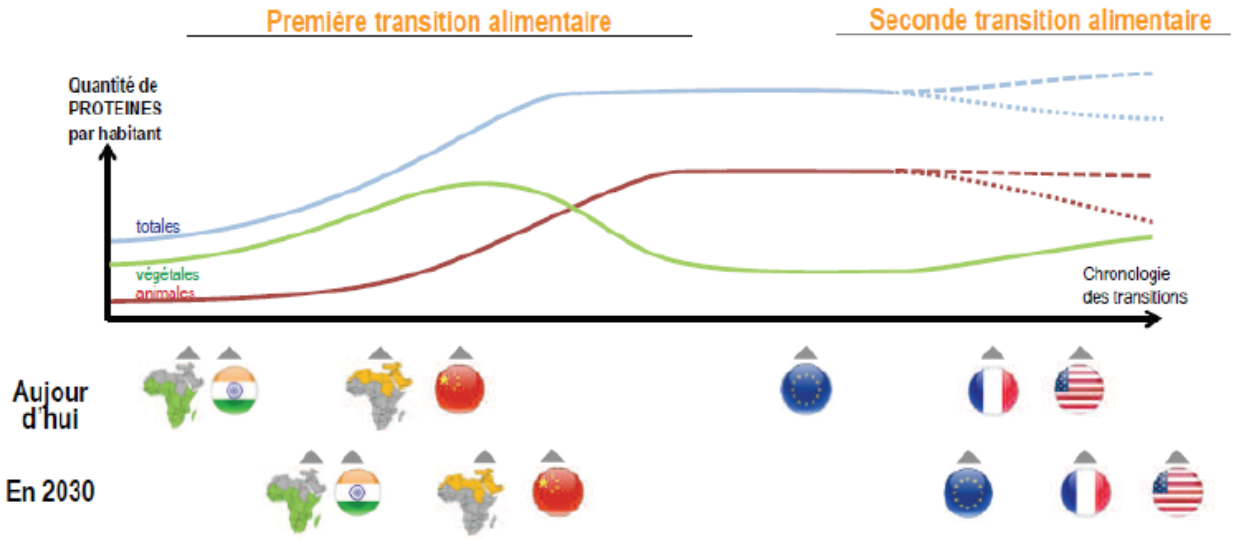
* 8 AA indispensables chez l'adulte (non synthétisés *de novo* à une vitesse suffisante) chez l'homme: Trp, Lys, Met, Phe, Thr, Val, Leu Ile. On ajoute parfois Tyr et Cys qui ne peuvent être synthétisées qu'à partir de la Met. En plus, chez enfants (dont besoins en AA sont supérieurs à ceux des adultes) : Arg et His.



Rémond, 2017

Evolution de la consommation en protéines végétales

Consommation en protéines. Place des protéines végétales



Source : Gleam

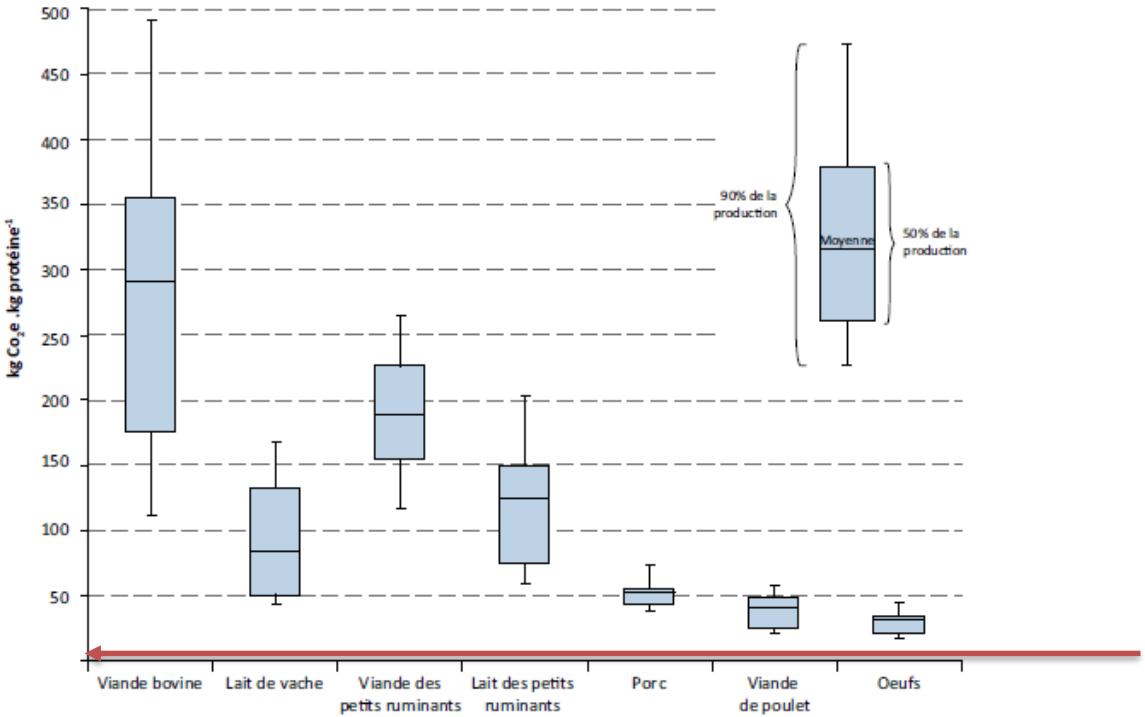
Rémond, 2017.

Augmentation de la demande alimentaire en protéines d'ici 2030 - 2050

Quel type de protéines consommer ?

Protéines et environnement

Equivalent CO_2 par kg de protéines animales produit



Source : Gleam, Rémond 2017

Equivalent CO_2 par kg de protéines de blé produit

Indicateur global pour une exploitation française en grande culture : 2 tonnes CO_2e /ha (agriculture et changement climatique)

Rdt moyen 2016 = 53 qx/ha
Si % prot =10%
Donc rdt prot= 530 kg/ha

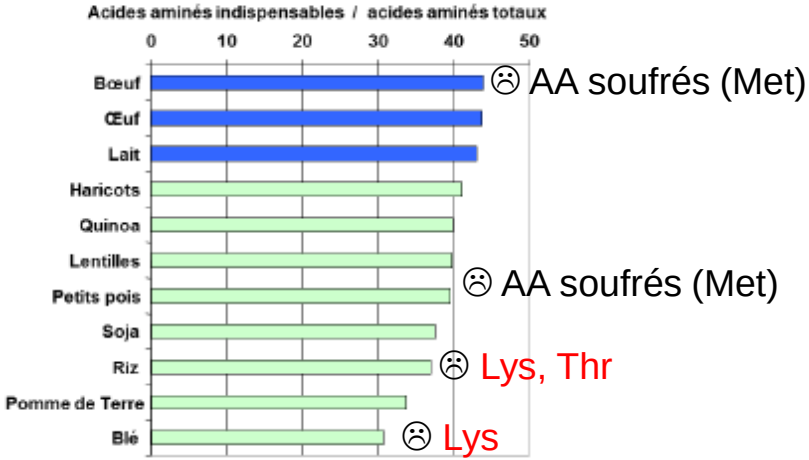
Pour produire 1 kg de protéine de blé = 3,7 CO_2e

Nécessité de consommer des protéines + durables pour l'environnement que les protéines animales. Protéines végétales et santé?

Qualité nutritionnelle des protéines végétales

- La qualité nutritionnelle des protéines dépend de leur composition en acides aminés (AA indispensables) et de leur biodisponibilité

Protéines végétales souvent déséquilibrées en AA. Jouer sur leur complémentarité. Mais attention, on ne stocke pas les AA

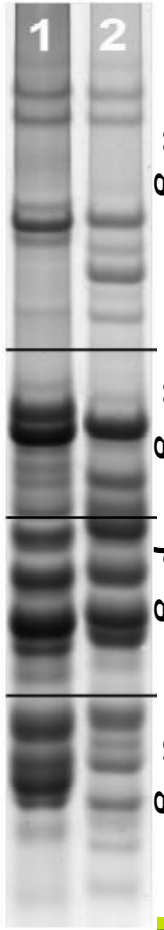


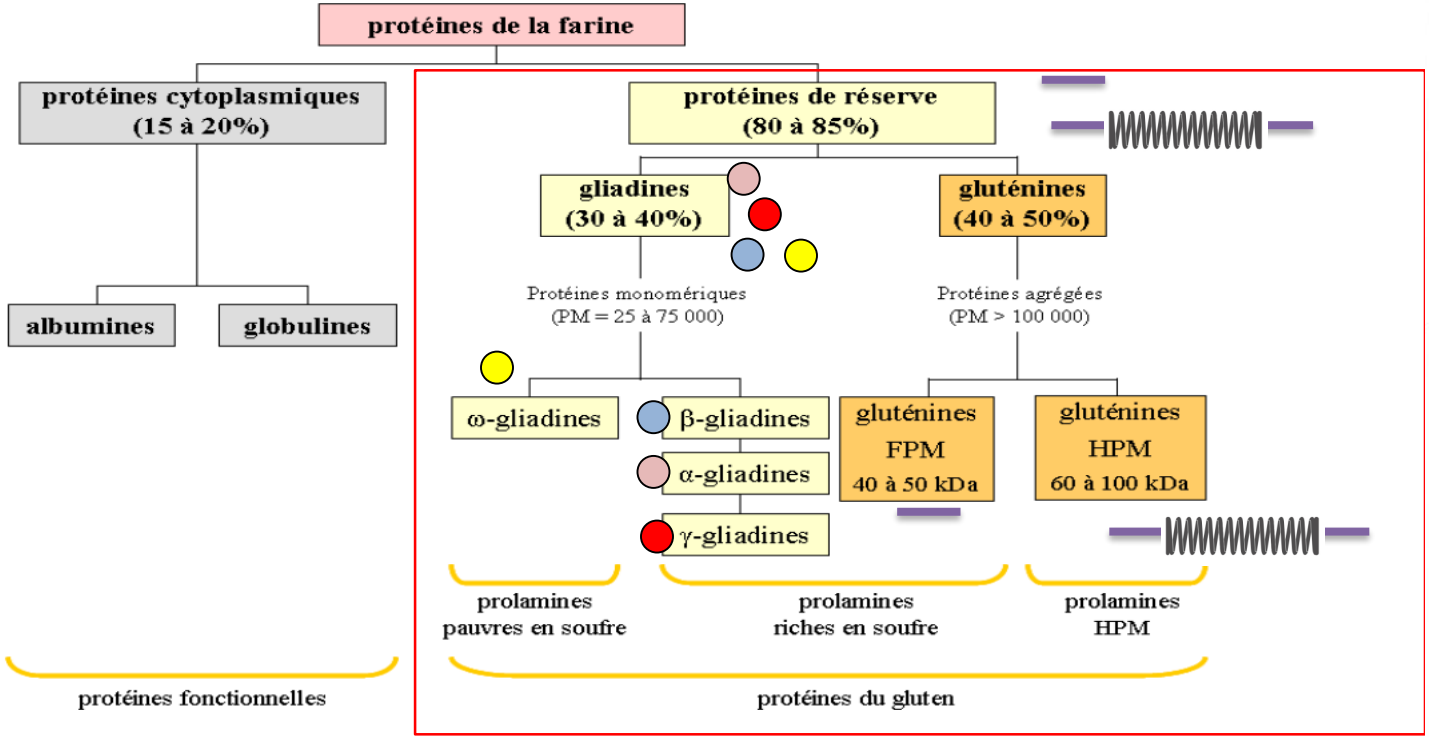
- Nouveaux critères de qualité : **vitesse de digestion** (digestion rapide pour lutter contre la sarcopénie) et **rôle bioactif** de certains peptides ou AA.

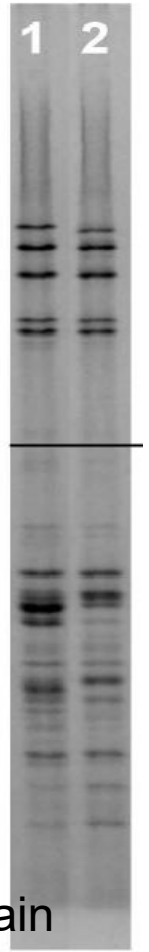
Leucine : stimule la synthèse protéique. Lutte contre sarcopénie

Arginine : impliqué dans vaso-dilatation périphérique. Lutte contre syndrome métabolique

Les protéines du blé







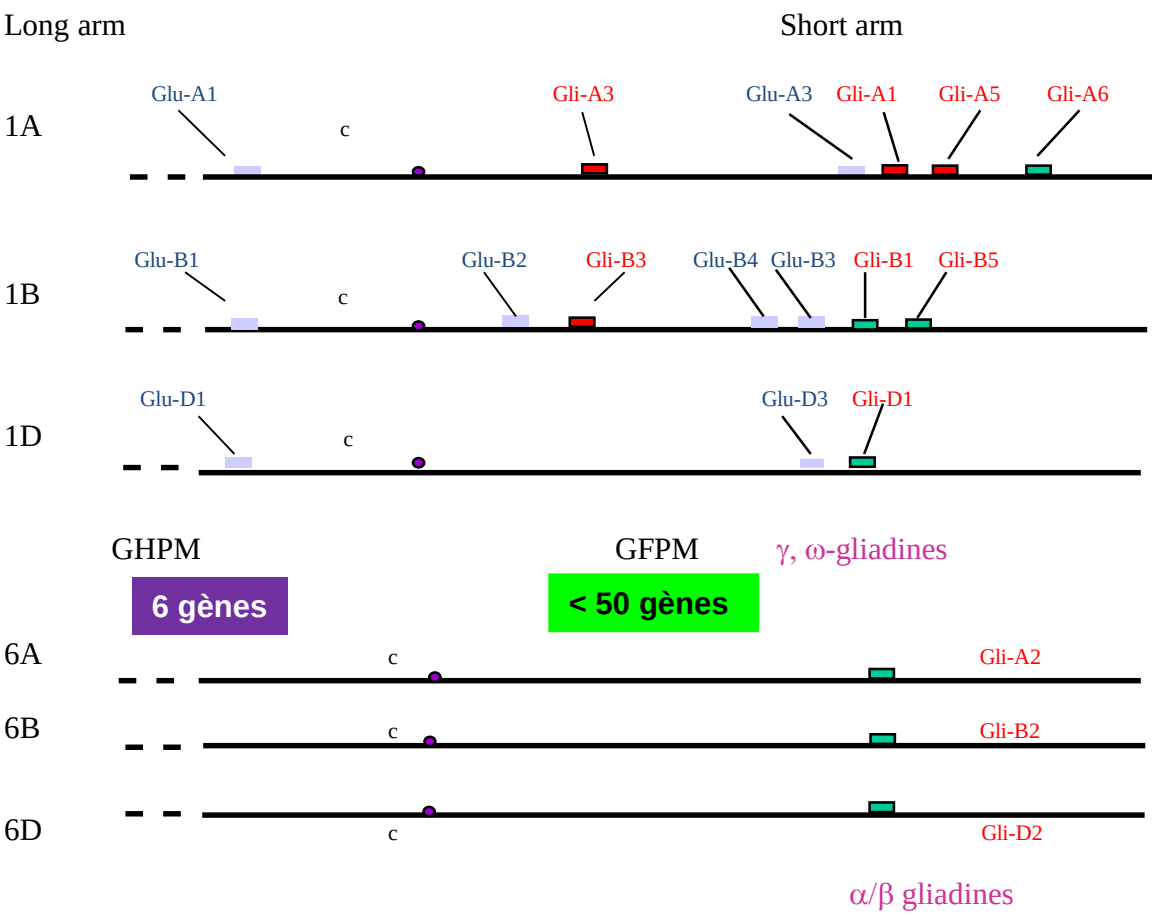
Un pool réduit d'AA libres dans le grain : au max, 5% de l'N total du grain

Grande variabilité des protéines de réserve.
D'où viennent-elles?

Des gènes « bien » connus

Des loci complexes :

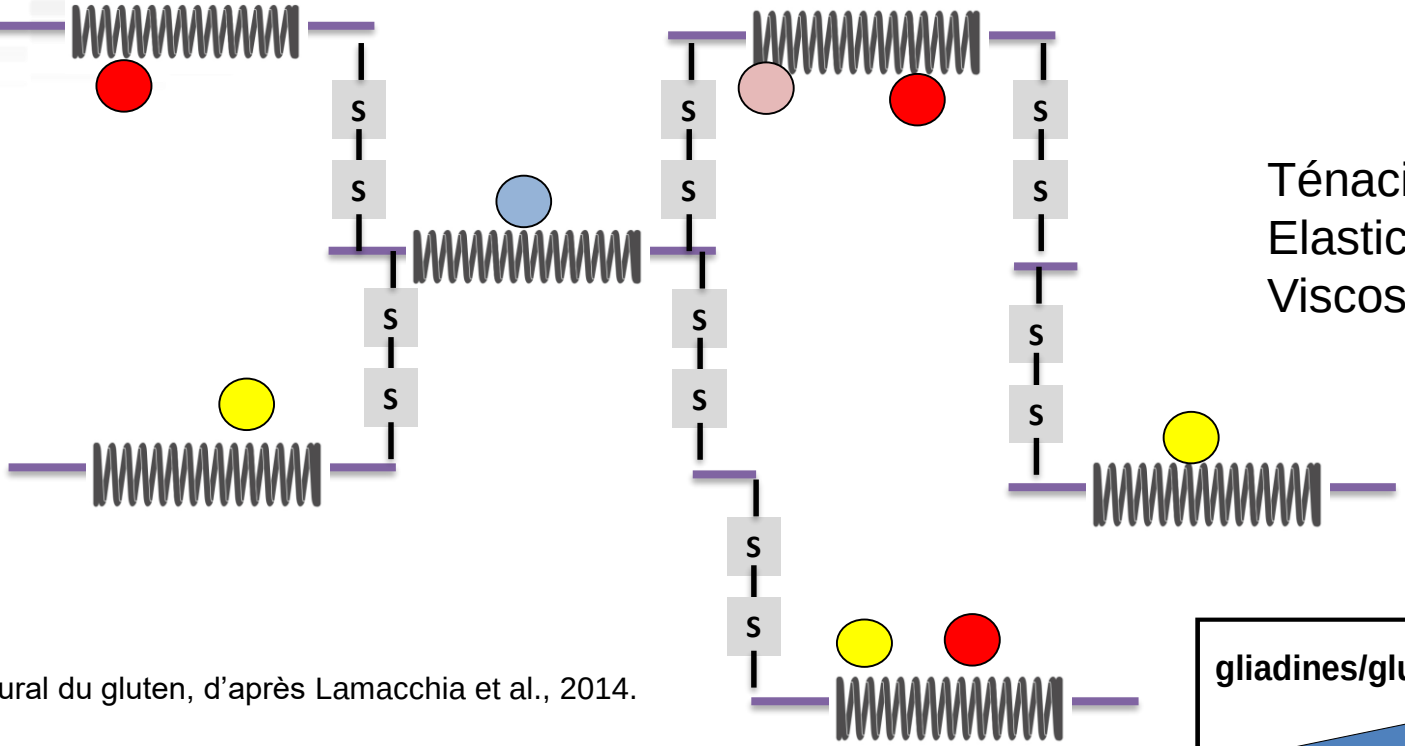
- avec un domaine central riche en motifs répétés, de longueur variable
- formés souvent de gènes regroupés en clusters, hérités en bloc.



Quelles sont leurs propriétés?

Le gluten

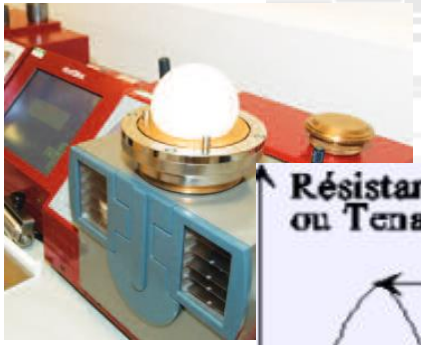
Les protéines de réserve sont capables de **s'agréger** après hydratation et pétrissage pour former le polymère de gluten. Elles confèrent à la pâte ses propriétés de visco-élasticité

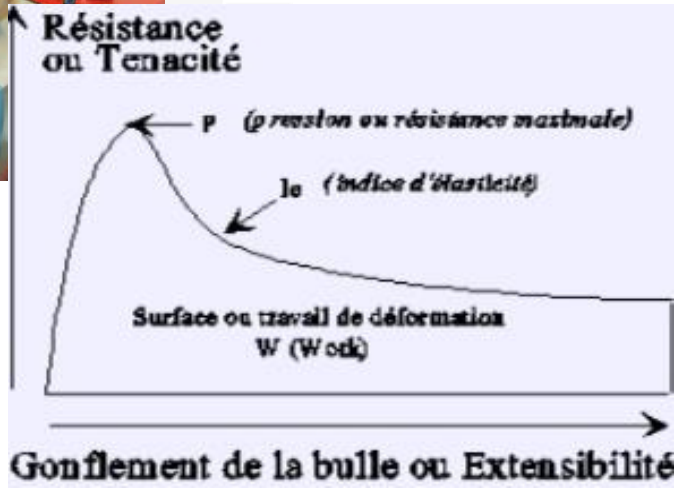


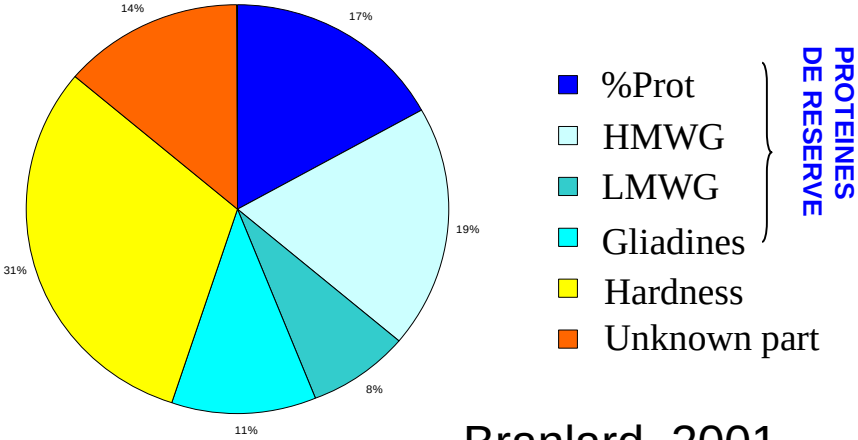
Ténacité
Elasticité
Viscosité

Modèle structural du gluten, d'après Lamacchia et al., 2014.

Le gluten, essentiel à la transformation







Branlard, 2001

Le travail de déformation (W) dépend des **propriétés** visco-élastiques de la pâte conférées parles protéines de réserve.

Quantité et composition en **protéines de réserve**, paramètres explicatifs forts de la qualité technologique.

Impact santé?

Equilibre en acides aminés

	Proposition de l'AFFSA, 2007	Shewry, 2015	160 g de farine pour une baguette
	Besoin chez l'adulte ($mg.kg^{-1}.j^{-1}$)	Composition moyenne chez le blé (g/100g de protéines)	équivalent baguette farine blanche
Histidine	11	2,66 - 2,69	1,8
Isoleucine	18	3,14 - 3,09	2,5
Leucine	39	5,94 -5,65	3
Valine	18	3,88 3,54	2,2
Lysine	30	2,88 - 2,22	5,9
Met+(Cys)	15	3,63- 3,30	2,1
Phe+(Tyr)	27	5,44 - 5,19	2,3
Thréonine	16	2,54 - 2,24	3,1
Tryptophane	4	ND - 0,85	2,1

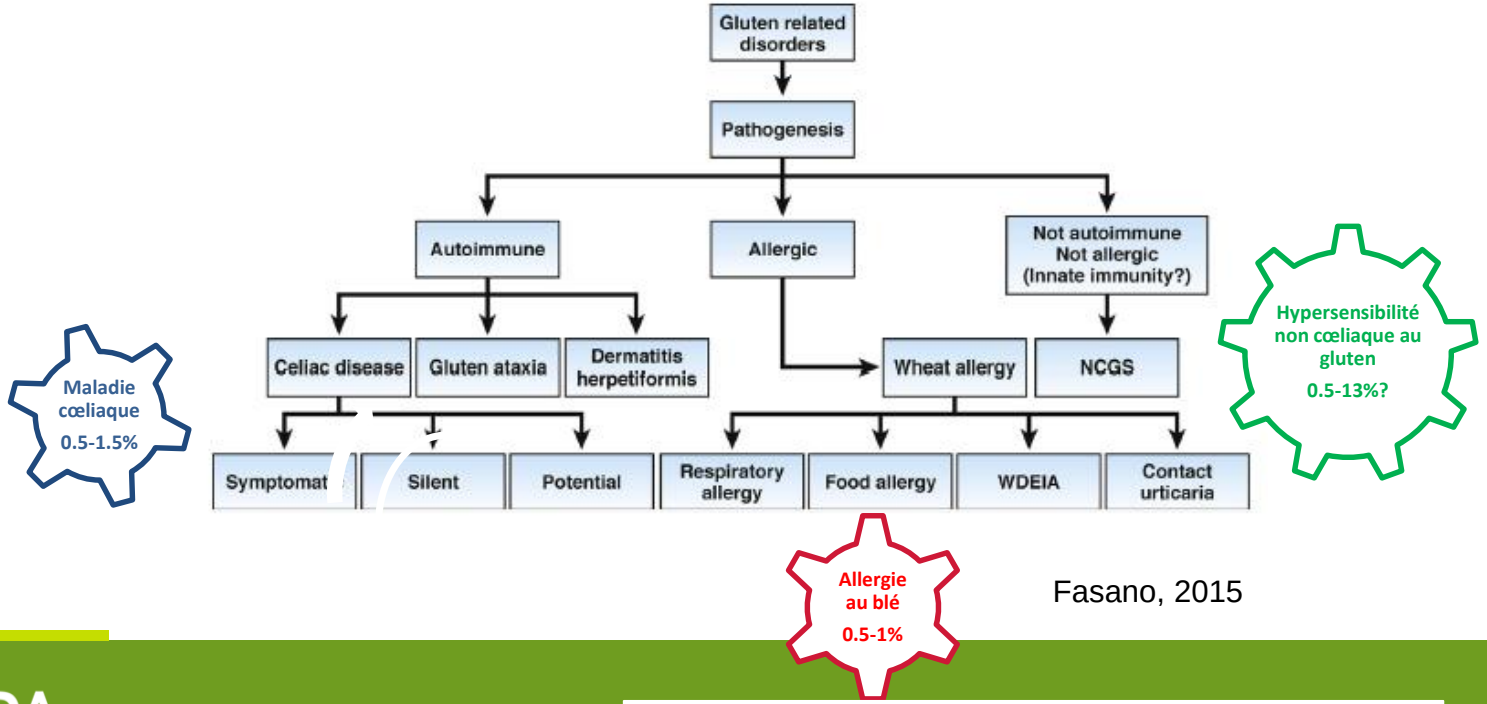
Farine complète – farine blanche

Des protéines pas durables pour la santé, d'autant plus que …

Et l'ingestion de gluten?

Gluten et santé

Les protéines du gluten, pauvres en lysine, peuvent provoquer plusieurs types de pathologies nécessitant un régime d'éviction



Fasano, 2015

Quelques éléments sur ces troubles

Gluten et santé : allergies

- Impacte le système immunitaire avec production d'IgE;
- Des allergènes détectés dans toutes les classes de protéines (albumines-globulines et protéines de réserve)

Farine **Allergies respiratoires** :

Rhinite, écoulement lacrymal

Asthme du boulanger

Gluten **Allergies de contact** (cosmétiques) :

- Urticaire local, généralisé, eczéma

Allergies alimentaires (aliments) :

- Urticaire local, généralisé, dermatite atopique (enfant)
- Reflux œsophagique, douleurs abdominales
- Asthme
- Choc anaphylactique après effort (épitope dans ω5−glia codé par génome B et GHPM)

Gluten et santé : maladie coeliaque

- Entéropathie auto-immune qui apparait chez des personnes génétiquement prédisposées (HLA DQ2, DQ8), mortelle.
- Provoquée par l ’ingestion de protéines de blé, épeautres, seigle, triticale, orge. Rôle de certains épitopes dont la richesse en proline réduirait la sensibilité aux protéases.

De nombreux épitopes +/- actifs identifiés dans les protéines du gluten de blé. Ils y en a plus dans les blés anciens (Prandi, 2017).

HLA-DQ2

Epitope	Séquence
DQ2.5-glia-α1a	PFPQPQLPY
DQ2.5-glia-α1b	PYPQPQLPY
DQ2.5-glia-α2	PQPQLPYPQ
DQ2.5-glia-α3	FRPQQPYPQ
DQ2.5-glia-γ1	PQQSFPQQQ
DQ2.5-glia-γ2	IQPQQPAQL
DQ2.5-glia-γ3	QQPQQPYPQ
DQ2.5-glia-γ4a	SQPQQQFPQ
DQ2.5-glia-γ4b	PQPQQQFPQ
DQ2.5-glia-γ4c	QQPQQPFPQ
DQ2.5-glia-γ4d	PQPQQPFCQ
DQ2.5-glia-γ5	QQPFPQQPQ
DQ2.5-glia-ω1	PFPQPQQPF
DQ2.5-glia-ω2	PQPQQPFPW
DQ2.5-glut-L1	PFSQQQQPV
DQ2.5-glut-L2	FSQQQQSPF
DQ2.2-glut-L1	PFSQQQQPV

HLA-DQ8

Epitope	Séquence
DQ8-glia-α1	QGSFQPSQQ
DQ8-glia-γ1a	QQPQQPFPQ
DQ8-glia-γ1b	QQPQQPYPQ
DQ8-glut-H1	QGYYPTSPQ
DQ8.5-glia-α1	QGSFQPSQQ
DQ8.5-glia-γ1	PQQSFPQQQ
DQ8.5-glut-H1	QGYYPTSPQ

(Sollid, 2012)

23 épitopes dans le gliadines (α, γ et ω) et les gluténines. 33-mers (le + toxique) constitué de 6 copies de DQ2.5-glia-α1a, b et DQ2.5-glia-α2

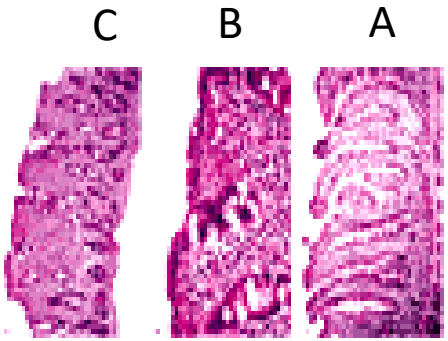
Gluten et santé : maladie coeliaque

Maladie cœliaque
0.5-1.5%

Tableau clinique :

Diarrhées, perte de poids, plus rarement affections cutanées (dermatites) et neurologiques (ataxie)
Atrophie des villosités, infiltration lymphocytaire de l 'intestin

Villosités intestinales



Aspect normal (A) et pathologique (B, C) des villosités intestinales

Diagnostic :

Sérologique, IgA anti-gliadine, anti-endomysium,
Biopsie, test de provocation orale

Traitement : Régime sans gluten strict, à vie

Gluten et santé

Hypersensibilité non cœliaque au gluten
0.5-13%?

Définition des Conférences de consensus

« Entité clinique au cours de laquelle l'ingestion de gluten entraîne des symptômes digestifs et/ou extradigestifs et qui régressent sous régime sans gluten, après élimination d'une allergie au blé et d'une maladie cœliaque»

Symptômes dans les heures ou jours après ingestion de gluten

Symptômes digestifs
douleurs abdominales, gaz, ballonnement, transit irrégulier
⇔ syndrome de l'intestin irritable ou maladie cœliaque

Symptômes extra-digestifs
fatigue chronique, neuropsy. (céphalées, foggy mind, dépression), cutanés, anémie, musculo-squelettiques

pas de marqueur diagnostique
pas de réaction immunitaire pas d'IgE…

Diagnostic d'élimination
Prévalence inconnue : 0,5 - 6% →13% !!!
(autodiagnostic)

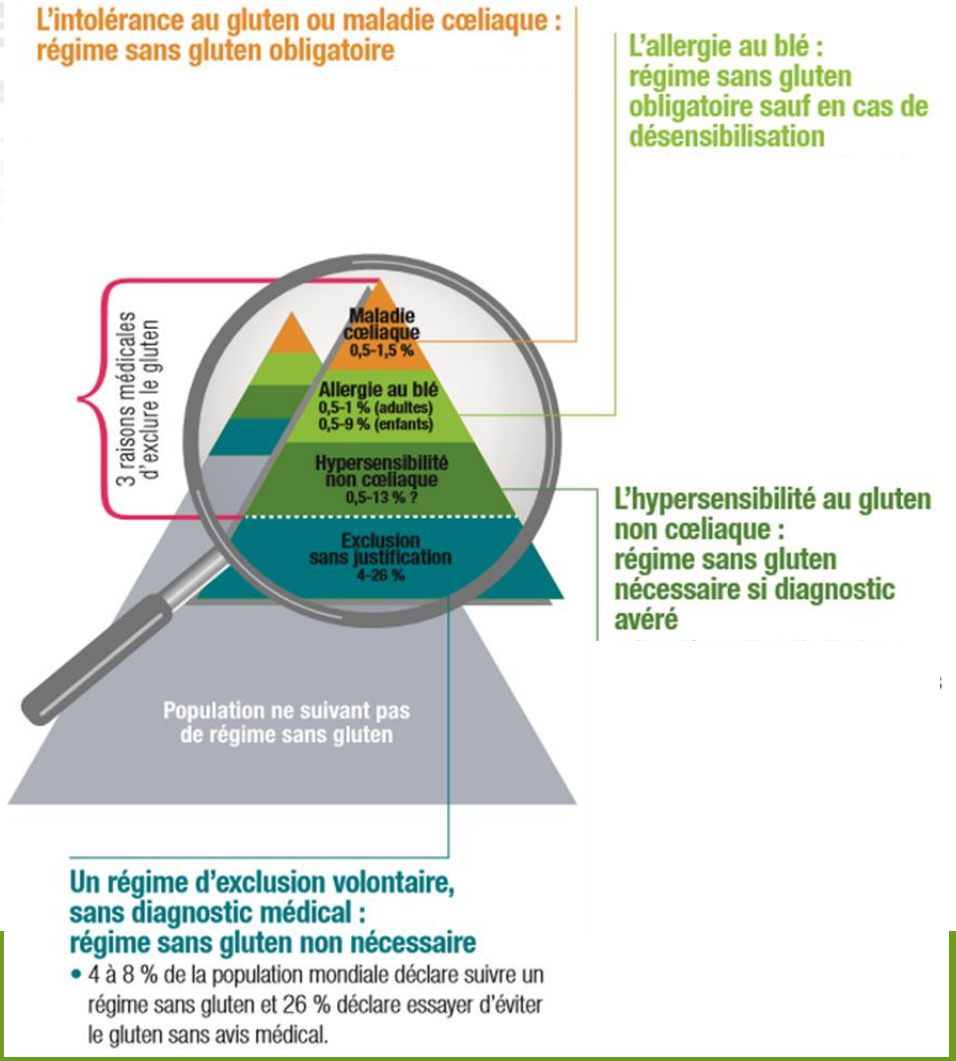
Adulte jeune – début dans la 4ème décennie
Femme (rapport 5:1)

Régime sans gluten
+/- strict? à vie?

Catassi 2013, 2015 ; Fasano 2015; Ludvigsson 2013 ; Molina-Infante 2015; Sapone 2011, 2012.

Une hypothèse : faible digestibilité liée à la taille des polymères de gluten. L'ingestion de gluten entrainerait un état inflammatoire seuil.

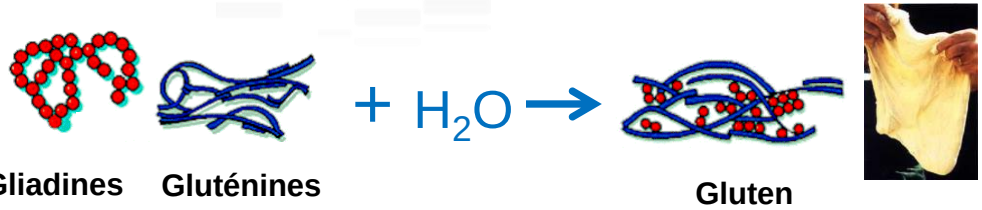
Gluten et santé : récapitulatif

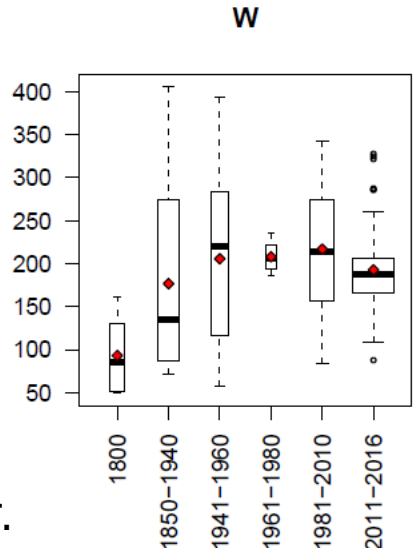


Fonds Français pour l'Alimentation et la Santé

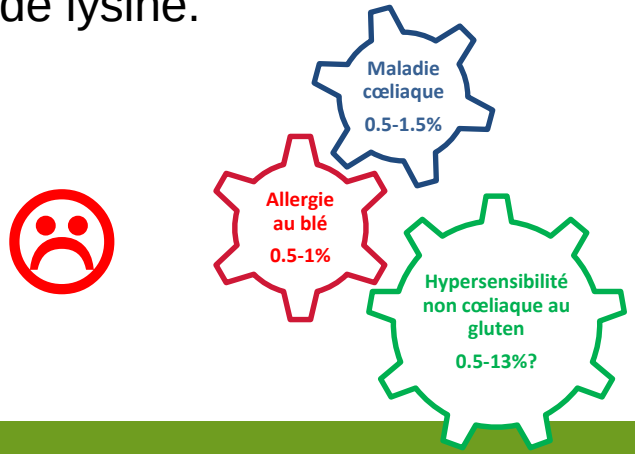
Quelques conclusions pour le blé

Une sélection efficace pour la qualité technologique





Qui a pu aboutir à des polymères protéiques difficiles à digérer.
De plus, manque de lysine.



Quelques conclusions pour le blé

Le blé, source de protéines végétales

- A faible impact environnement (respectueuse de la biodiversité et des écosystème) ☺☺
- Nutritionnellement adéquate et saine ☹ ☹

Que **le sélectionneur** peut améliorer ☺ ☺ ☺

Merci

INRA
SCIENCE & IMPACT