

Les Producteurs
d'endives
de France

Evaluation de la maturité & du potentiel de l'endive

Laurent CASSAN
Station expérimentale APEF - Arras

Beoordeling rijpheid & het potentieel van witloof



QU'EST-CE QUE LA MATURITÉ ?

La capacité optimale de la plante à remobiliser ses réserves au forçage

Elle est acquise sous l'effet du froid ...

De optimale capaciteit van de plant om haar reserves aan te spreken tijdens de forcerie wordt verkregen onder invloed van koude

✓ **Naturel au champ en automne**

et / ou

✓ **Artificiel en conservation au frigo**





QU'EST-CE QUE LE POTENTIEL AU FORÇAGE ?

C'est le niveau de rendement en chicons

Il dépend de

- ✓ **La quantité de réserves accumulées (inuline, azote, ...)**
- &**
- ✓ **La maturité**





LES INDICATEURS DE MATURITÉ ET POTENTIEL

RIJPHEIDSINDICATOREN EN POTENTIEEL

Utilisés en production

- ✓ **Masses fraîches Feuilles/Racine**
- ✓ **Calibre racine**
- ✓ **[% matière sèche] et [%N total]**
- ✓ **[NO₃] racine**



Masse de matière sèche et N

Ancien indicateur (abandonné)

Test « indophénol »

**Dosage de la teneur en sucres simples [F, G]
à l'arrachage + après 48h**





LES INDICATEURS DE MATURITÉ ET POTENTIEL

RIJPHEIDSINDICATOREN EN POTENTIEEL

Indicateurs		Objectifs à l'arrachage
Rapport masse fraîche [Feuilles / Racines]		< 0,7-0,8
∅ racine > 3cm (120 g)		> 70%
Teneurs	Matière sèche	> 25%
	N total	0.7 à 1.4% MS selon la variété
	NO ₃	+ faible, < 50 mg/l jus, <100 ppm MS
Masse par racine	Matière sèche	30-45 g
	N total	210-630 mg

(Sanvicente et al., 2020)

**Ne sont utilisés qu'à l'arrachage
L'état de maturité après conservation n'est pas évalué !**

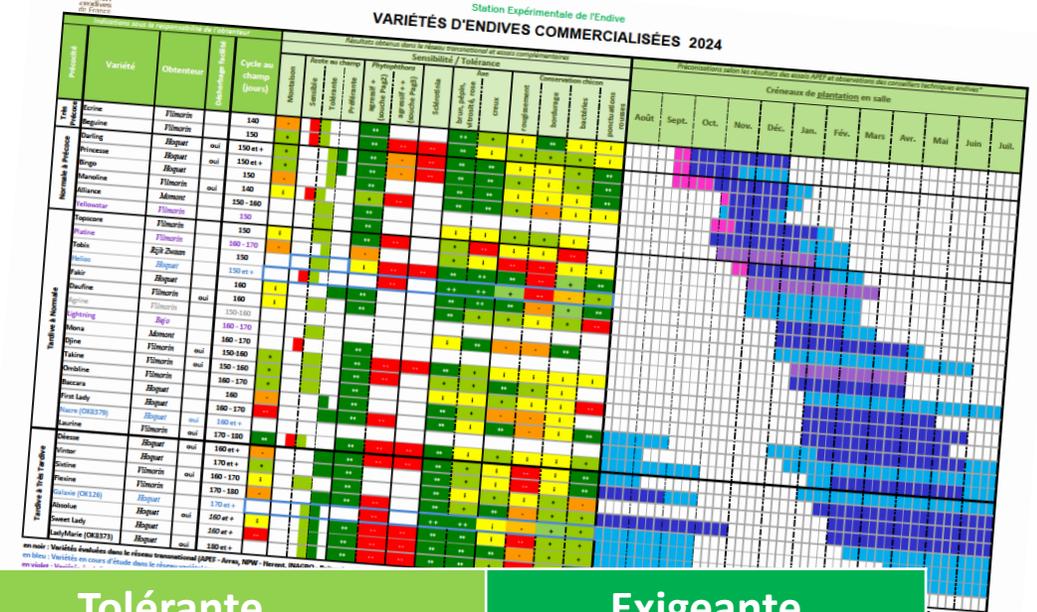
**Alleen gebruikt voor rooien
De staat van rijpheid na bewaring wordt niet beoordeeld!**



LES RÉSERVES RACINAIRES

L'azote N : 1,0% de la matière sèche en moyenne

- ✓ **70% acides aminés libres + 30% protéines**
- ✓ **Efficacité d'utilisation de l'azote (NUE) dépendante des variétés**
(Limami *et al.*, 1996 ; Cassan *et al.*, 2008)



	Sensible	Tolérante		Exigeante			
N-behoefte op veld	Besoin en azote au champ (kg/ha)		120-150	150-185	185-215		
Mobilisatiegraad in forcerie	Taux de mobilisation au forçage (%)	80	70	60	50	40	30
Variétés	<i>Béa*</i> (Inra/Ctifl)	Ecrine (Vilmorin)		Princesse (Hoquet)	Flexine (Vilmorin) SweetLady (Hoquet)		

* Variété ancienne



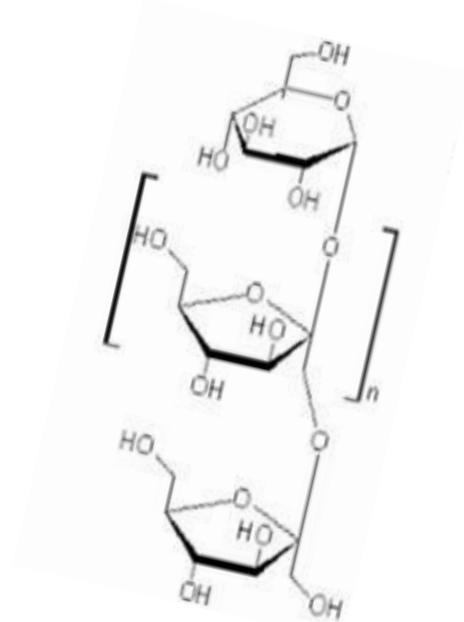
LES RÉSERVES RACINAIRES

Les réserves carbonées (koolstofreserves) :

80% d'Inuline

Polymère de fructose F_n - G (n = 2 à 60)

- ✓ **Synthèse à partir du saccharose par enzymes SST, FFT**
- ✓ **Hydrolyse enzymatique par Exo et Endo inulinases synthétisées sous l'effet du froid au champ et/ou au frigo pour atteindre la maturité**
- ✓ **Permet la re croissance**
 - **Floraison dans le cycle naturel**
 - **Chicon au forçage**



(Van Laere and Van den Ende, 2002 ; Mesink *et al.*, 2015)



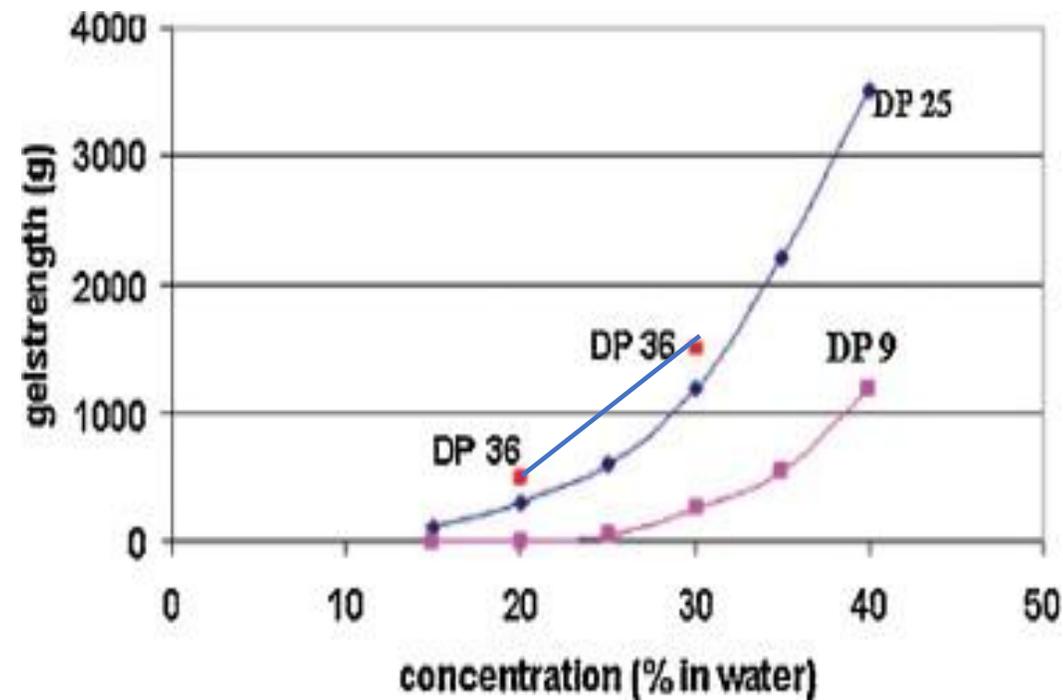
PROPRIÉTÉ DE L'INULINE

EIGENSCHAPPEN VAN INULINE

Références sur chicorée industrielle, topinambour, ...

- ✓ **Utilisée en industries agro-alimentaire et pharmaceutique, comme texturant, émulsifiant, substitut de graisse**
- ✓ **Fibres se lient à l'eau pour former un gel**
Vezels binden zich met water en vormen een gel
- ✓ **Sa viscosité (ou force) augmente avec la longueur (DP) et la concentration des fibres**
De viscositeit (of sterkte) neemt toe met de lengte (DP) en concentratie vezels

(Kim and Wang, 2001 ; Meyer *et al.*, 2011)



Gel strength in relation to concentration of different inulin types



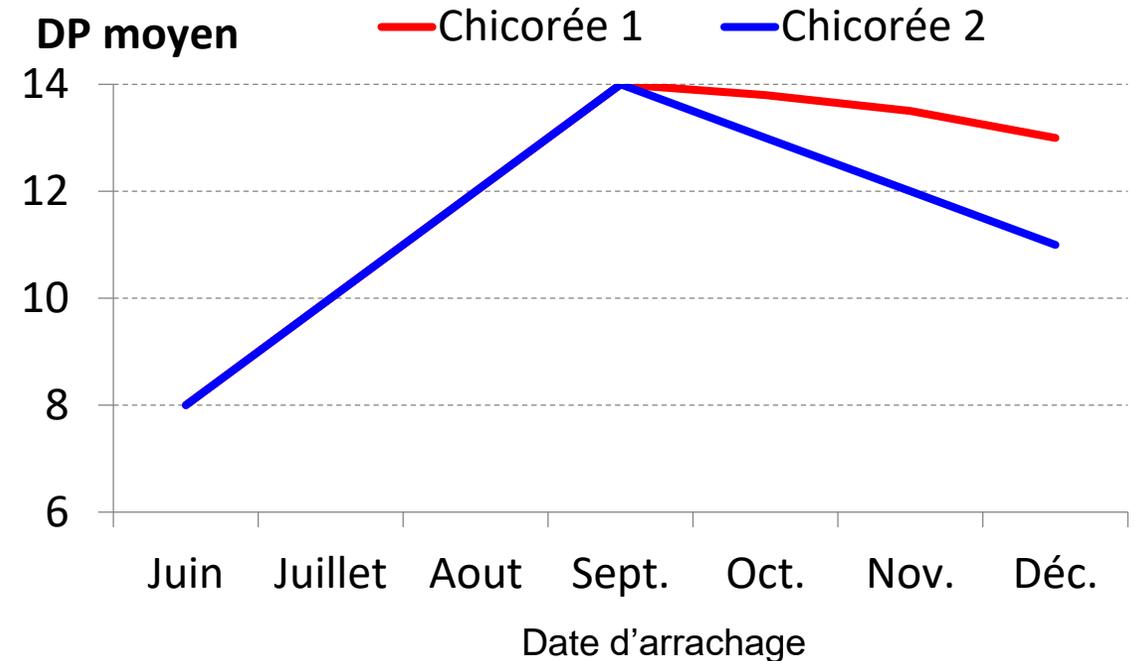
PROPRIÉTÉ DE L'INULINE

EIGENSCHAPPEN VAN INULINE

Références sur chicorée industrielle, topinambour, ...

- ✓ Utilisée en industries agro-alimentaire et pharmaceutique, comme texturant, émulsifiant, substitut de graisse
- ✓ Fibres se lient à l'eau pour former un gel
- ✓ Sa viscosité (ou force) augmente avec la longueur et la concentration des fibres
- ✓ **Cinétique d'hydrolyse génotype-dépendante (DP : degré de polymérisation)**

(Thèse P. Raulier, 2015)



OBJECTIF DES ÉTUDES SUR LA MATURITÉ

Exploiter les propriétés de gélification de l'inuline



Plant and Algal Hydrogels for Drug Delivery and Regenerative Medicine
Woodhead Publishing Series in Biomaterials
2021, Pages 261-292

Chapter 8 - Inulin-based hydrogel

Author links open overlay panel,
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821649-1.00005-2>Get rights and content

Abstract

Inulin is a natural polysaccharide from various fruits and vegetables, biocompatible, biodegradable, and has various applications in pharmaceutical, or biomedical fields. It has been cross-linked using various radiation to produce hydrogels that undergo swelling, have been used in several applications such as controlled release, and have been used in the past in several promising results. In this chapter, research findings based on inulin

Food Chemistry

Volume 229, 15 August 2017, Pages 35-43

Effects of inulin with different degree of polymerization on gelatinization and retrogradation of wheat starch

Author links open overlay panel,
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.058>Get rights and content

Highlights

- Inulin increased gelation temperature and decreased the peak viscosity and breakdown.
- Three types of inulin all retarded the short-term retrogradation of wheat starch.
- Inulin inhibits amylose retrogradation and accelerates amylopectin retrogradation.
- Inulin with lower DP has stronger effects on the starch retrogradation.

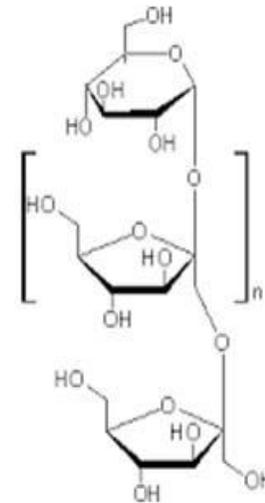
Food Hydrocolloids
Volume 97, December 2019, 105239

Gelation properties of calcium-inulin gels

Author links open overlay panel,
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105239>Get rights and content

Highlights

- Higher inulin content results in a faster gelation.
- Gelation kinetics can be studied either by backscattering or rheological tests.
- Calcium salts resulted in inulin gels with lower viscoelastic moduli.
- The nature of the anion in calcium salts affect the rheology of inulin gels.





OBJECTIF DES ÉTUDES SUR LA MATURITÉ

Mise au point d'une méthode simple de mesure de la force de gel (FdG)
(2015-16)

Extraction du jus des racines
à la centrifugeuse



Mesures et analyses





Observation d'un changement d'état après conservation à 20°C

Mesure de la force de gel par méthode interne

Géломètre APEF : Tubes coniques étalonnés, gradués de 1 à 6 (5 initialement)



6 Très ferme <<< Echelle de mesure >>> **1 Liquide**



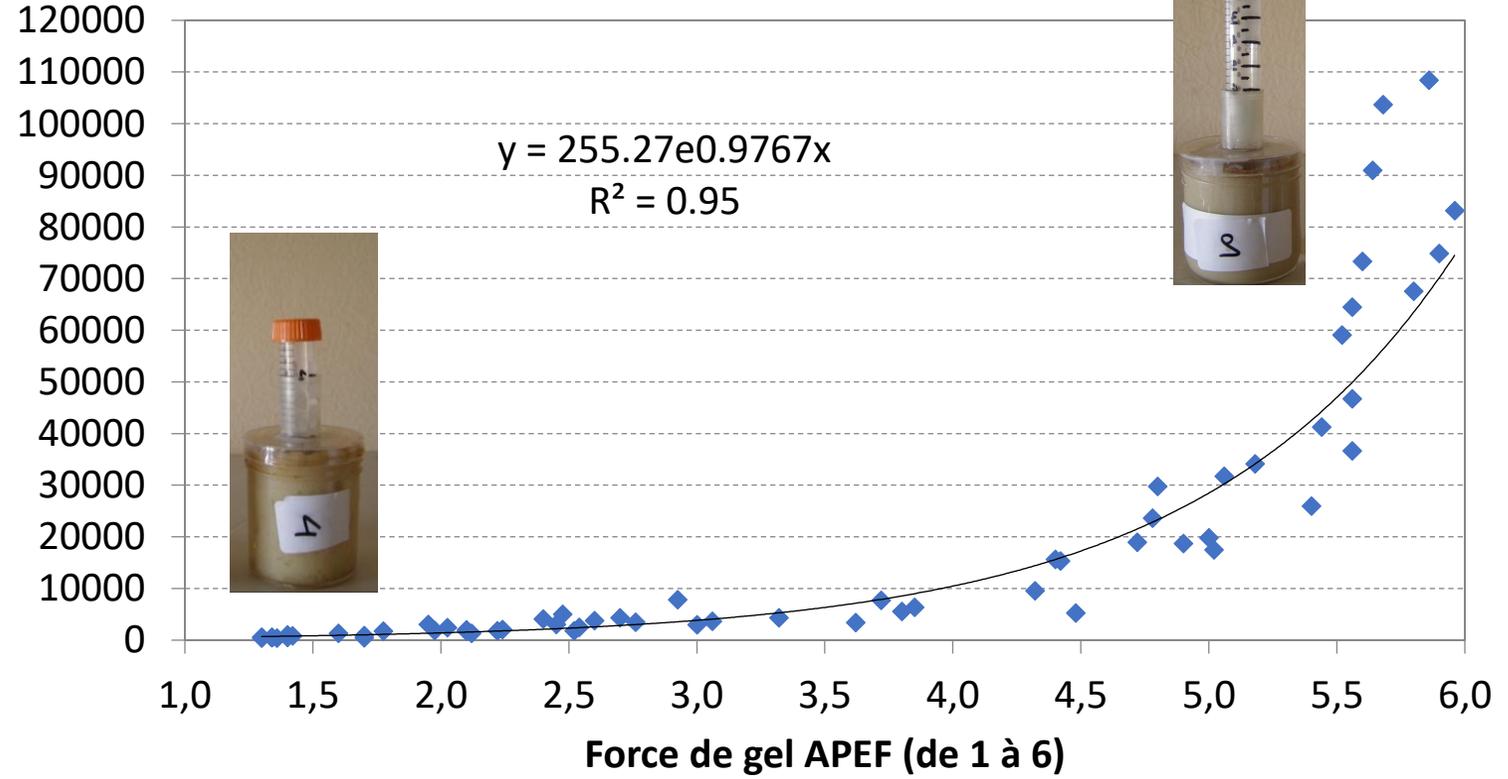


VALIDATION DE LA MÉTHODE

Comparaison avec des mesures de viscosité au viscosimètre rotatif Anton Paar QC300 (mobile RH7)



Viscosité laboratoire (mPa.s)

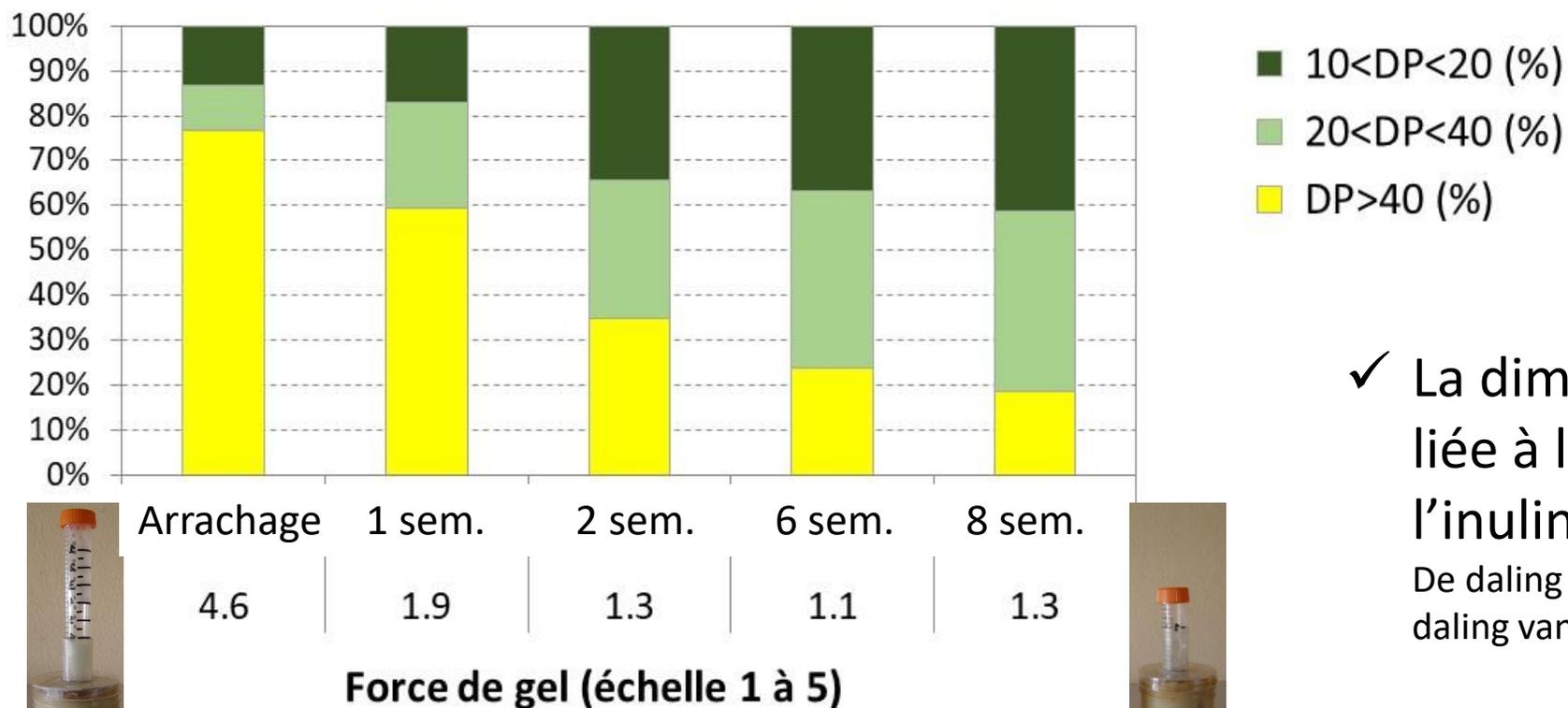




VALIDATION DE LA MÉTHODE

Evaluation du degré de polymérisation (DP) de l'inuline en fonction de la FdG (2018)

Dosage par précipitation à l'acétone (protocole adapté de Ku et al, 2003)
à l'arrachage et après 1, 2, 6, 8 semaines de conservation à 0°C



✓ La diminution de FdG est liée à la baisse du DP de l'inuline

De daling van FdG is gekoppeld aan de daling van de DP van inuline



Etudier la relation entre la force de gel et

1. La date d'arrachage (rooidatum)
2. La durée de conservation (bewaartermijn)
3. La variété (ras)
4. Le rendement en chicons (kropopbrengst)



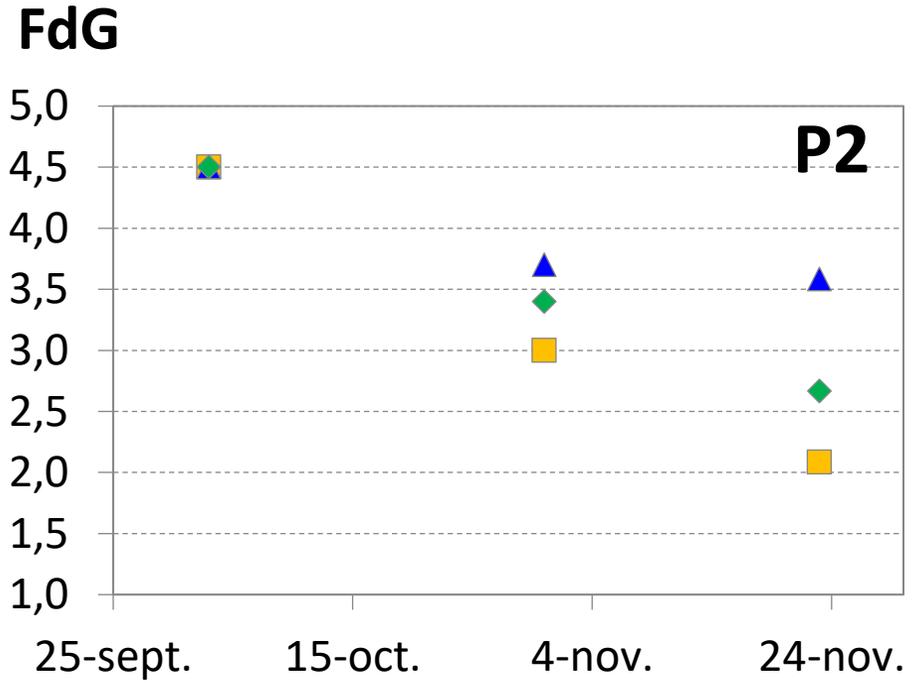
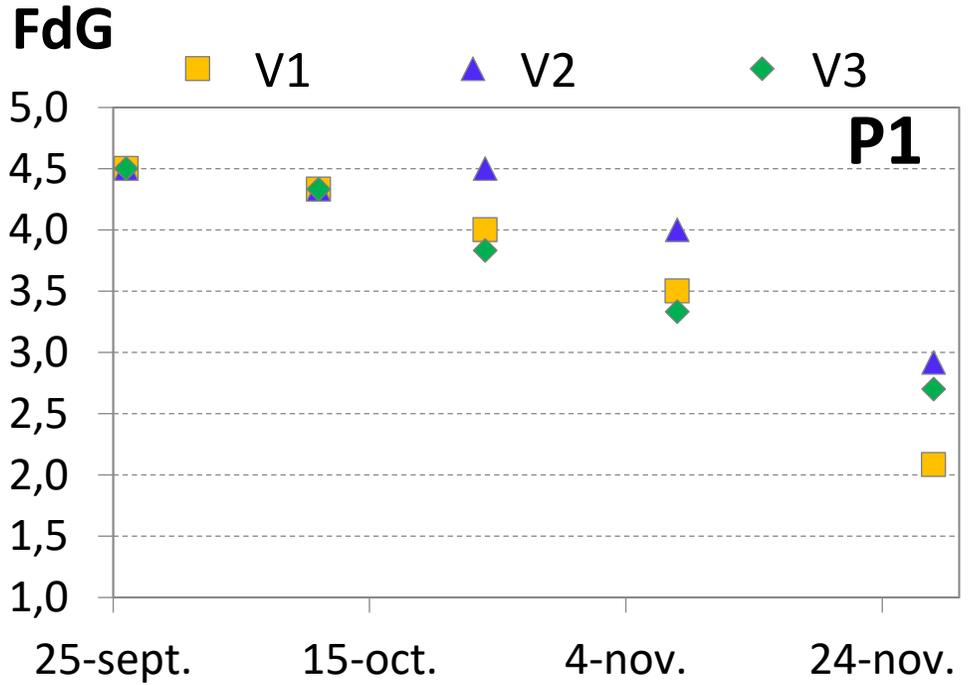


1. FORCE DE GEL ET DATE D'ARRACHAGE

5 dates d'arrachage (semis mi-mai 2017)

RELATIE MET ROOIDATUM

2 parcelles (P1, P2) 3 variétés (V1, V2, V3)



Dates d'arrachages

- ✓ La FdG diminue au cours du temps, plus rapidement pour V1 que V2
De FdG neemt na verloop van tijd af
- ✓ Les différences variétales sont plus marquées sur P2 que P1

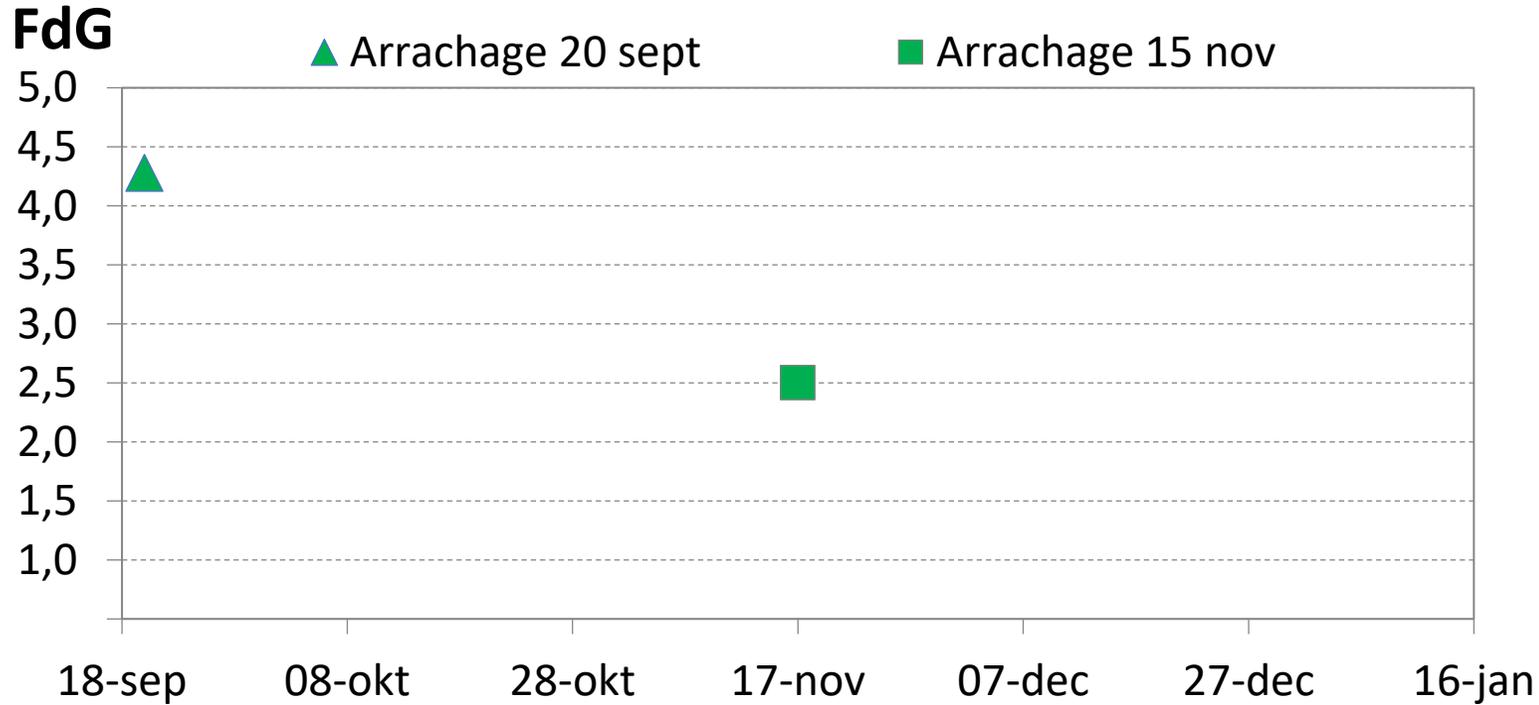


2. FORCE DE GEL ET CONSERVATION DES RACINES

RELATIE MET BEWAARTERMIJN

4 durées de conservation des racines : 1, 2, 3 ou 4, 8 semaines (w) à 0°C

Pour 2 dates d'arrachage 20 Sept. 15 Nov. 2017

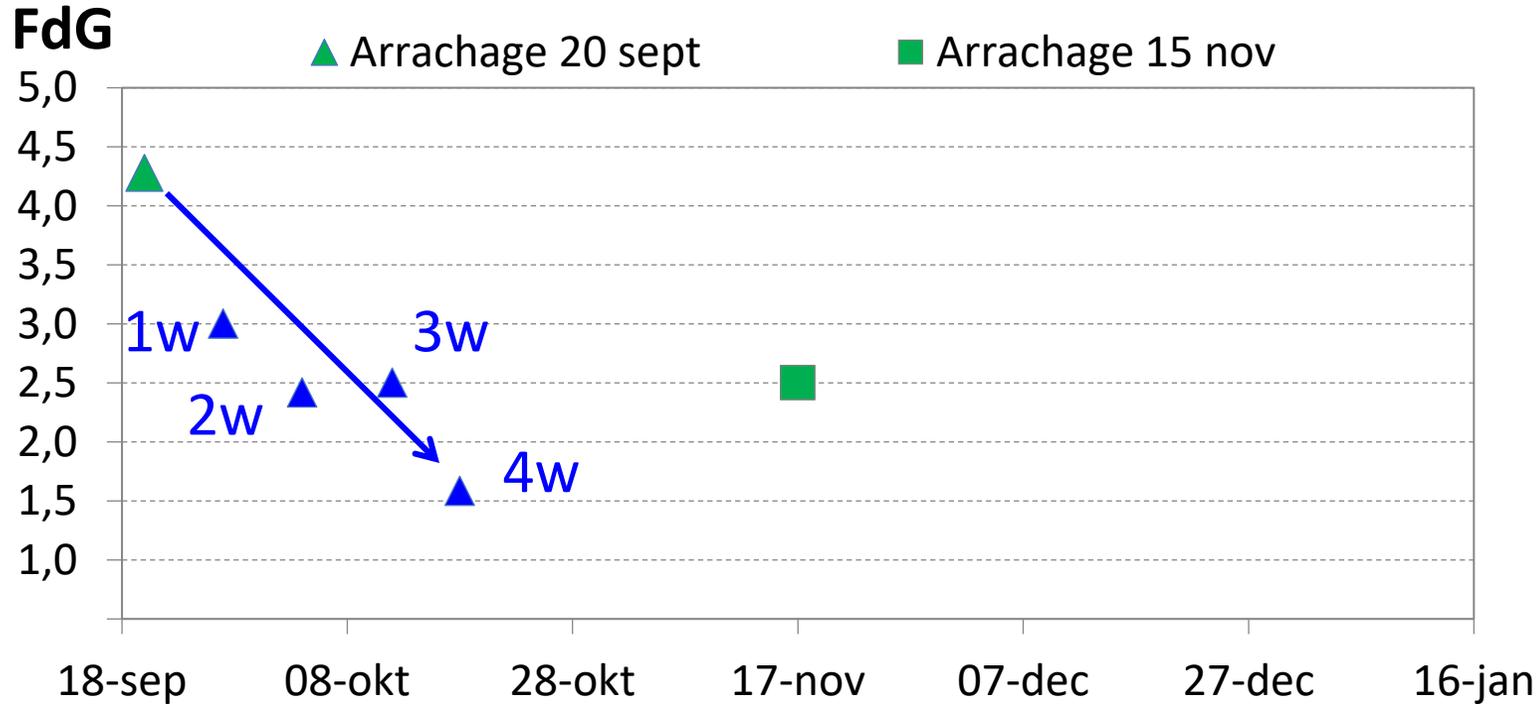


✓ La FdG baisse de 2 unités entre les 2 arrachages

2. FORCE DE GEL ET DURÉE DE CONSERVATION DES RACINES

RELATIE MET BEWAARTERMIJN
4 durées de conservation des racines : 1, 2, 3 ou 4, 8 semaines (w) à 0°C

2 dates d'arrachage : 20 Sept., 15 Nov. 2017



✓ La FdG baisse de 2 unités entre les 2 arrachages

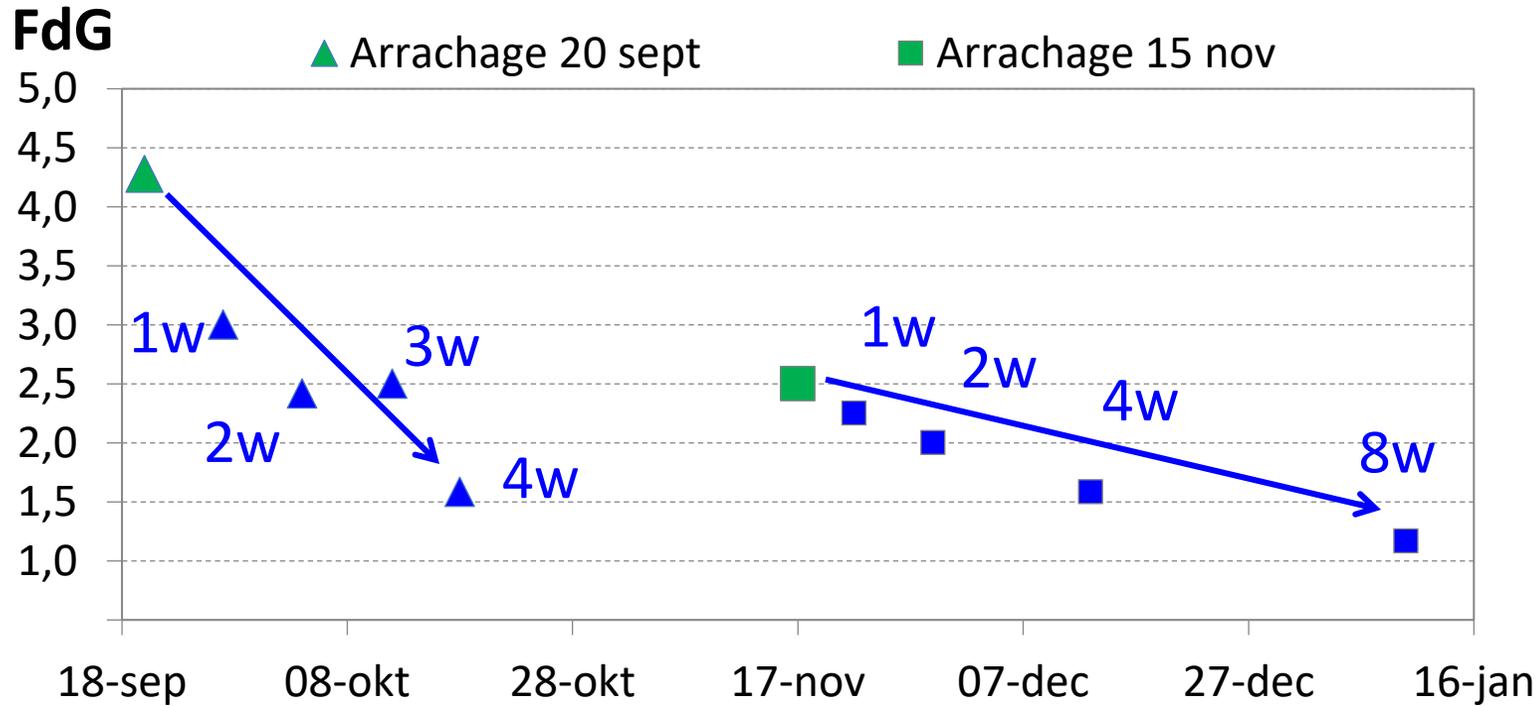
✓ Pour l'arrachage 1, elle baisse de 3 unités en 4 semaines à 0°C

2. FORCE DE GEL ET DURÉE DE CONSERVATION DES RACINES

RELATIE MET BEWAARTERMIJN

4 durées de conservation des racines : 1, 2, 3 ou 4, 8 semaines (w) à 0°C

2 dates d'arrachage : 20 Sept., 15 Nov. 2017



- ✓ La FdG baisse de 2 unités entre les 2 arrachages
- ✓ Pour l'arrachage 1, de 3 unités en 4 semaines à 0°C
- ✓ Pour l'arrachage 2, elle baisse de 1.5 unités en 8 semaines à 0°C



3. FORCE DE GEL ET VARIÉTÉS

12 variétés du réseau transnational

RELATIE MET RAS

Semis mi-mai 2019

2 Lieux x Dates d'arrachage

Force de gel (/6)	08 oct. (A)	07 nov. (B)
Bingo (V59)	1.9 d	2.4 c
Flexine (V46)	6.0 a	4.7 b
V68 (Beguine)	3.7 c	5.0 ab
V69 (Laurine)	5.8 ab	4.8 ab
V70	5.6 ab	5.6 ab
V71	5.6 ab	5.7 ab
V72	5.6 ab	5.8 ab
V73	5.9 ab	6.0 a
V74	5.2 ab	5.7 ab
V75	4.9 ab	6.0 a
V76	4.8 b	5.7 ab
V77	3.0 c	5.3 ab
Test F (5%)	Interaction THS	
CV (%)	10	

La force de gel est

- ✓ Minimale pour Bingo, variété précoce
- ✓ Maximale pour Flexine, V73, V75, variétés tardives
- ✓ Intermédiaire pour V68 et V77



4. FORCE DE GEL ET RENDEMENT EN CHICONS

RELATIE MET KROPOPBRENGST

90 résultats de forçage de 2017

Variétés MontBlanc (Hoquet), Crenoline (Vilmorin), Flexine (Vilmorin)

Semis mi-mai Arras Boursies

Arrachages Arras : 19 Sept. et 25 Nov.

Boursies : 24 Oct.

Forçage immédiat et après 5 à 50 jours de conservation à 0°C

Températures de forçage identiques pour tous les forçages !



4. FORCE DE GEL ET RENDEMENT EN CHICONS

RELATIE MET KROPOPBRENGST

90 résultats de forçage de 2017

Variétés MontBlanc (Hoquet), Crenoline (Vilmorin), Flexine (Vilmorin)

Tri des résultats :

✓ **4 classes de force de gel** (notée de 1 à 5)

4,1 +/- 0,2 **2,5** +/- 0,2 **2,1** +/- 0,3 **1,2** +/- 0,3

✓ **3 classes de quantité d'azote par racine** (mg)

336 +/- 30 **482** +/- 34 **611** +/- 53

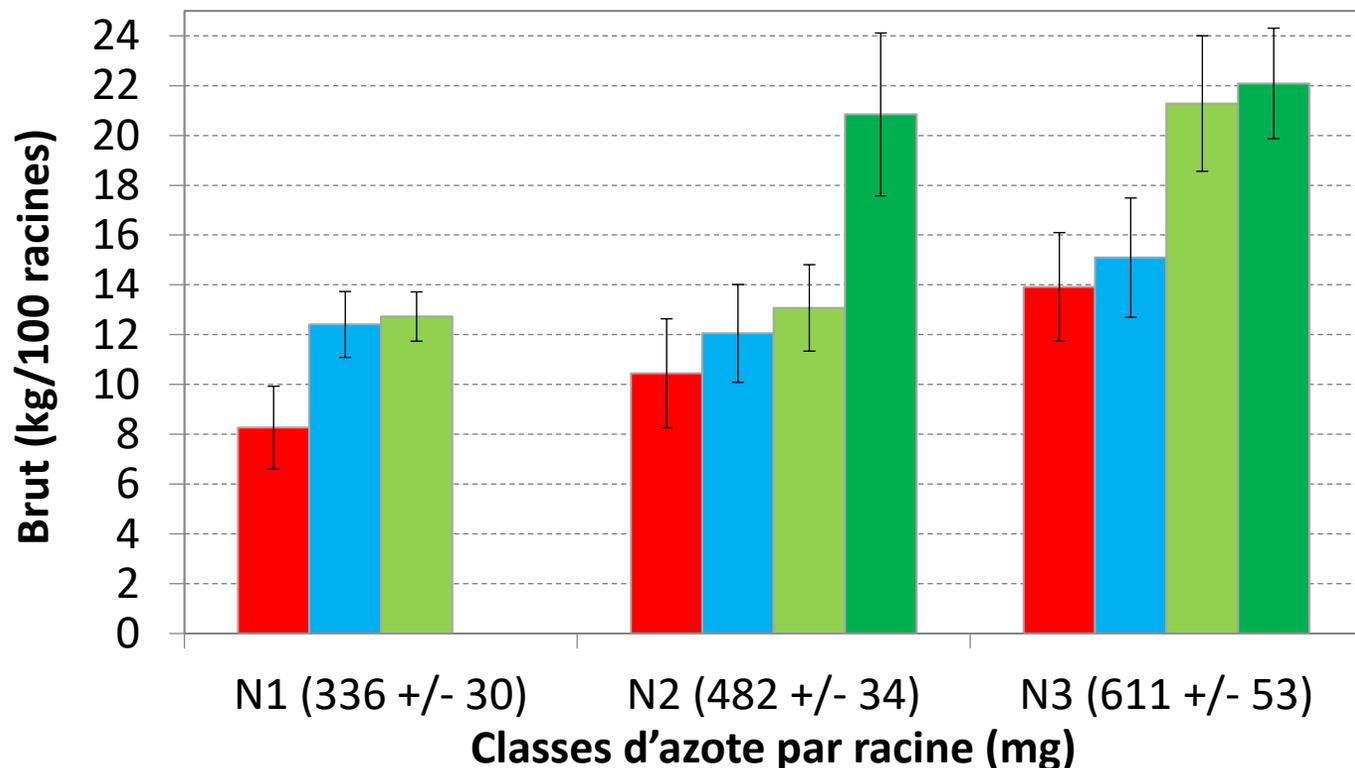


4. FORCE DE GEL ET RENDEMENT EN CHICONS

RELATIE MET KROPOPBRENGST

Classes de force de gel (notée sur 5)

■ 4.1 +/-0.2 ■ 2.5 +/-0.2 ■ 2.1 +/-0.3 ■ 1.2 +/- 0.2



Le rendement en chicons augmente :

De opbrengst neemt toe:

- ✓ Pour chaque classe d'N avec la baisse de la force de gel
Voor elke klasse N bij afnemende sterkte
- ✓ Pour chaque classe de force de gel avec l'augmentation de la quantité d'N par racine
Voor elke klasse van sterkte als de hoeveelheid N per wortel toeneemt.



4. FORCE DE GEL ET RENDEMENT EN CHICONS

Modéliser le rendement en chicons en fonction des critères de maturité et potentiel

Exemple : 45 lots de racines de producteurs
9 variétés en forçage précoce à la station d'Arras
en 2019, 2020, 2021

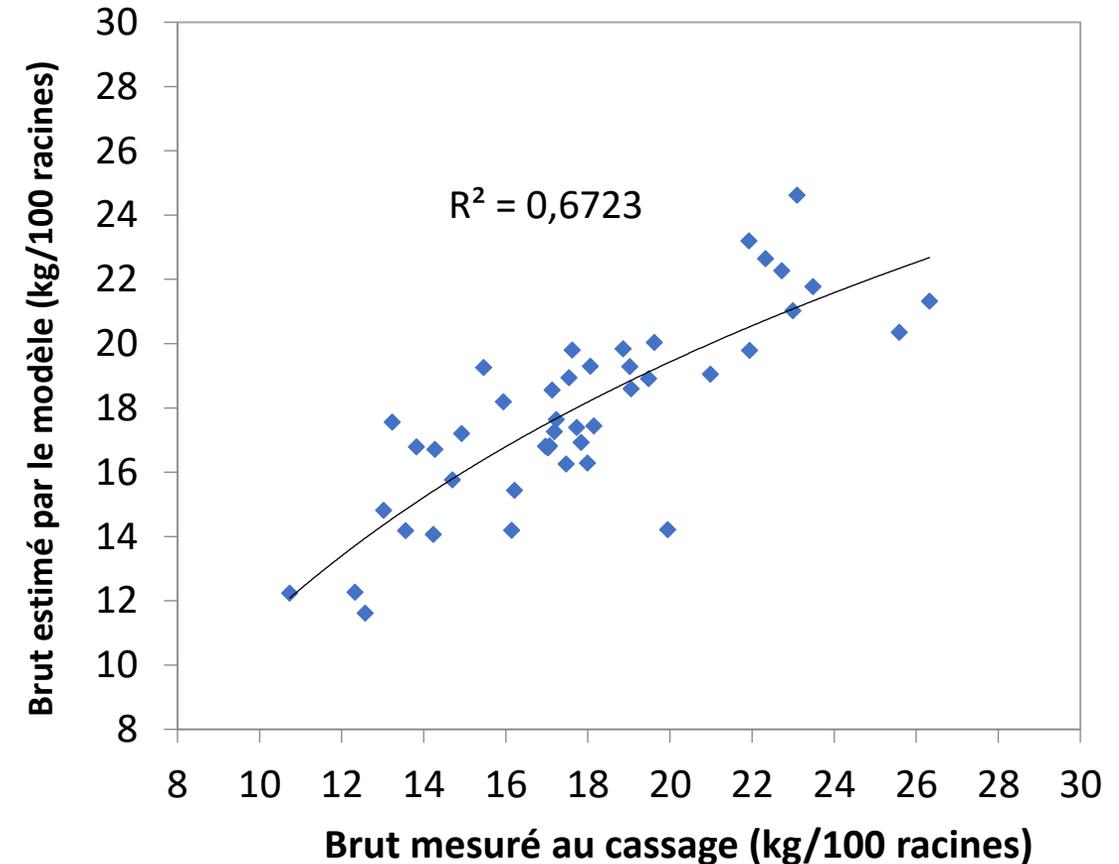
Le modèle à 2 variables

- ✓ La force de gel
- ✓ La quantité d'azote mobilisable par racine

permet une assez bonne estimation du rendement en chicons mesuré au cassage

A poursuivre !

RELATIE MET KROPOPBRENGST





La force de gel (viscosité) est un nouvel indicateur de maturité :

- ✓ Qui baisse sous l'effet du froid au champ et au cours de la conservation en frigo
- ✓ A un intérêt à l'arrachage mais surtout avant le forçage !
- ✓ En complément des autres tests, permet de choisir les lots les plus aptes au forçage précoce

Indicateurs		Objectifs à l'arrachage
Rapport MFF/R		< 0,7-0,8
∅ Racine > 3cm		> 70%
Teneurs	Matière sèche	> 25%
	N total	0.7 à 1.4% de la MS selon la variété
	NO ₃	< 50 mg/l de jus, <100 ppm de la MS
Masse par racine	Matière sèche	30-45 g
	N total	210-630 mg
		Objectif avant le forçage
Force de gel		< 2 (sur 6)

En résumé



**Pas mûr !
Niet rijp !**



**Mûr !
Rijp !**