

➤ La dureté du blé a-t-elle une influence sur la dépense énergétique à la mouture?

Topo donnant suite à une question de Bernard Rolland

F.X. Oury¹, C. Barron², F. Mabilie³, A. Duri², V. Lullien-Pellerin²

1. GDEC Clermont Ferrand

2. IATE, équipe Grain(e)s et PhyProDiv Montpellier

3. SPO, Montpellier

Changins (Suisse), 7-8 mars 2023



➤ Qu'est ce que la dureté ?

C'est une propriété physique qui correspond à une résistance mécanique à une compression, choc ou usure



Blé dur (*T. durum*)

génome AABB

résistance mécanique +++

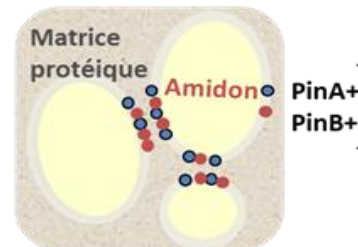


Blé tendre (*T. aestivum*)

génome AABBDD

2 classes de dureté (soft/hard)

**effet du locus *Ha* (hardness)
porté par le chromosome 5D**



Code pour des protéines spécifiques Puroindolines (Pins)

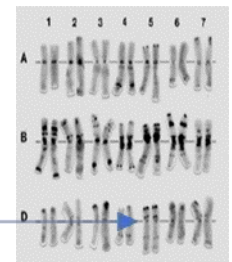
Si sauvages (+) diminuent l'adhésion matrice protéique-amidon, fragilise l'albumen amylicé (soft)

Si absente ou muté, adhésion (hard)

INRAE

La dureté du blé a-t-elle une influence sur la dépense énergétique à la mouture

07-08/03/2023 / Changins (Suisse) / V. Lullien



➤ Suivant les allèles de Pins : des blés tendres hard ou soft !

Allèles : Pina et Pinb sauvages
(type a)

Phénotype
« Soft »



Allèles : Pina sauvage Pinb muté
(mutation de type b substitution G46S, c, d, etc...)

Phénotype
« Hard »



Exemple sur un jeu de données utilisé pour les diapos à venir :

32 lignées élités UFS + INRA			
Pinb-D1a (soft)	Pinb-D1b (hard)	Pinb-D1c (hard)	Pinb-D1d (hard)
Astuce Crousty Innov Paledor Ressor Robigus SC4013	Accor Adequat Alixan Apache Caphorn Emblem Euclide Rosario Sogood Timber	Carenius Graindor Perfector Quebon	Aubusson Bermude Iridium Isengrain Koréli Oakley Orvantis Prémio Shango SO554 Soissons
n = 7	n = 10	n = 4	n = 11

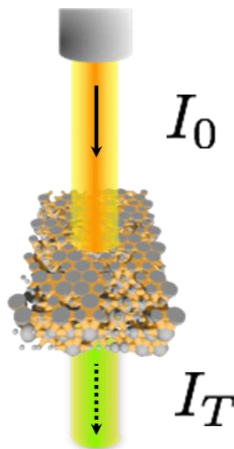
➤ La résistance mécanique est aussi influencée par la vitrosité du grain, qui dépend de l'environnement

Les conditions environnementales (année, lieux, apport d'engrais azotés) affectent l'établissement de la structure et l'accumulation des réserves du grain de blé (**impact sur la porosité de l'albumen**)

Vitreux.....Farineux



Estimation farinotome de Pohl



La vitrosité est une propriété optique qui correspond à des différences de transmission de la lumière (loi de Beer Lambert, à épaisseur fixée)

Chichti et al., 2018

INRAE

La dureté du blé a-t-elle une influence sur la dépense énergétique à la mouture

07-08/03/2023 / Changins (Suisse) / V. Lullien

> 2 méthodes principales pour classer les lots de blé selon leur dureté physique:

- **distribution des tailles de particules après mouture.**

Particule Size Index (PSI) = pourcentage de particules qui passent à travers un tamis de maille 75µm.

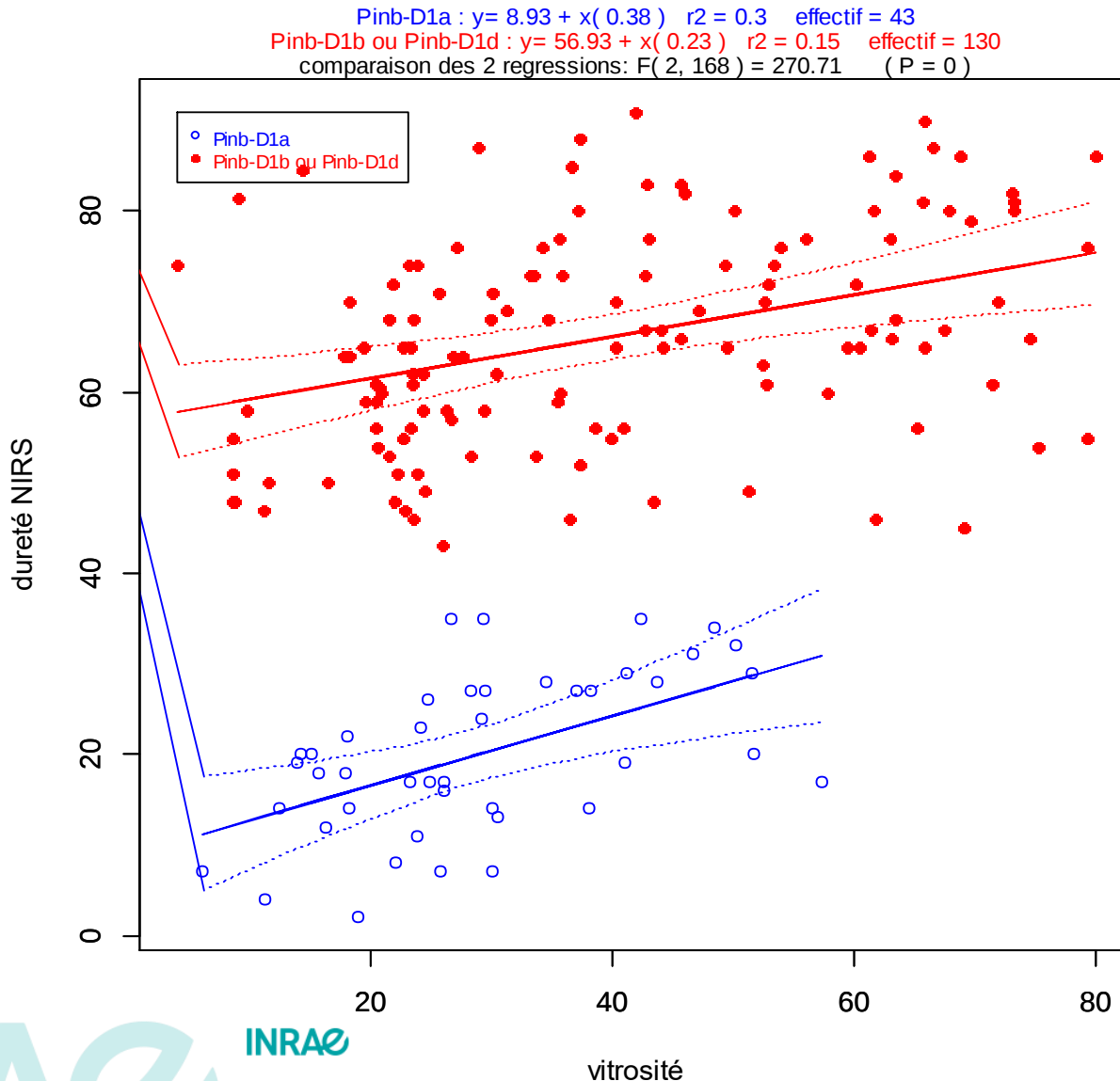
Le PSI est utilisé pour le calage de la dureté NIRS.

- **résistance des grains à la rupture.**

Single Kernel Characterization System (SKCS) = force nécessaire pour écraser un grain.



➤ Des relations « dureté – vitrosité » différentes selon les types de mesure de la dureté



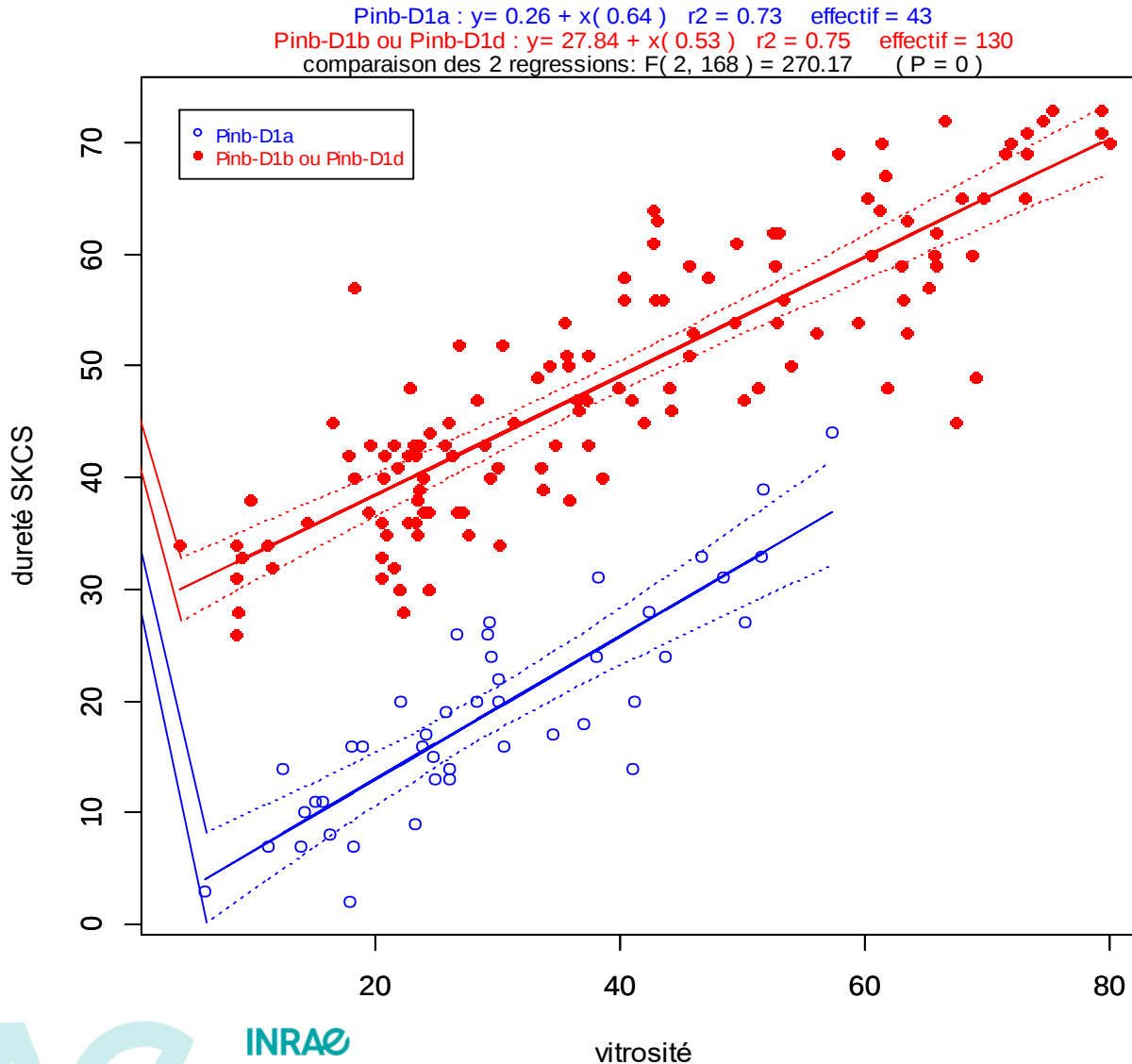
La dureté NIRS reflète bien la composante génétique de la dureté.

La vitrosité ne permet pas de distinguer les hard et les soft (les valeurs de vitrosité entre 0 et 60 peuvent être obtenues quel que soit l'allèle Pinb-D1).

Les fortes valeurs de vitrosité (>60) sont spécifiques des hard.

Peu d'influence de la vitrosité sur la dureté NIRS.

➤ Des relations « dureté – vitrosité » différentes selon les types de mesure de la dureté



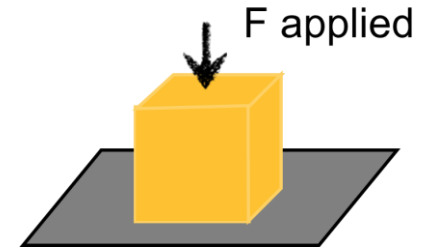
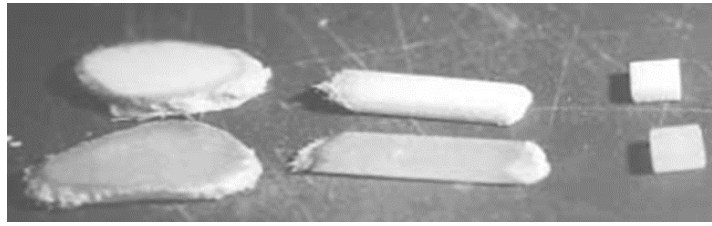
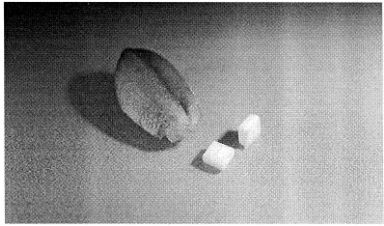
La dureté SKCS prend en compte à la fois la génétique (allèle Pinb-D1) et l'environnement (vitrosité).

Droites de régression parallèles, avec un écart de 25 points de dureté SKCS entre les 2 droites.

Les valeurs de dureté SKCS comprises entre 25 et 45 peuvent correspondre aussi bien à des soft vitreux qu'à des hard farineux.

Fort effet de la vitrosité sur la dureté SKCS pour les hard et pour les soft.

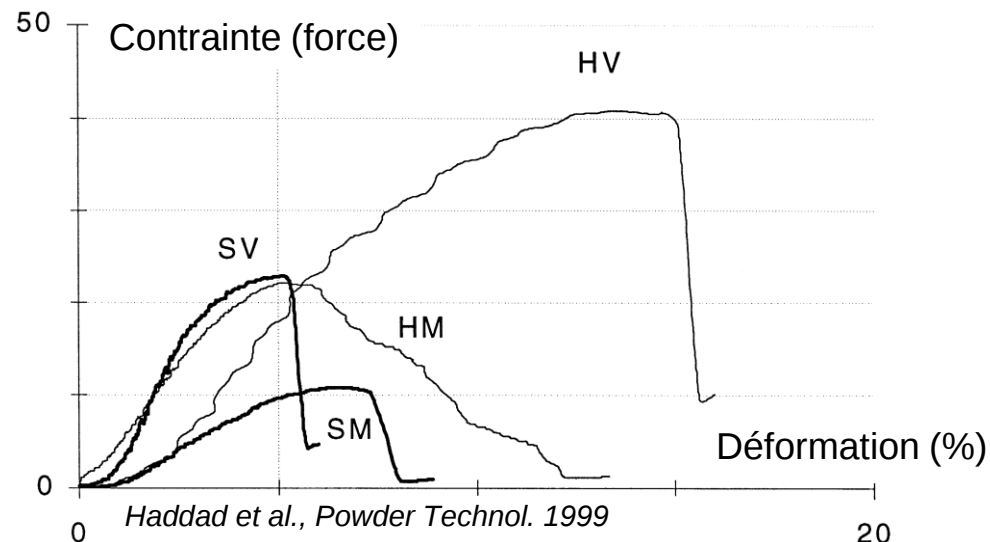
➤ En quoi dureté et vitrosité affectent la résistance mécanique de l'albumen amyacé ?



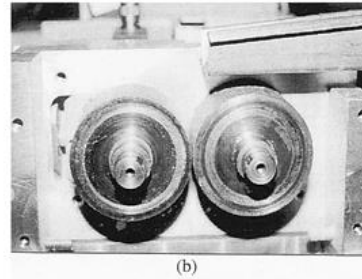
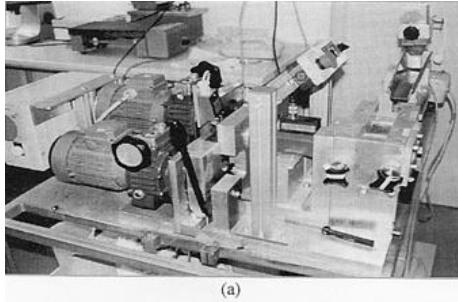
W (MJ/m³) = 0,34 Scipion soft farineux (mealy) < 0,44 Baroudeur hard farineux
< 0,71 Scipion soft vitreux < 2,94 Baroudeur hard vitreux < blé dur

Confirmé en partie par Greffeuille et al., TAG, 2006 sur lignées isogéniques :

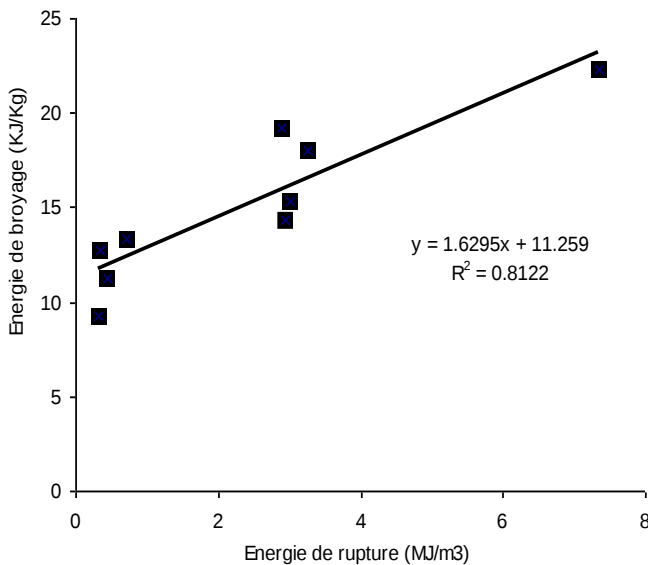
W (MJ/m³) = 0,28 soft farineux < 0,52 soft vitreux < 0,96 hard farineux < 3,3 hard vitreux



➤ Quelles conséquences sur les énergies de broyage ?



Développement d'un micro-moulin instrumenté
(mesure couple au niveau des rouleaux)
Pujol et al., Cereal Chem. 2000



Evaluation de K' (KJ/kg de farine produite) :

100 (soft Scipion) < 231 (hard Baroudeur) < 612 (durum Nefer)

Complété par *Greffeuille et al., 2006* sur lignées isogéniques :

82 soft farineux < 107 soft vitreux < 109 hard farineux < 149 hard vitreux

MAIS 80% de l'énergie fournie correspond au fonctionnement du dispositif à vide !...

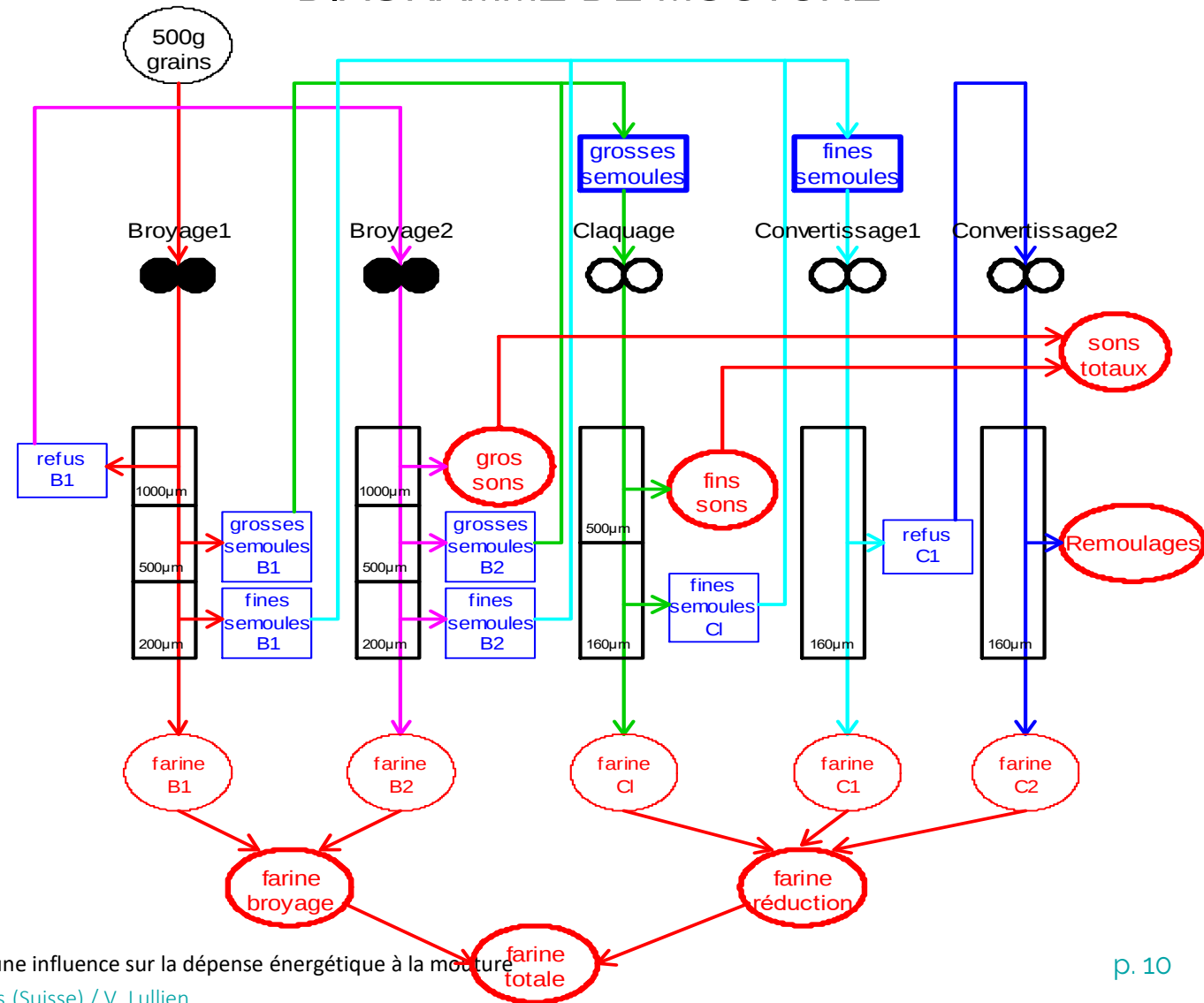
Sur la base de 100 pour un soft ($80 + 100 \times 0.2 = 100$), on a donc $80 + 230 \times 0.2 = 126$ pour un hard.

Au mieux un gain de 30 % sur la consommation d'énergie totale.

> Pour conclure : quel gain d'énergie entre soft/hard ?

Au mieux un gain de 30 % sur la consommation d'énergie totale,..., mais des différences de rendement et de qualité des farines.

DIAGRAMME DE MOUTURE

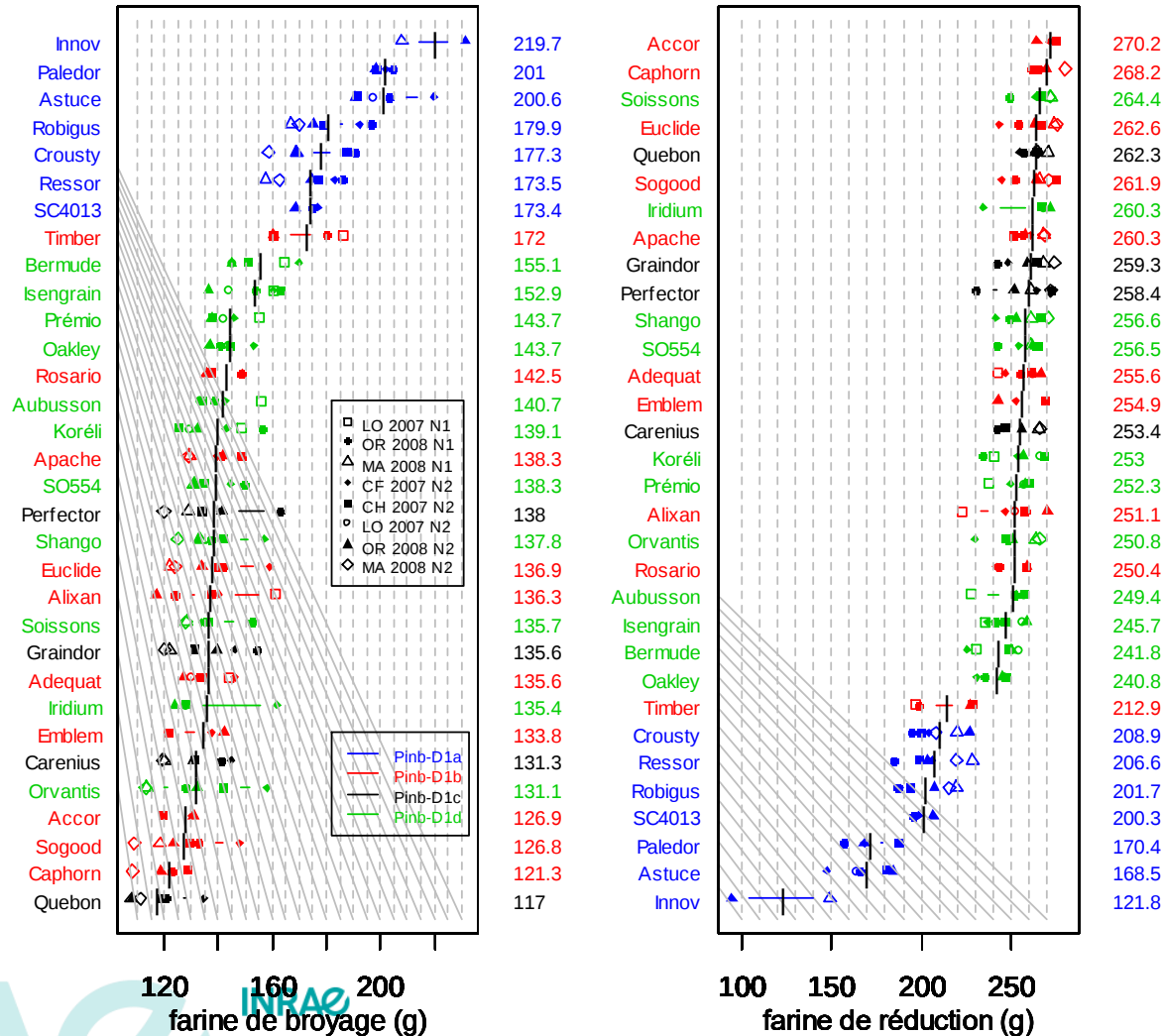


Moulin-prototype mis au point par Chopin dans le cadre du Consortium Valeur Meunière.

➤ Pour conclure : quel gain d'énergie entre soft/hard ?

Au mieux un gain de 30 % sur la consommation d'énergie totale,..., mais des différences de rendement et de qualité des farines.

Farines de broyage et de réduction pour les lignées élités



Globalement, la valeur meunière des hard est supérieure à celles des softs.

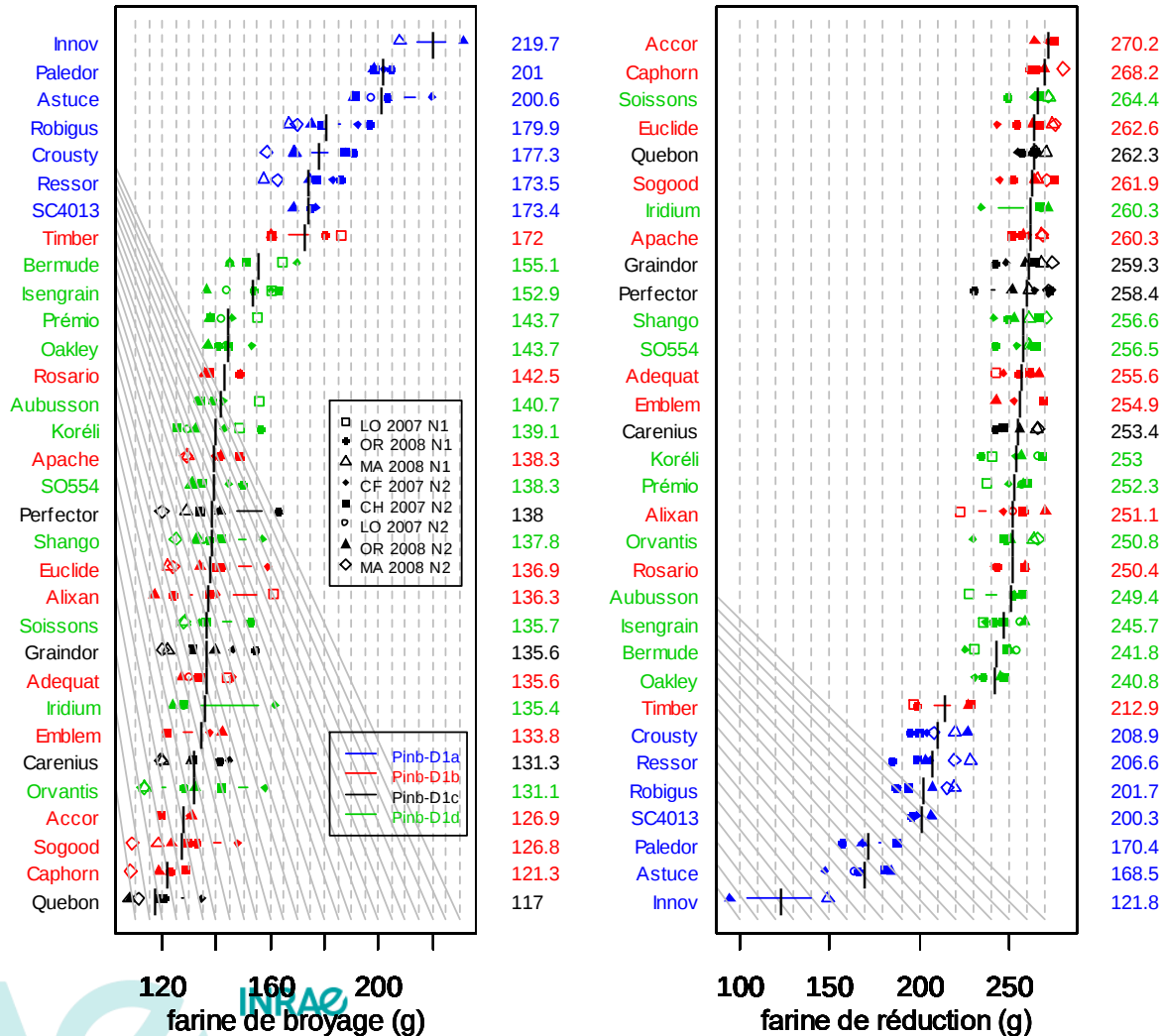
La dureté du blé a-t-elle une influence sur la dépense énergétique à la mouture

07-08/03/2023 / Changins (Suisse) / V. Lullien

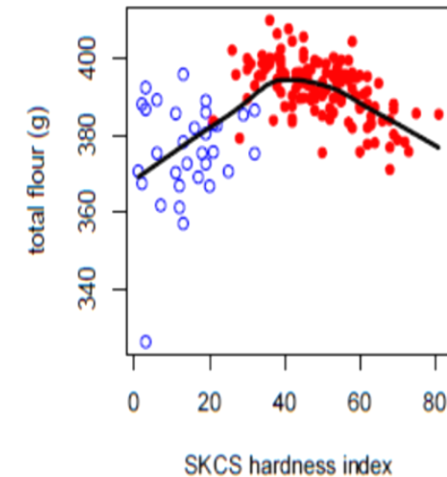
➤ Pour conclure : quel gain d'énergie entre soft/hard ?

Au mieux un gain de 30 % sur la consommation d'énergie totale,..., mais des différences de rendement et de qualité des farines.

Farines de broyage et de réduction pour les lignées élités



Globalement, la valeur meunière des hard est supérieure à celles des softs.



Obtention d'un optimum de rendement en farine totale pour des valeurs de SKCS entre 30 et 50 (grains soft vitreux ou hard farineux).

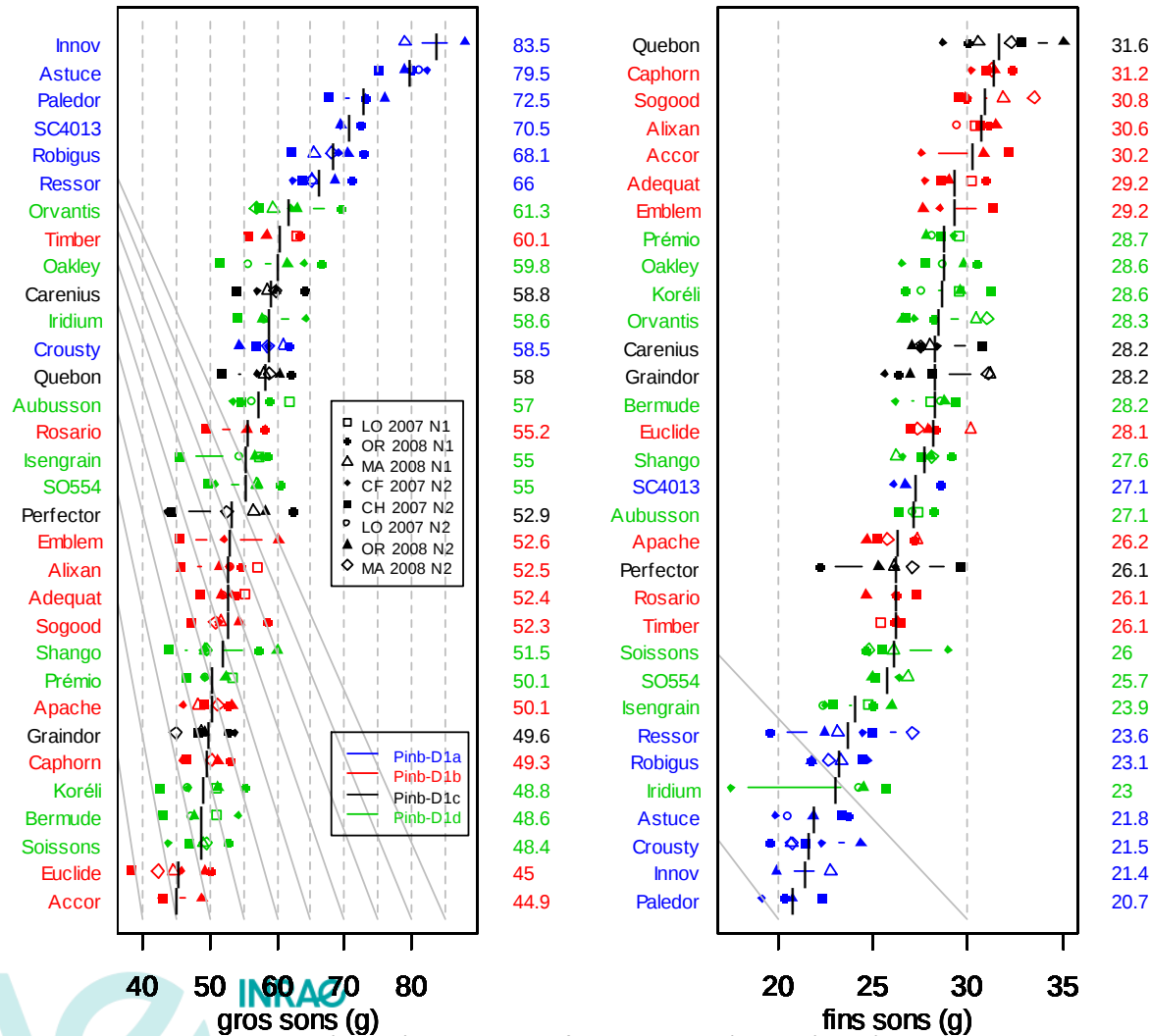
La dureté du blé a-t-elle une influence sur la dépense énergétique à la mouture

07-08/03/2023 / Changins (Suisse) / V. Lullien

➤ Pour conclure : quel gain d'énergie entre soft/hard ?

Au mieux un gain de 30 % sur la consommation d'énergie totale,..., mais des différences de rendement et de qualité des farines.

Productions de sons pour les lignées élités

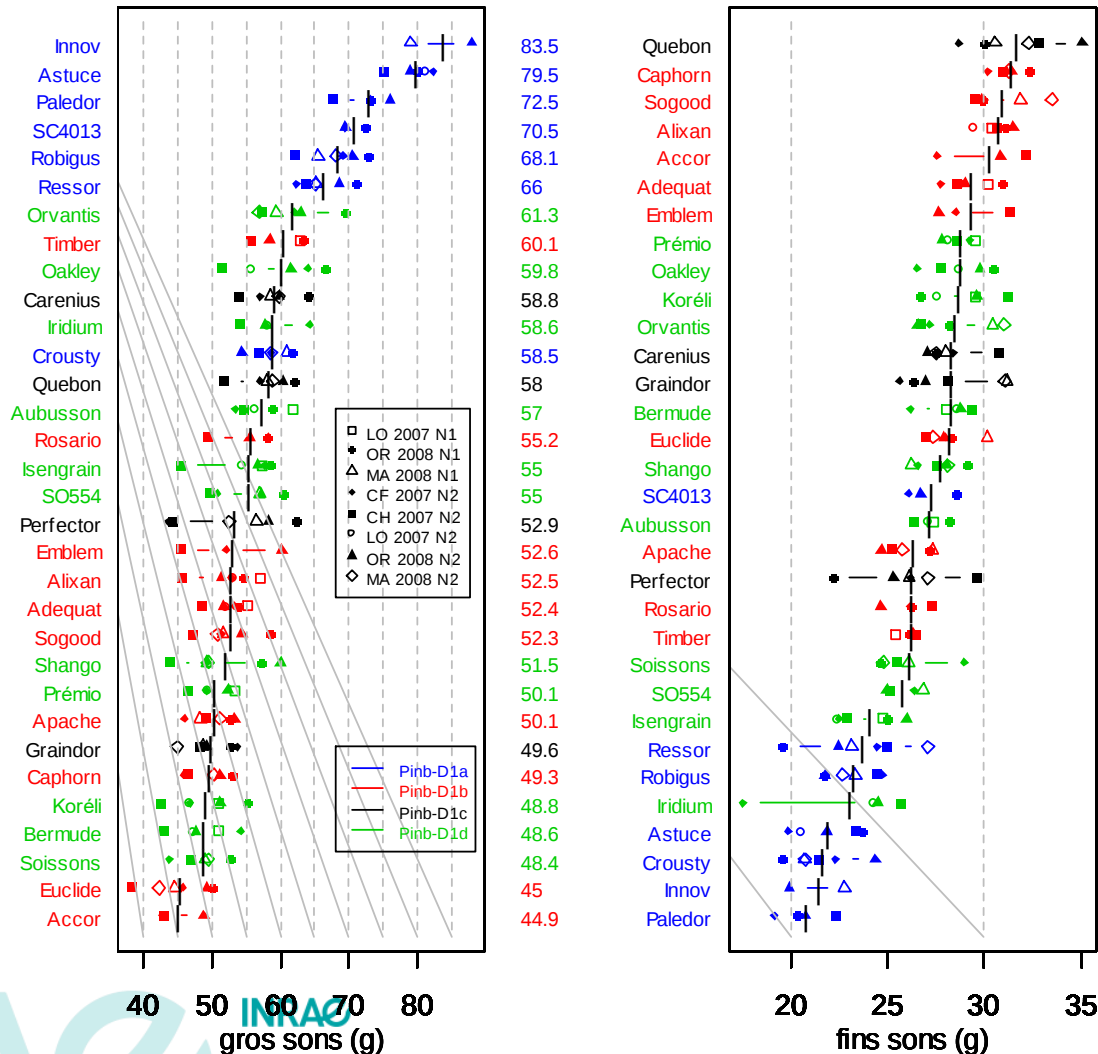


Globalement, les soft produisent plus de sons que les hard.

➤ Pour conclure : quel gain d'énergie entre soft/hard ?

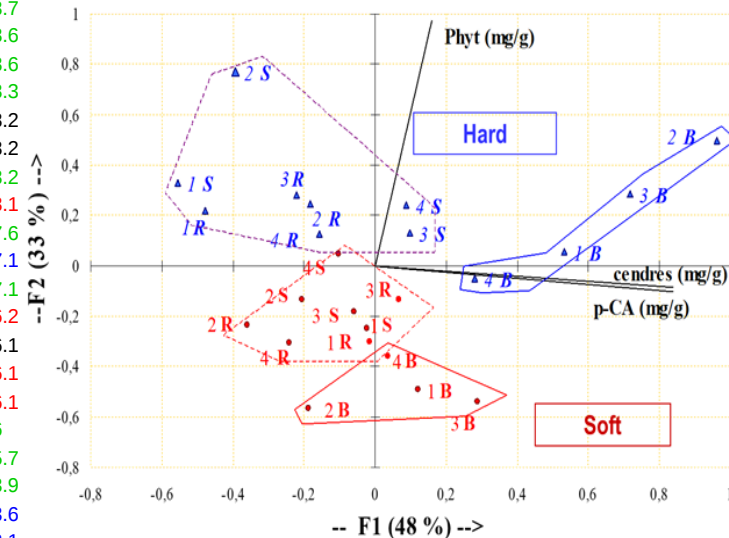
Au mieux un gain de 30 % sur la consommation d'énergie totale,..., mais des différences de rendement et de qualité des farines.

Productions de sons pour les lignées élités



Globalement, les soft produisent plus de sons que les hard.

Farines de tête (F1 and F2 axis : 81 %)

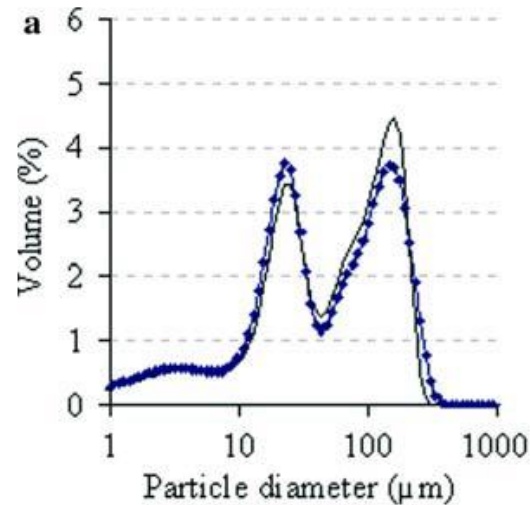


COMPOSITION : des farines de blés Soft avec moins d'Acide Phytique (marqueur de la couche à aleurone, riche en micro-nutriments).

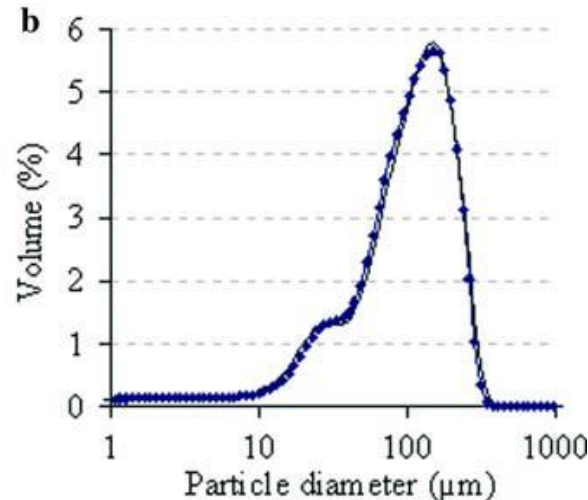
➤ Pour conclure : quel gain d'énergie entre soft/hard ?

Au mieux un gain de 30 % sur la consommation d'énergie totale,..., mais des différences de rendement et de qualité des farines.

GRANULOMETRIE

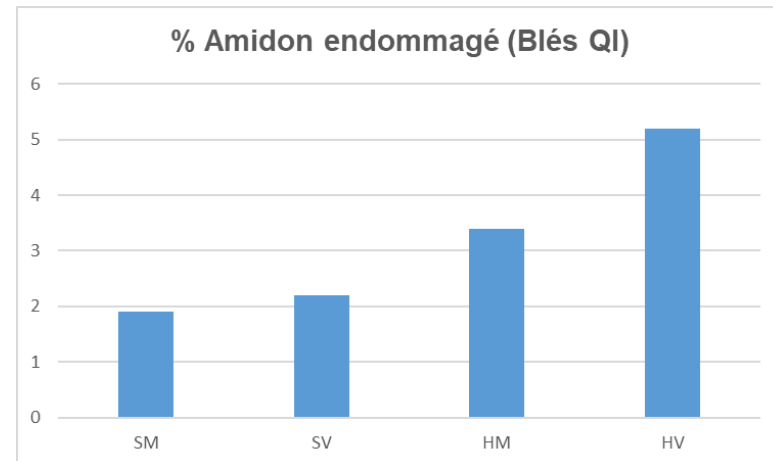


Soft farineux (.), vitreux (-)
distribution bimodale
(séparation granules d'amidon)



Hard farineux (.), vitreux (-)
distribution monomodale

COMPOSITION : des farines de blés Soft avec moins d'amidon endommagé, ce qui conduit à de moins bonnes capacités d'hydratation.



> Remerciements



V. Greffeuille
Cifre ARVALIS
(auj. IRD Bénin)



P. Lasme
(OceanSpray, Canada)



E. Chichti
INRA-Labex Numev
(Panzani, Marseille)

Consortium Valeur Meunière I
& II
UFS, ANMF, ARVALIS-Institut
du végétal, Bühler, Chopin
Technologies, ENILIA-ENSMIC,
IRTAC, INRA, Lu France +
Fonds de Soutien Obtention
Végétale

> **Contact**
valerie.lullien-pellerin@inrae.fr



INRAE

La dureté du blé a-t-elle une influence sur la dépense énergétique à la mouture

07-08/03/2023 / Changins (Suisse) / V. Lullien