



**HAL**  
open science

## 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, INRAE

Francois-Xavier Oury, Cecile Barron, Frédéric Mabilie, Agnès Duri, Valérie Lullien-Pellerin

### ► To cite this version:

Francois-Xavier Oury, Cecile Barron, Frédéric Mabilie, Agnès Duri, Valérie Lullien-Pellerin. 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, INRAE. Journées filières céréales à paille, Mar 2023, Changins, Switzerland. hal-04176815

**HAL Id: hal-04176815**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04176815v1>**

Submitted on 3 Aug 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# ➤ 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. Oury<sup>1</sup>, C. Barron<sup>2</sup>, F. Mabille<sup>3</sup>, A. Duri<sup>2</sup>, V. Lullien-Pellerin<sup>2</sup>**

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*)

génomme AABB

résistance mécanique +++

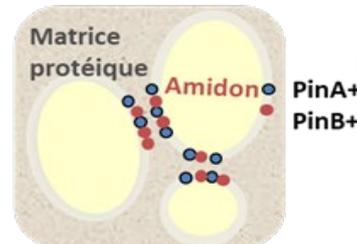


Blé tendre (*T. aestivum*)

génomme AABB**DD**

2 classes de dureté (soft/hard)

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



## Code pour des protéines spécifiques Puroindolines (Pins)

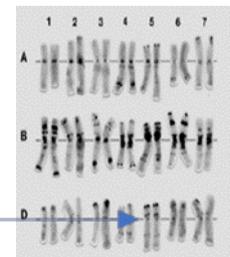
Si sauvages (+) diminuent l'adhésion matrice protéique-amidon, fragilise l'albumen amylicé (soft)

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 Perfactor Quebon	Aubusson Bermude Iridium Isengrain Koréli Oakley Orvantis Prémio Shango SO554 Soissons
<b>n = 7</b>	<b>n = 10</b>	<b>n = 4</b>	<b>n = 11</b>

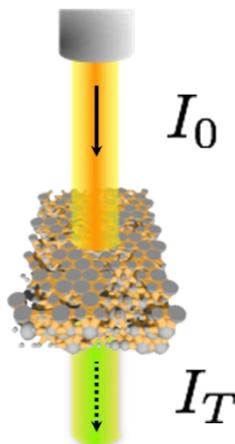
# ➤ La résistance mécanique est aussi influencée par la vitrosité du grain, qui dépend de l'environnement

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.**

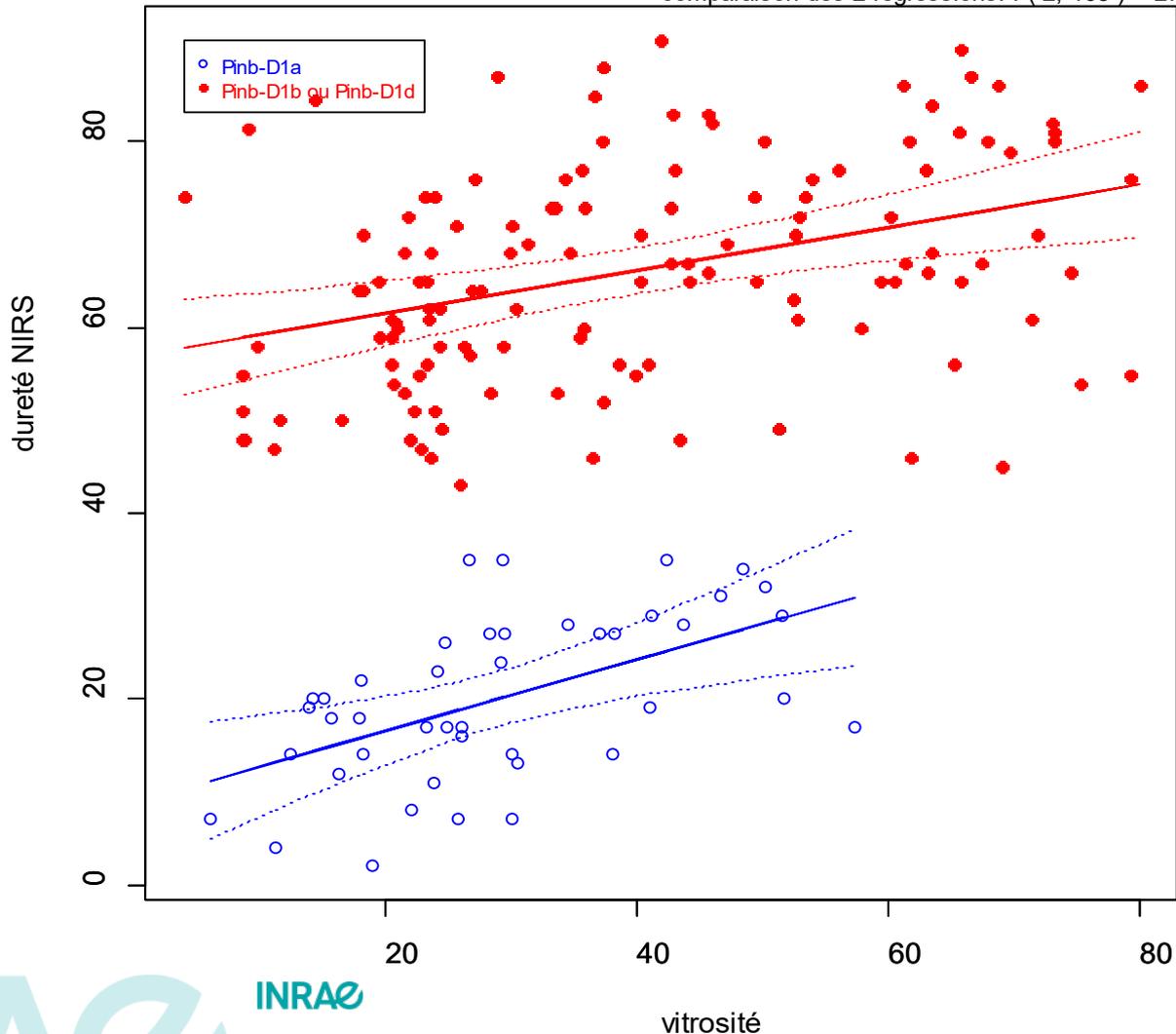
### - **résistance des grains à la rupture.**

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



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

Pinb-D1a :  $y = 8.93 + x(0.38)$   $r^2 = 0.3$  effectif = 43  
Pinb-D1b ou Pinb-D1d :  $y = 56.93 + x(0.23)$   $r^2 = 0.15$   
comparaison des 2 regressions:  $F(2, 168) = 270.71$



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

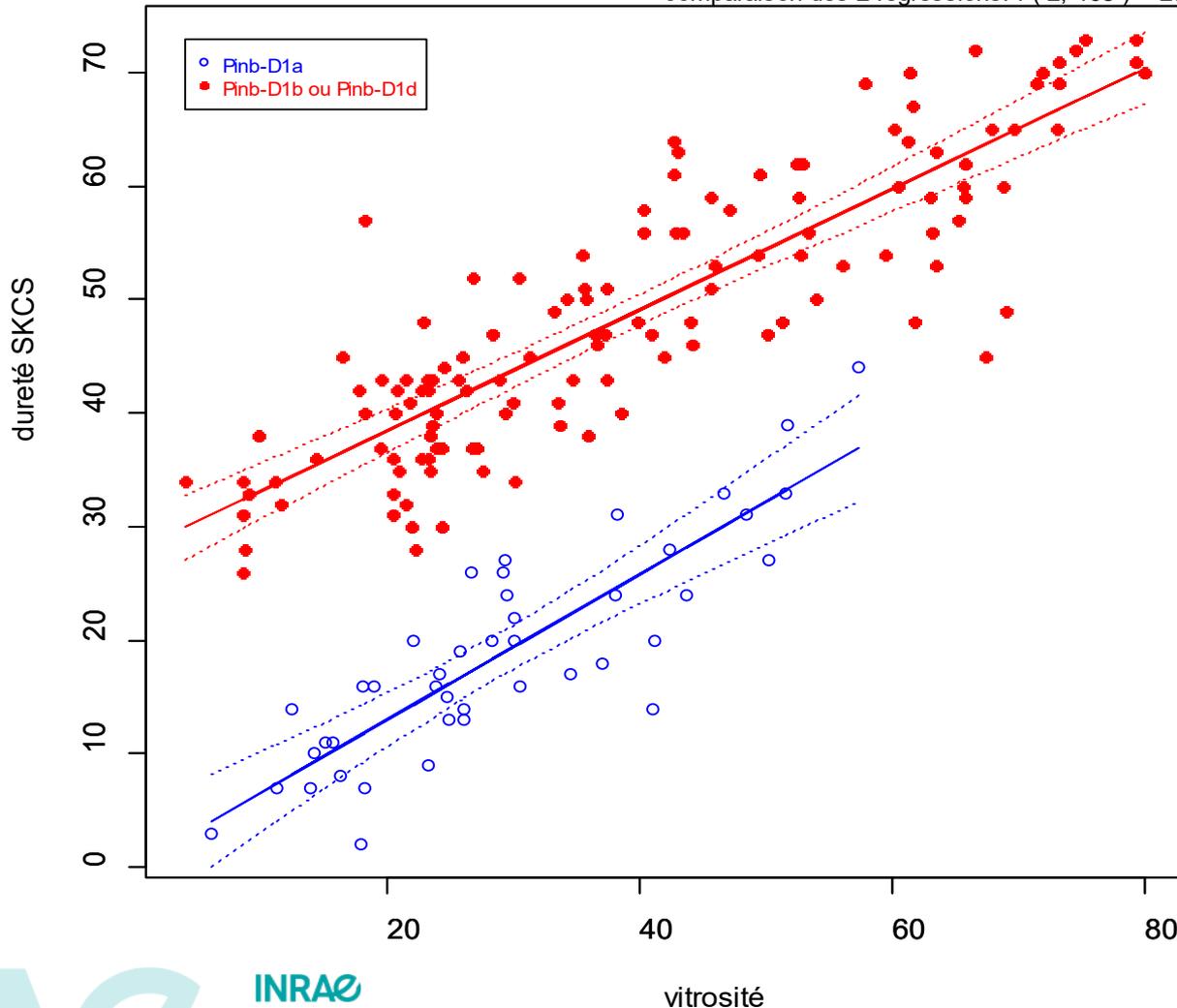
La vitrosité ne permet pas de distinguer les hard et les soft (les valeurs de vitrosité entre 0 et 60 peuvent être obtenues quelque soit l'allèle Pinb-D1).

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

Pinb-D1a :  $y = 0.26 + x(0.64)$   $r^2 = 0.73$  effectif = 43  
Pinb-D1b ou Pinb-D1d :  $y = 27.84 + x(0.53)$   $r^2 = 0.75$   
comparaison des 2 regressions:  $F(2, 168) = 270.1$



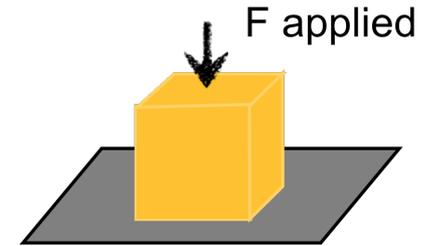
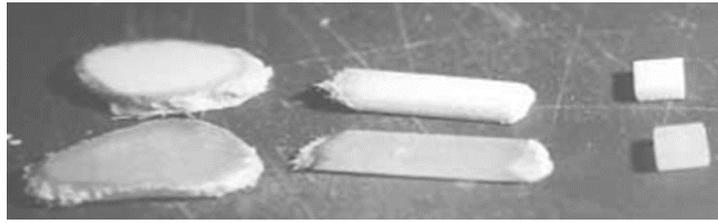
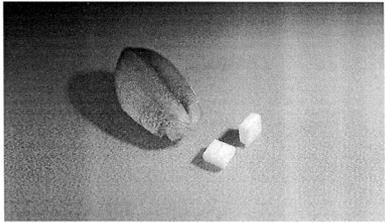
**La dureté SKCS prend en compte à la fois la génétique (allèle Pinb-D1) et l'environnement (vitrosité).**

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.

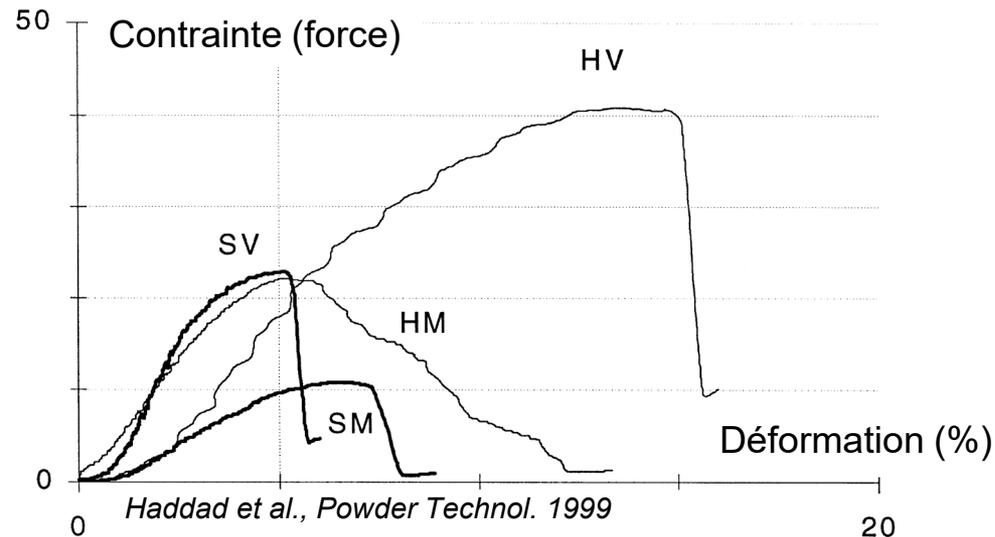
# ➤ En quoi dureté et vitrosité affectent la résistance mécanique de l'albumen amylicé ?



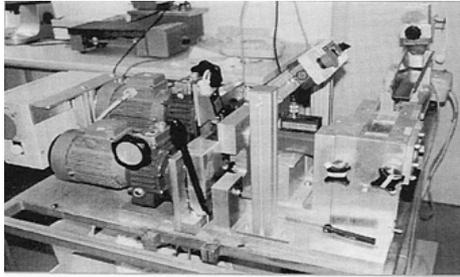
**W (MJ/m<sup>3</sup>)** = 0,34 Scipion soft farineux (mealy) < 0,44 Baroudeur hard farineux < 0,71 Scipion soft vitreux < 2,94 Baroudeur hard vitreux < blé dur

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

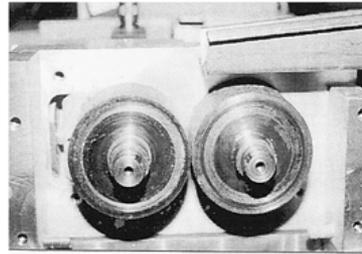
**W (MJ/m<sup>3</sup>)** = 0,28 soft farineux < 0,52 soft vitreux < 0,96 hard farineux < 3,3 hard vitreux



# ➤ Quelles conséquences sur les énergies de broyage ?

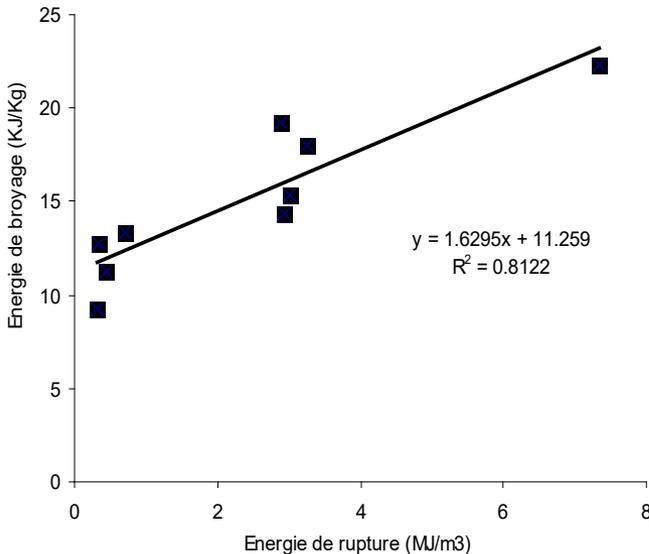


(a)



(b)

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

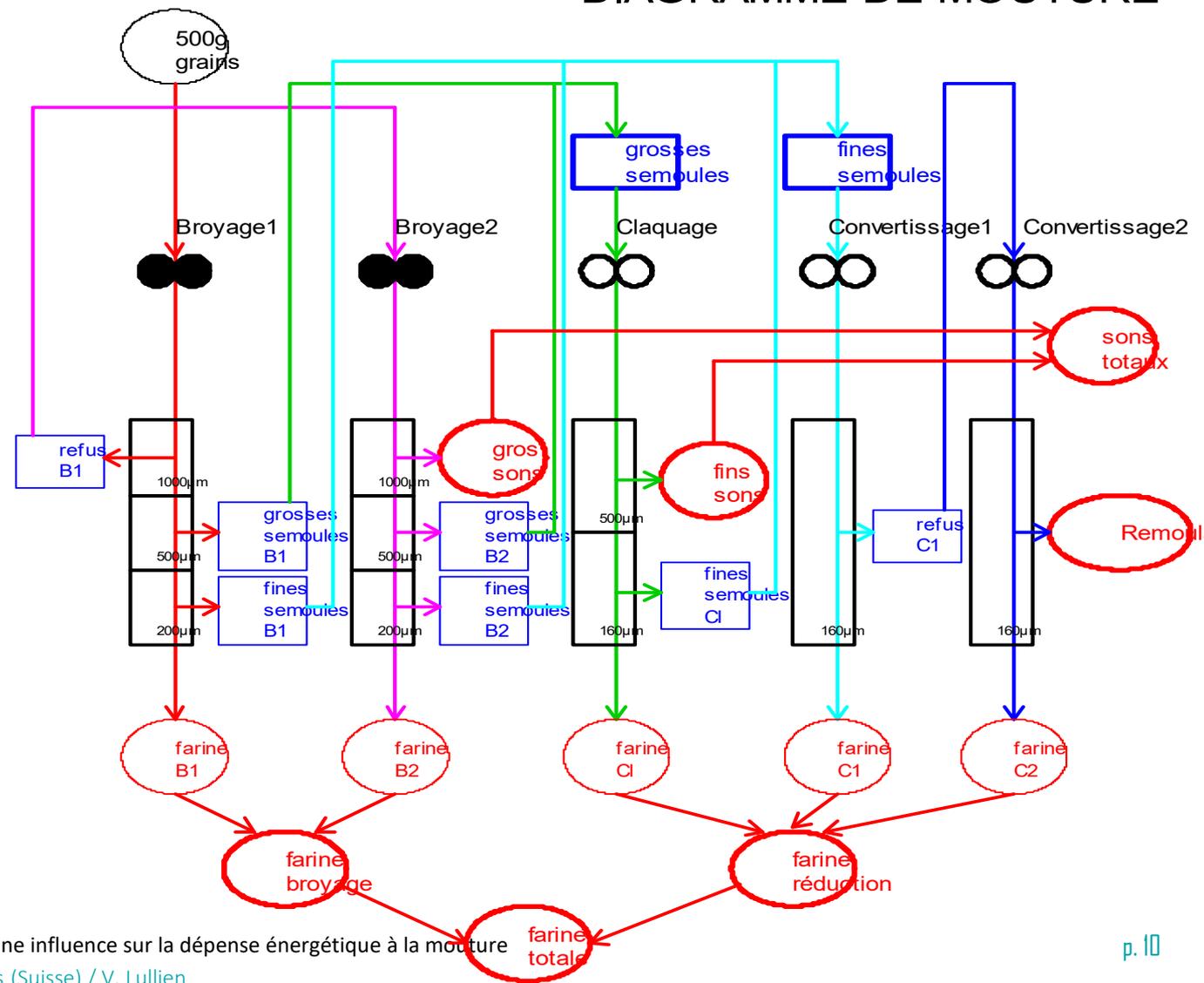
Sur la base de 100 pour un soft ( $80 + 100 \times 0.2 = 100$ ), on a donc ( $80 + 230 \times 0.2 = 126$ ) pour un hard.

**Au mieux un gain de 30 % sur les 20 % d'énergie utile au fractionnement du grain**

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

Au mieux un gain de 30 % sur les 20 % d'énergie utile au fractionnement, ..., **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.



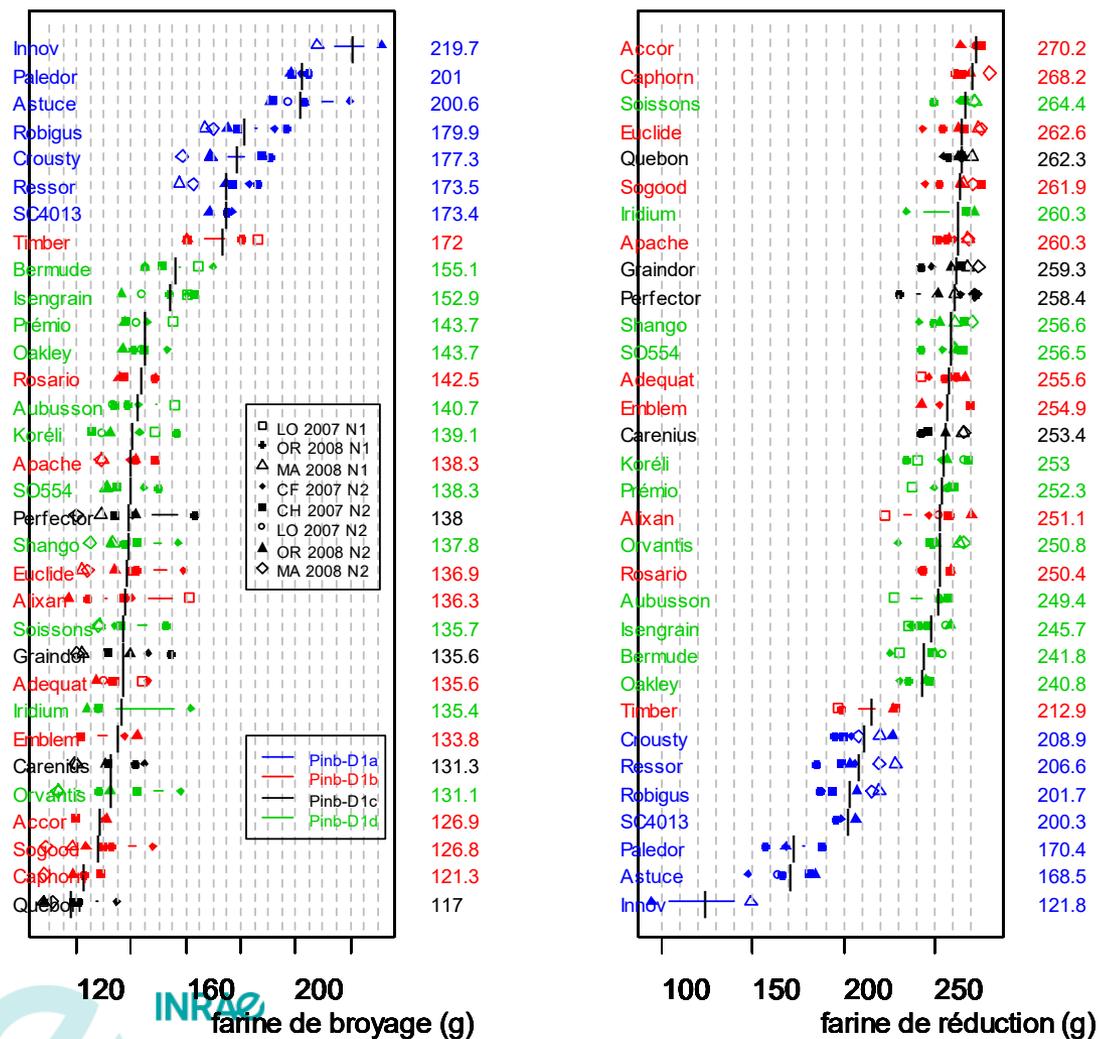
INRAE



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

Au mieux un gain de 30 % sur les 20 % d'énergie utile au fractionnement, ..., mais des différences de rendement et de qualité des farines.

## Farines de broyage et de réduc



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

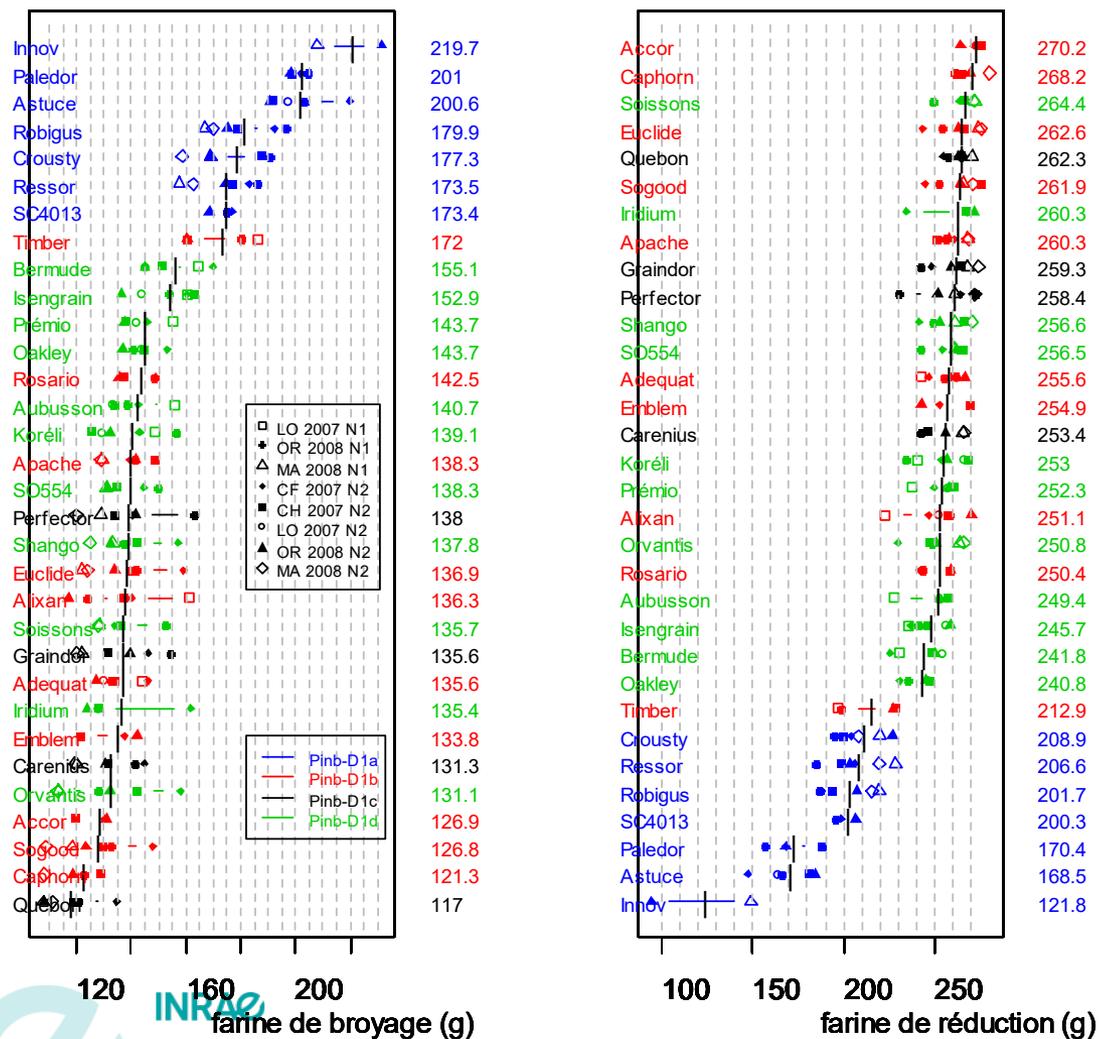
La dureté du blé a-t-elle une influence sur la dépense énergétique à la mouture



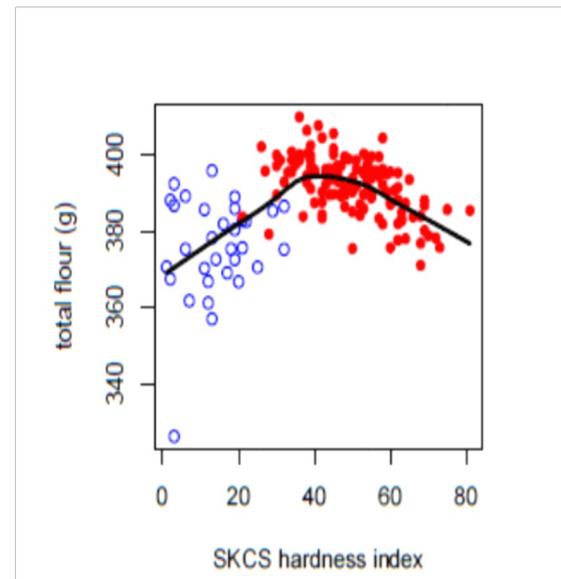
# Pour conclure : quel gain d'énergie entre soft/hard ?

Au mieux un gain de 30 % sur les 20 % d'énergie utile au fractionnement, ..., mais des différences de rendement et de qualité des farines.

## Farines de broyage et de réduc



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).

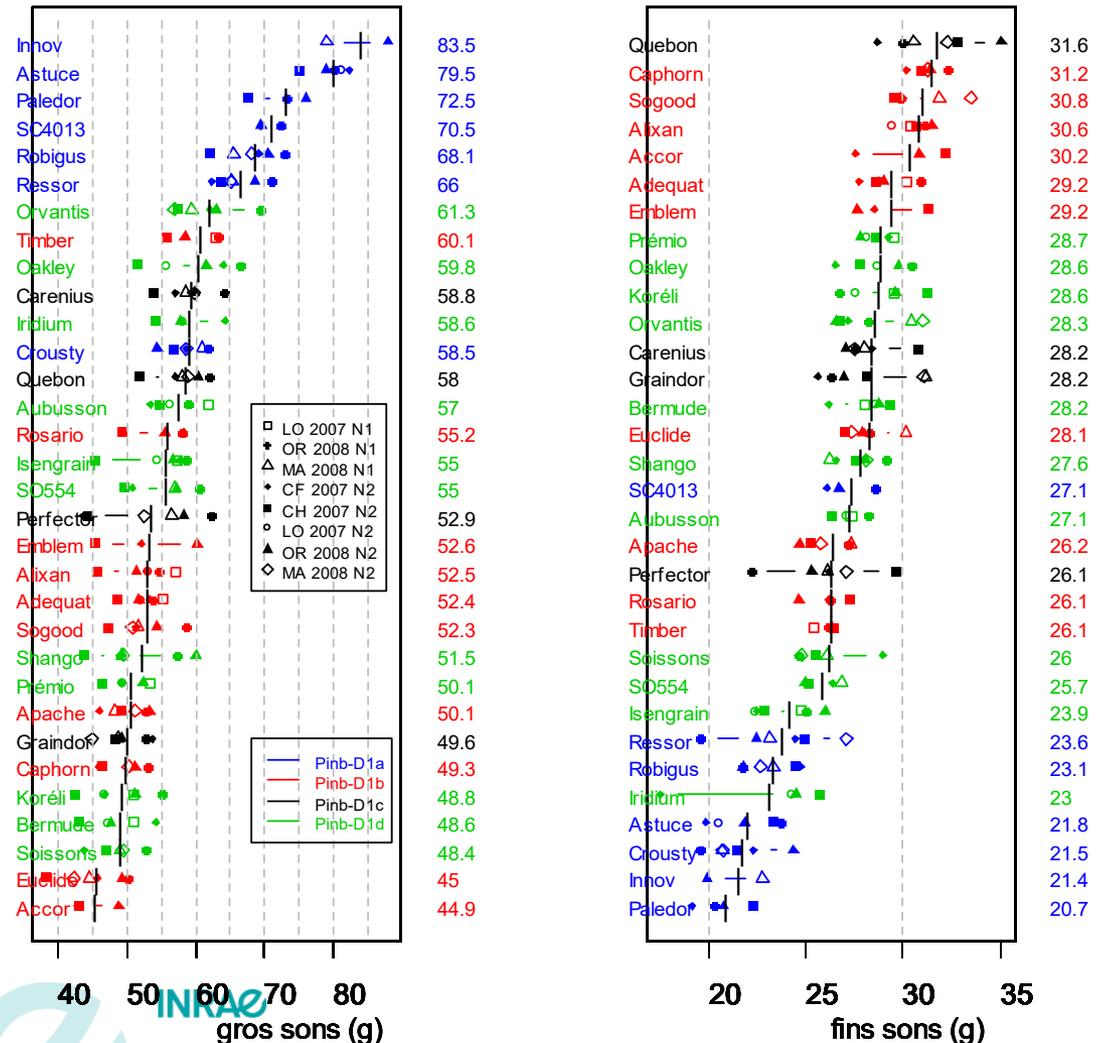
La dureté du blé a-t-elle une influence sur la dépense énergétique à la mouture



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

Au mieux un gain de 30 % sur les 20 % d'énergie utile au fractionnement, ..., mais des différences de rendement et de qualité des farines.

### Productions de sons pour les liq



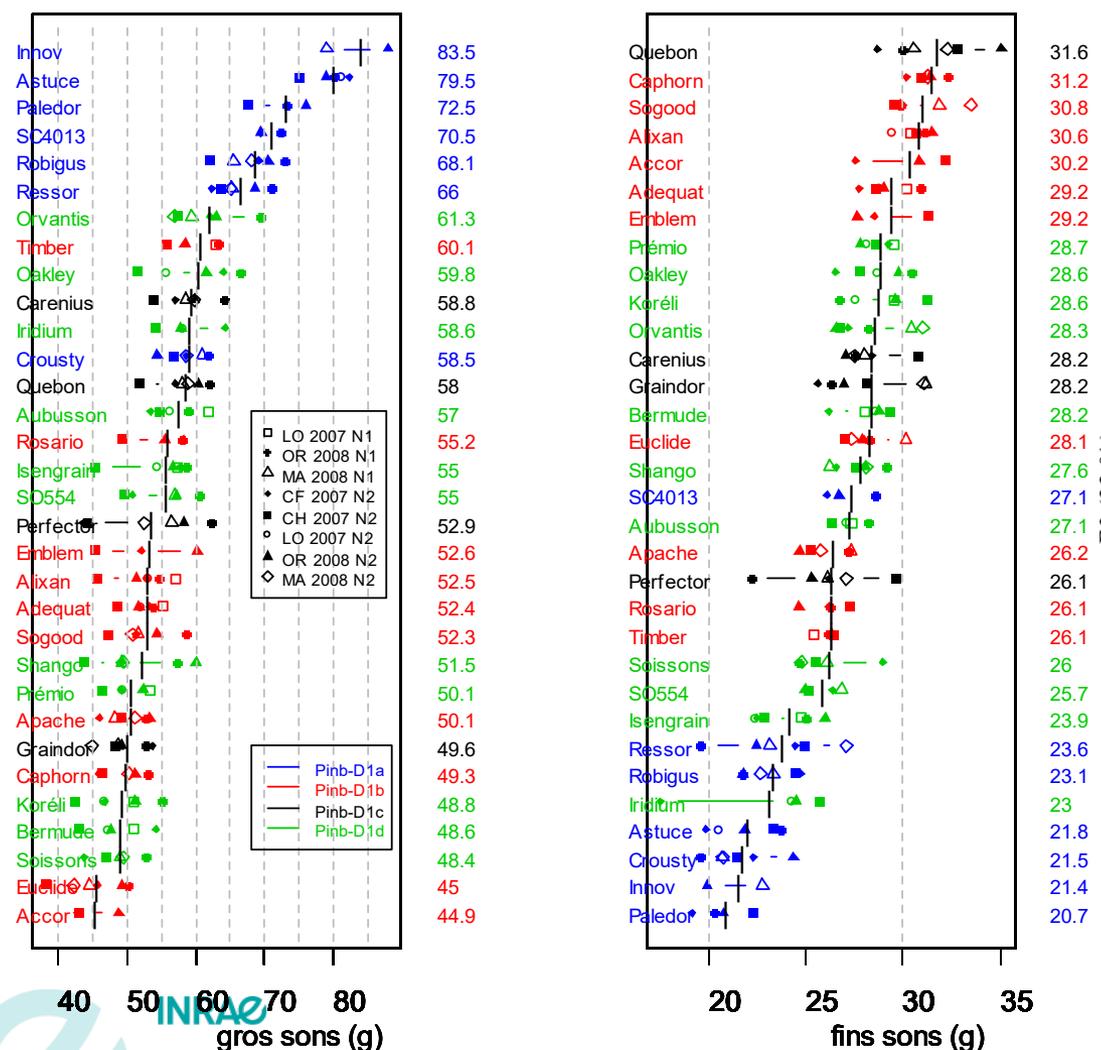
Globalement, les soft produisent plus de sons que les hard.

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

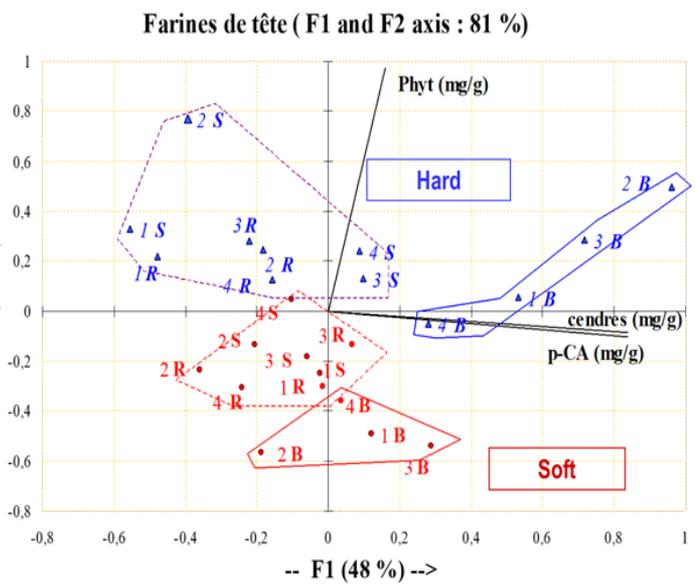
# ➤ Pour conclure : quel gain d'énergie entre soft/hard ?

Au mieux un gain de 30 % sur les 20 % d'énergie utile au fractionnement, ..., mais des différences de rendement et de qualité des farines.

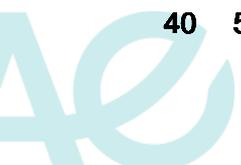
Productions de sons pour les liq



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



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

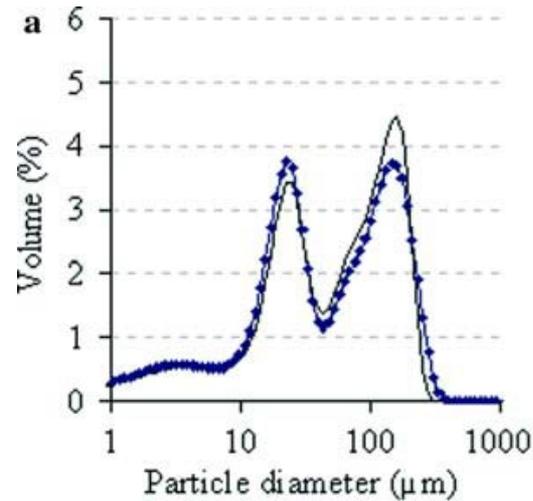


La dureté du blé a-t-elle une influence sur la dépense énergétique à la mouture

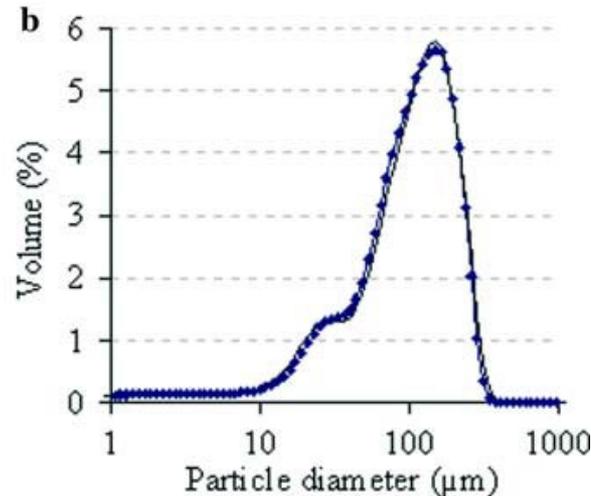
# ➤ Pour conclure : quel gain d'énergie entre soft/hard ?

Au mieux un gain de 30 % sur les 20 % d'énergie utile au fractionnement, ..., mais des différences de rendement et de qualité des farines.

## GRANULOMETRIE

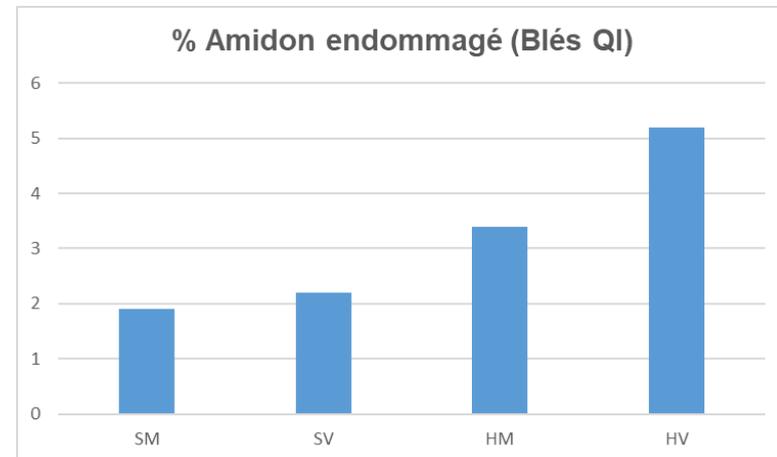


**Soft** farineux (.), vitreux (-)  
**distribution bimodale**  
(séparation granules d'amidon)



**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](mailto: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