

Sorghos fourragers monocoupe : quelles performances en attendre du champ à l'auge ?

Hugues CHAUVEAU

Ingénieur valorisation animale des fourrages

h.chauveau@arvalis.fr

Silvère GELINEAU

Ingénieur Agronomie – Productions fourragères

s.gelineau@arvalis.fr

Station expérimentale de la Jaillière
579, route de la Jaillière
La Chapelle-Saint-Sauveur
44370 LOIREAUXENCE

Au menu

- Panorama de la diversité des sorghos
- Culture du sorgho : les étapes clés
- Place dans le système fourrager : résultats de rendement
- Place dans le système alimentaire : valorisation par les bovins

Usage des sorghos

Grain

Production mondiale :

Env. 60 Mt :

- Env. 50-55% Alim humaine
- Env. 35-40% Alim. animale



**Biomasse –
Energie –
Sucre -
éthanol**

**Fourrage : stocks
et pâturage**



**Fibre -
teinture**

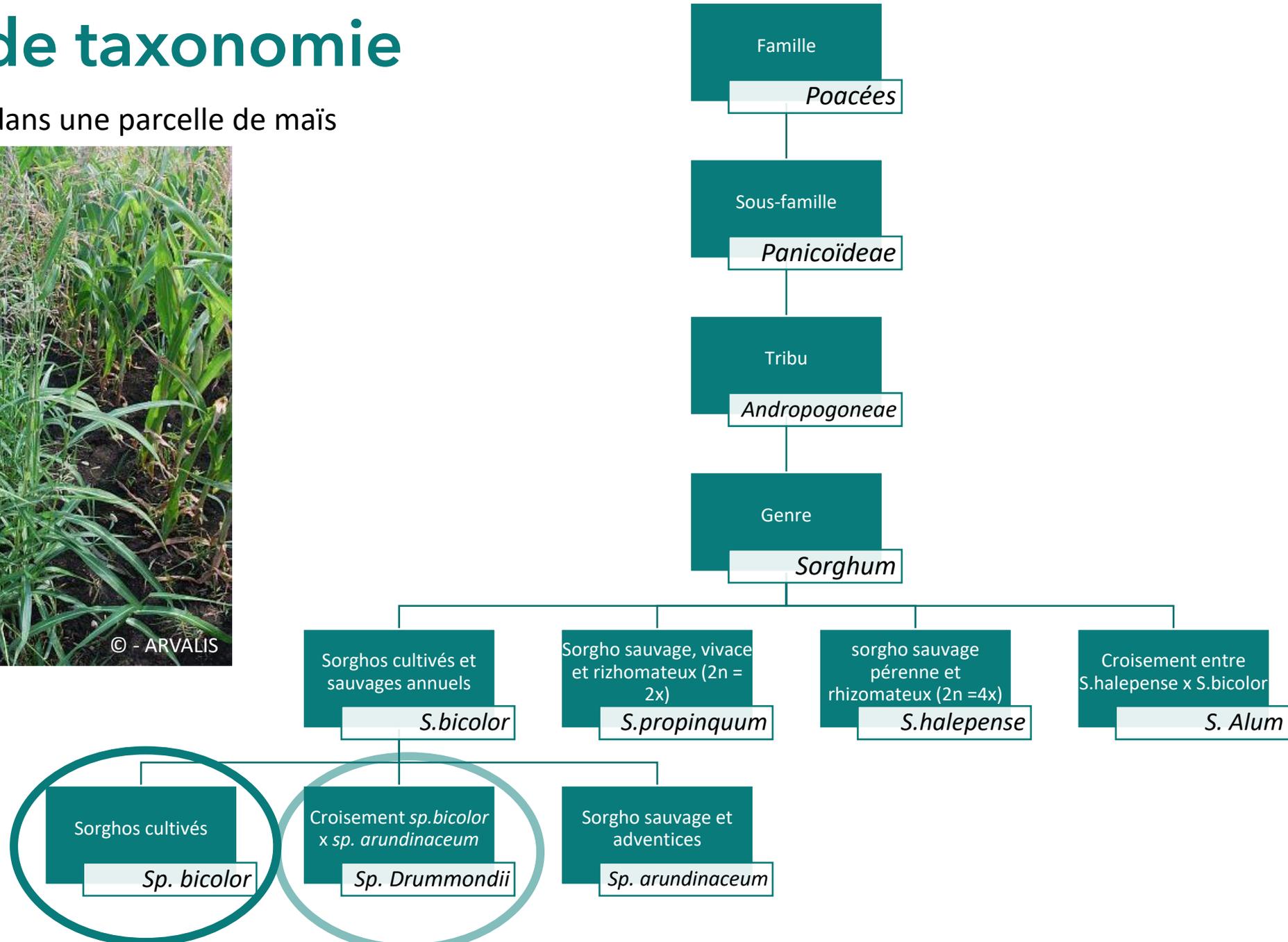


Un peu de taxonomie

Sorgho d'Alep dans une parcelle de maïs



© - ARVALIS



Diversité des sorghos fourragers

Sorghum bicolor

Sorghum drummondii
Sudan Grass

Sorgho Grain

**Sorgho Fourrage
Monocoupe**

**Sorgho hybride
Fourrage
Multicoupe**

**Sorgho Fourrage
Multicoupe**

Caractéristique de fertilité de la panicule :

- Fertile
- Mâle Stérile (MS)
- Photopériodique Sensible (PPS)

Caractère BMR ou non :



BMR ≠ Bonne valeur UFL (cf. classe d'usage CTPS pour les monocoupes)

Critères de choix d'un sorgho

Fertilité de la Panicule



Panicule fertile :

- Présence de grains
- +/- d'amidon : de 5 à 30%



Caractère BMR des sorghos (Brown Midrib, nervure centrale brune) : combinaison de gènes qui interfère sur la lignification et améliore la digestibilité des fibres.



Panicule stérile : mâle stérile ou pollen stérile

- Trace d'amidon (<5%)
- Moins de poids au sommet de la plante



Absence de panicule : photopériodique sensible

- Pas d'amidon
- Reste à un stade végétatif
- Teneur en MS faible à la récolte

Critères de choix d'une variété :

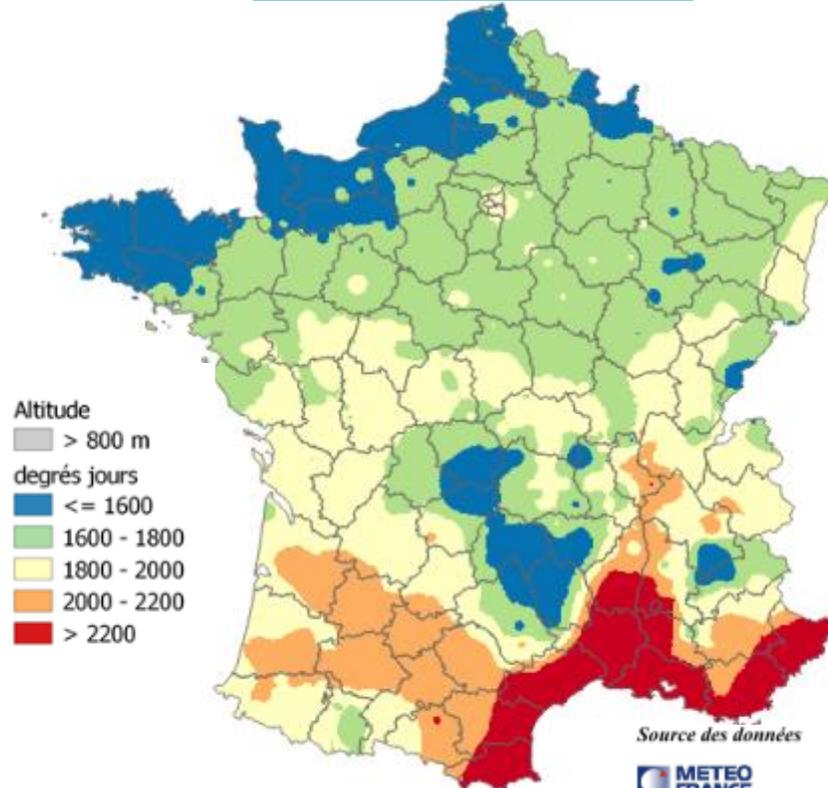
1. Valeur UFL (anciennement Classe CTPS)
2. Profil du sorgho : fertilité de la panicule et taux d'amidon

Résultats des réseaux post-inscription en accès gratuit dans « Choisir et décider Sorgho »

Disponibilité en température (8 années/10) et besoins de la culture (sorgho monocoupe)

Température moyenne cumulée base 6-35°C
10 mai – 30 septembre / Décile 2

2016 – 2020 (5 ans)



 <= 1600

Offre thermique limitée à
insuffisante

 1600 - 1800

Zone charnière
Choisir des variétés précoces
Risque de récolte tardive et/ou avec
< à 30% de MS

 1800 - 2000

Zone adaptée au variétés plus
tardives

 2000 - 2200

 > 2200

Pas de contraintes thermiques

Source des données



Institut du végétal



L'implantation : étape clé dans la réussite de la culture

✓ Petite graine (PMG ≈ 30g)



✓ Exigence thermique



✓ Vigueur au départ modérée



→ Sorgho mono-coupe:

Semis régulier en répartition et en profondeur (optimum 2 à 4 cm) :

Privilégier le **semoir monograine (écartement optimum 40 à 60 cm)**

Semis possible au semoir céréales (1 rang sur 2 à 1 rang sur 3)

Date de semis : fin avril à mi mai

Température du sol ≥ 12°C
pour une levée
satisfaisante et rapide

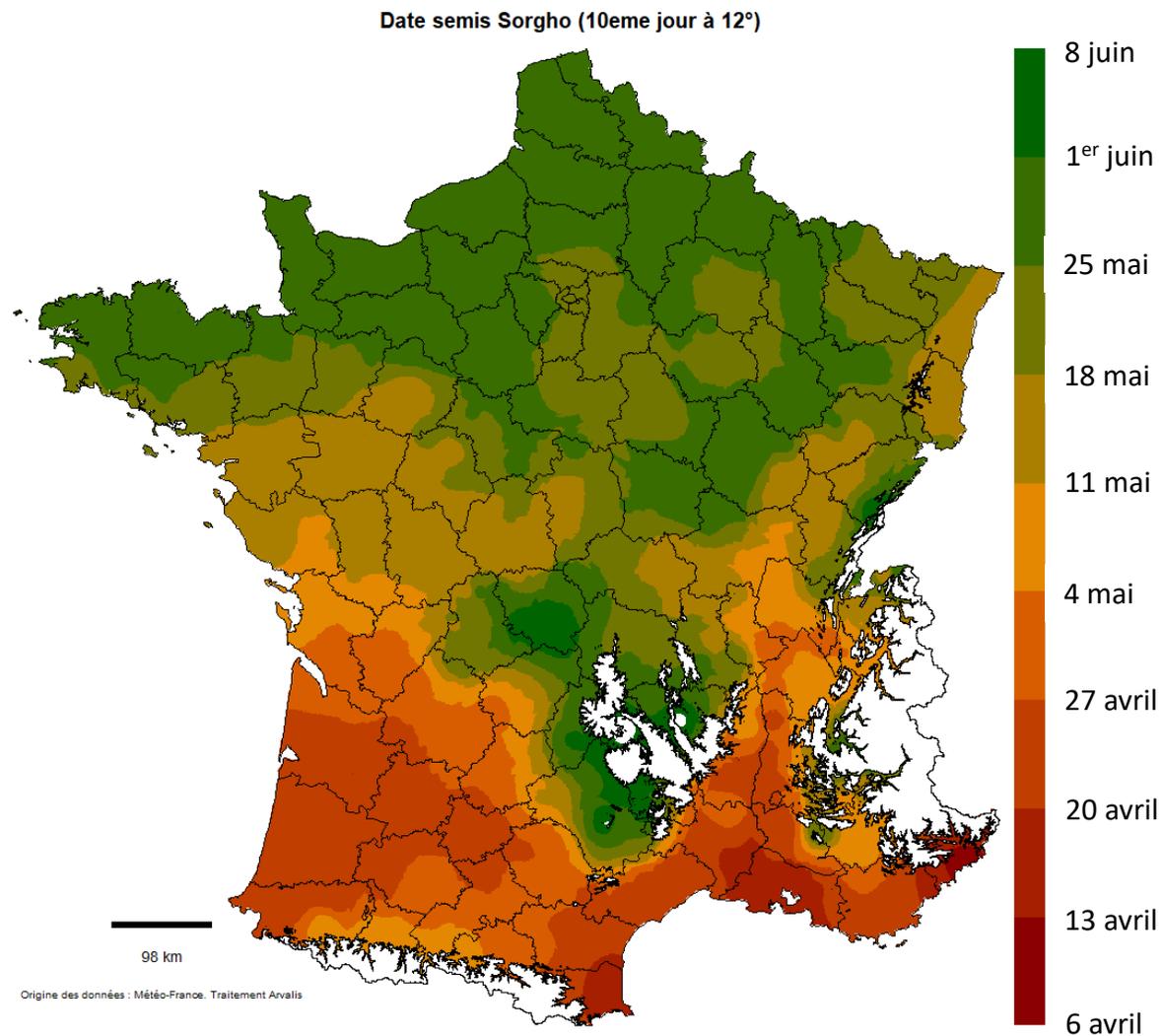


Ecartement inter rangs (cm)	Conditions de semis favorables		Conditions de semis plus défavorables
	Variétés ensilage et double usage	Variétés à usage principalement industriel	
40 à 50	210 à 250	230 à 270	Majorer de 10% si les conditions de semis sont difficiles (semis direct, semis sur sols très motteux, situation avec risque de conditions fraîches...)
50 à 60	190 à 230	210 à 250	
60 à 80	180 à 220	200 à 240	

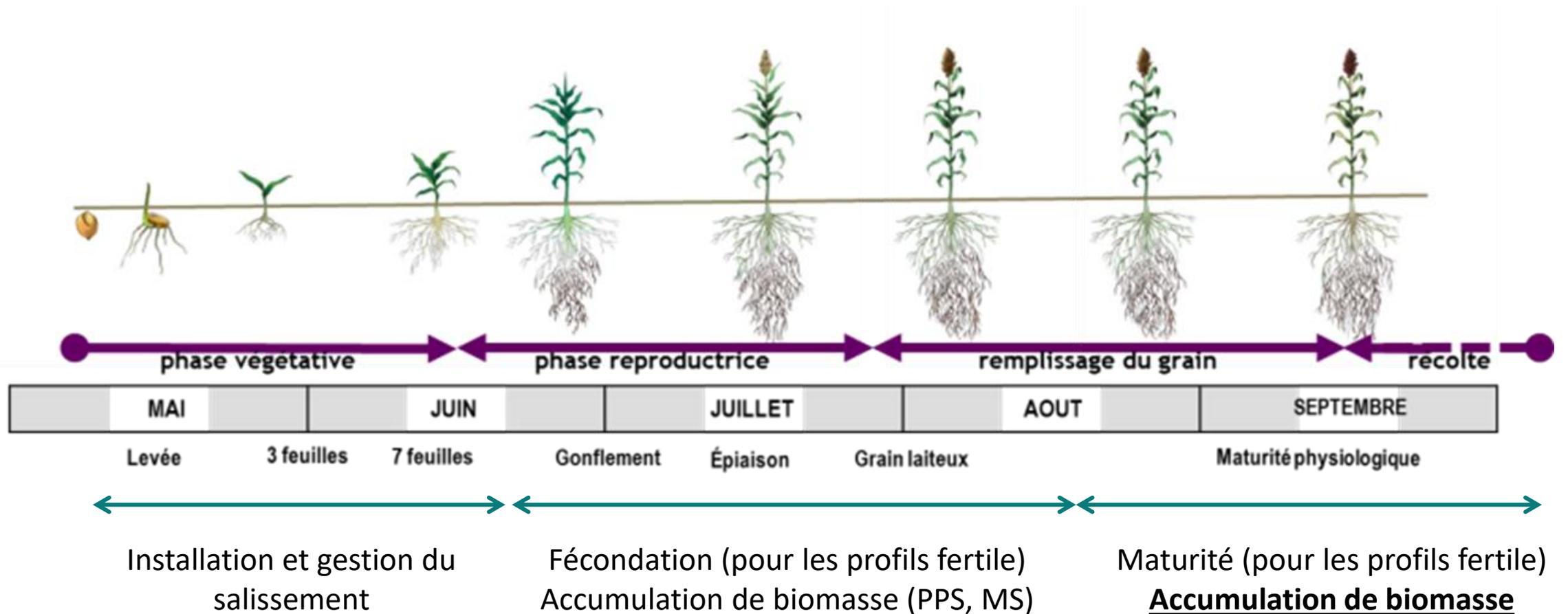
Excès de densité ⇒ accentuation du risque de verse



Médiane (2004-2023) : 10^{ème} jour consécutif à 12°C



Développement du sorgho et enjeux



Gestion du salissement

Chimique :



SORGHO

Variétés et interventions

Synthèse nationale 2023-2024

Herbicide en prélevée :
Anti-graminée et Antidicot.

Herbicide à partir de 3 feuilles
(max 4 F.) :
Anti-graminée et Antidicot.

Herbicide à partir de 3 feuilles :
Antidicot.



Levées échelonnées



Mécanique :

Passage de **herse étrille post-semis**
« à l'aveugle »

Désherbage mécanique : Houe,
bineuse, herse étrille



Fertilisation

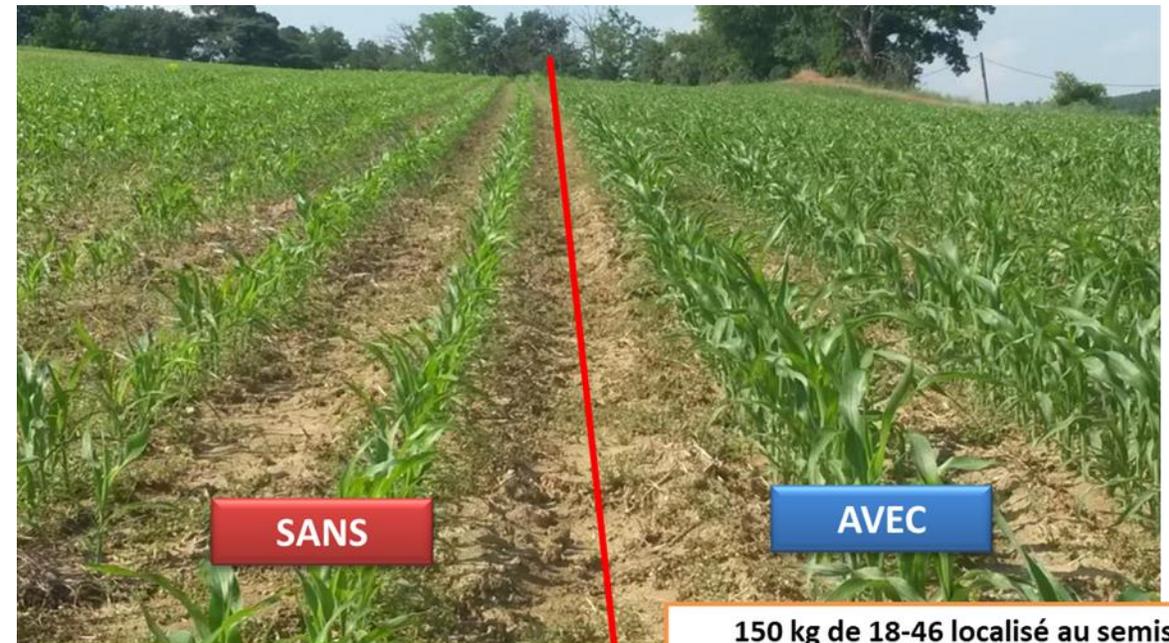
- Culture moyennement exigeante en P et peu exigeante en K.

Besoins unitaires en N

Potentiel de production	Besoin unitaire
< 10 T MS/ha	16 kg N /T MS
10 - 15 T MS/ha	14 kg N /T MS
> 15 T MS/ha	12,5 kg N /T MS

Exportations en PK

	Sorgho fourrage
	t MS/ha
P2O5	4
K2O	10



SANS

AVEC

150 kg de 18-46 localisé au semis

P : 0

P : 69 U

N : 84 U

N : 84 U

Valorise bien les apports d'effluents

Apport de minéral au semis si reliquat < 60 uN/ha



Réseau d'essais de 2021 à 2023

2021

2022

2023

Ferme expérimentale des Bouviers

Ferme expérimentale de St.-Hilaire en W.

Station expérimentale de Ploërmel

Ferme expérimentale de la Jaillière

INRAE Nouzilly

Ferme expérimentale de la Jaillière

Ferme expérimentale des Bordes

Ferme Expérimentale du Mourier

6 essais

3 essais

2 essais

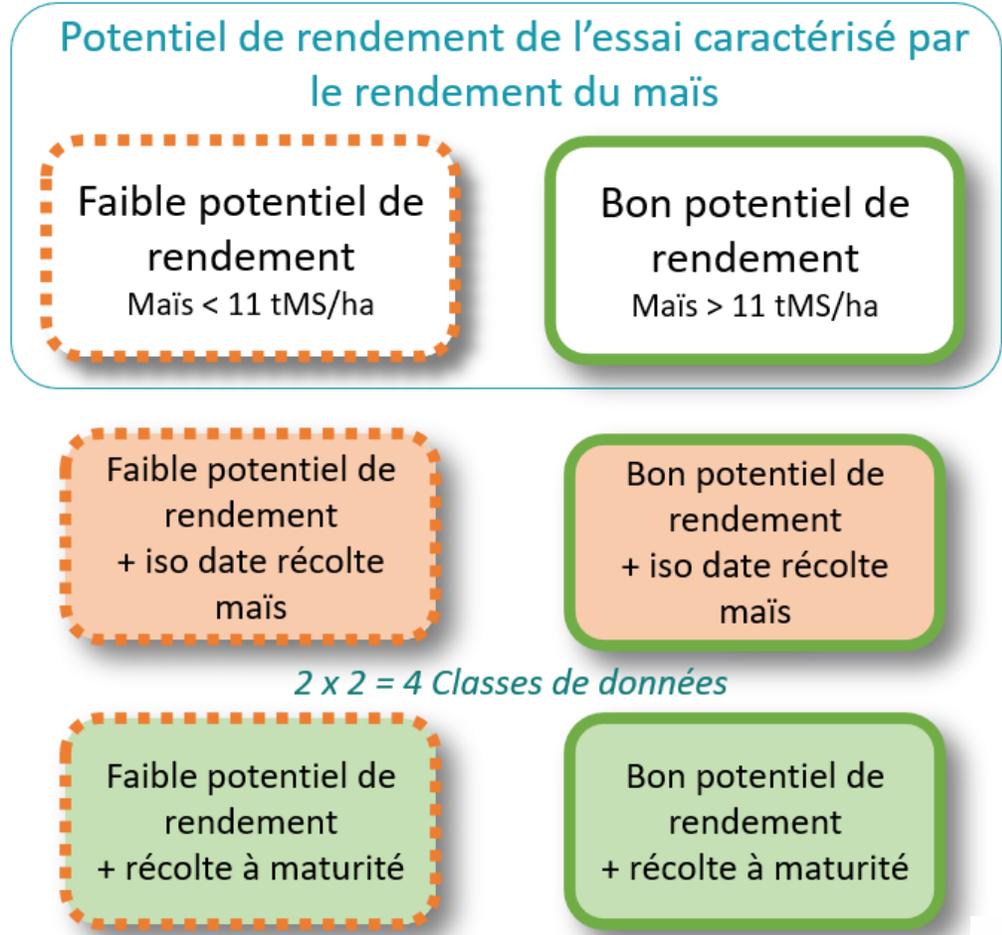
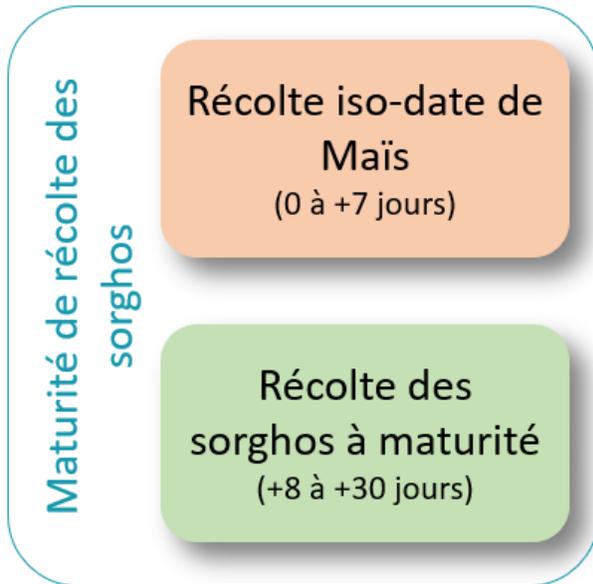
★ 7 Essais Cultures Fourragères d'été

★ 5 Essais Sorghos monocoupe

Semis des essais 2^{ème} quinzaine de mai

Caractérisation des données

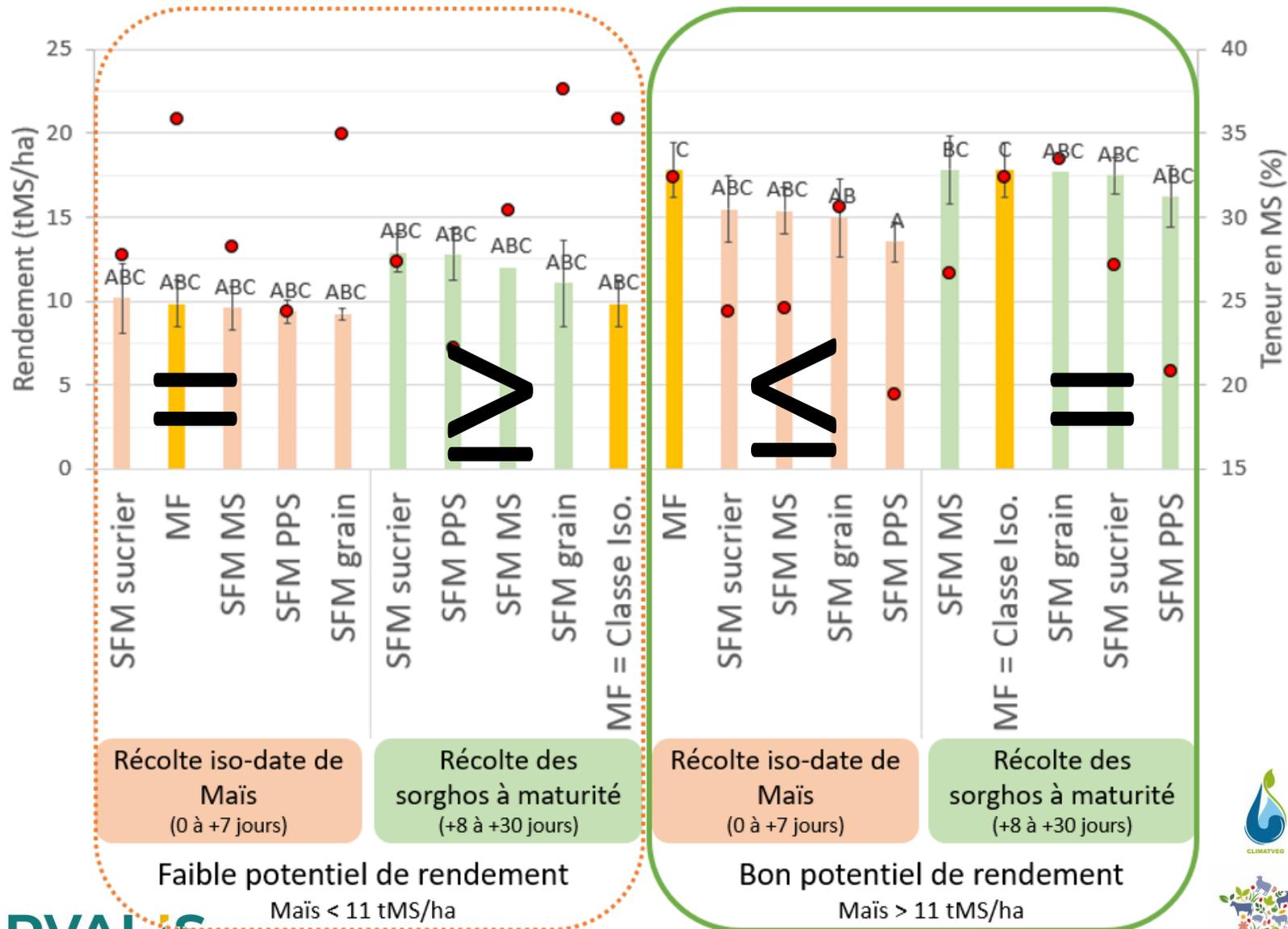
Données qualifiées selon 2 critères



Données à expliquer ~ Espèces * Classe de la donnée + (Essai/Bloc)



Résultats de rendement



- ☐ Intérêt des sorghos si l'on peut les laisser allonger leur cycle en septembre
- ☐ Sucrier et MS ≥ PPS ≥ Grain

- 600 kg MS/semaine de retard au semis pour un maïs



Sur les 20 ans passés : probabilité d'avoir une année favorable aux sorghos ?

- Année favorable =
 - Maïs < 11tMS/ha
 - + au moins 14 jours entre rec. maïs et 30/09 avec 40 mm de précipitations
- Année Défavorable =
 - Maïs > 11 tMS/ha
 - + Pas de temps (14jours) et/ou de pluies (40mm) post-recolte maïs
- Stations météo x 20 années --> Modélisation d'un maïs
 - Précocité variétale et dates de semis adaptées à chaque station



Pour chaque année/station --> 1 rendement Maïs, une date de récolte, conditions de fin cycle sorgho

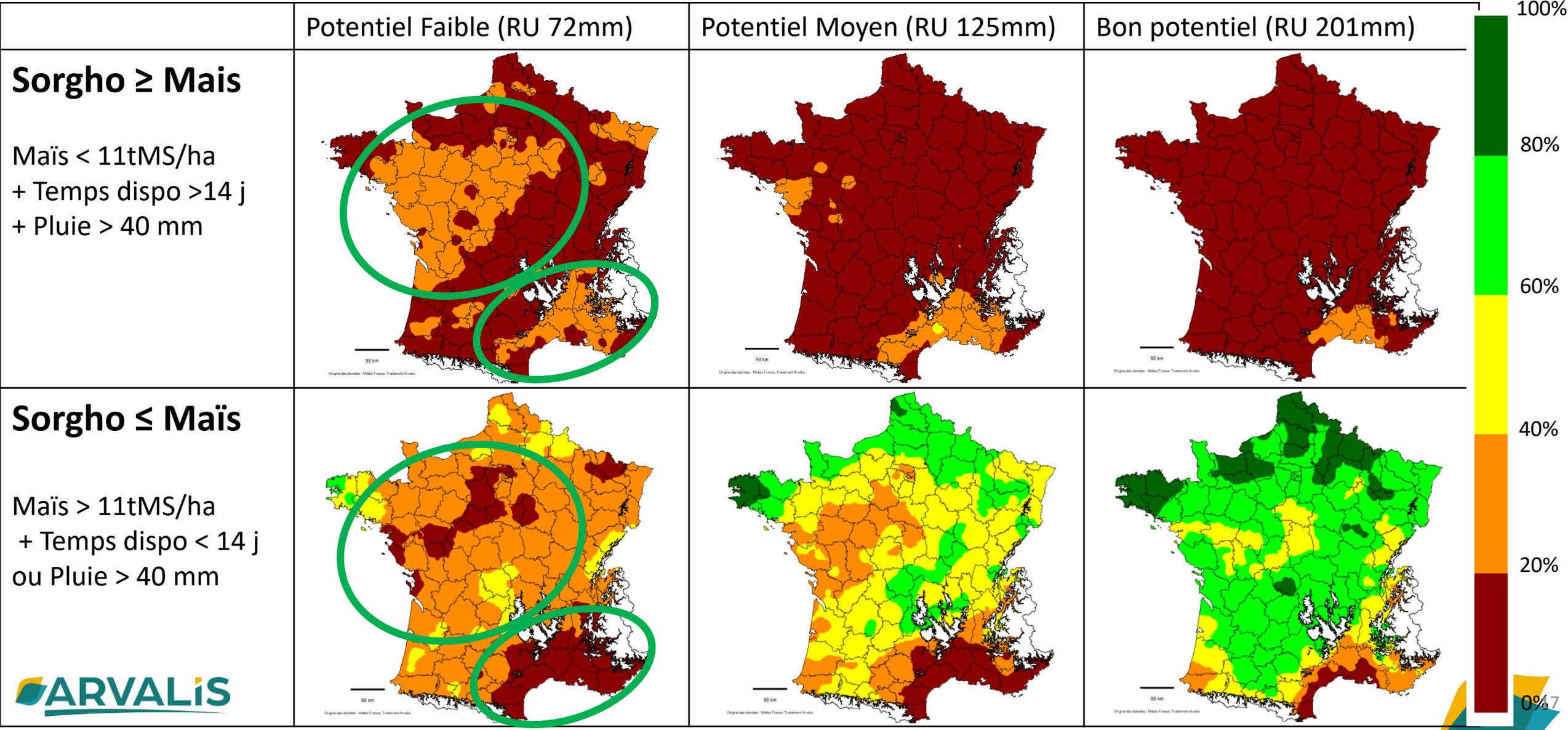
Qualification de l'année : Favorable, neutre, défavorable



**→ Sur chaque station : % d'années favorables,
% d'années défavorables, % d'années neutres**



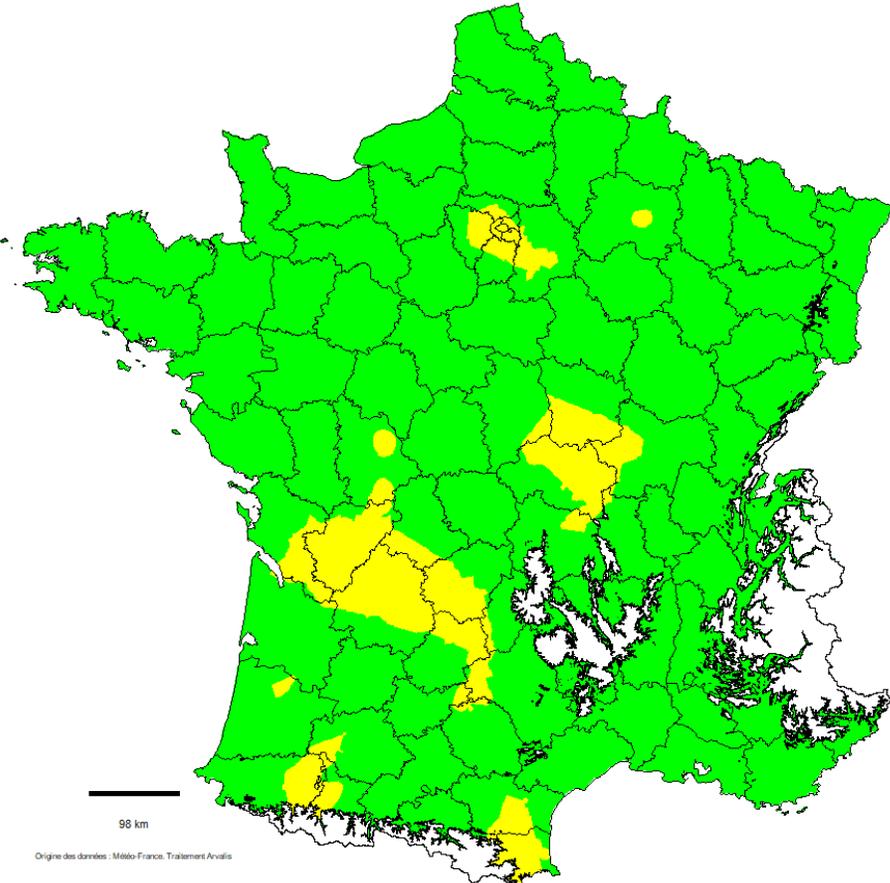
Sur les 20 ans passés : probabilité d'avoir une année favorable aux sorghos ?



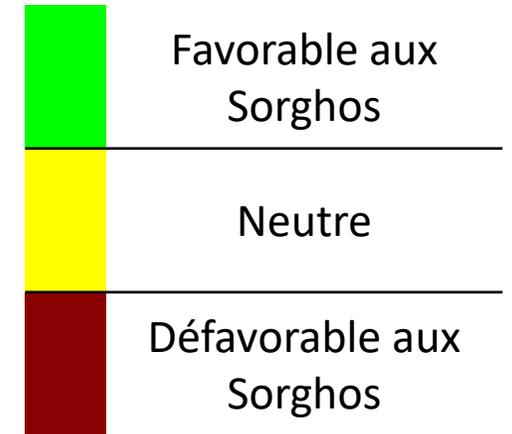
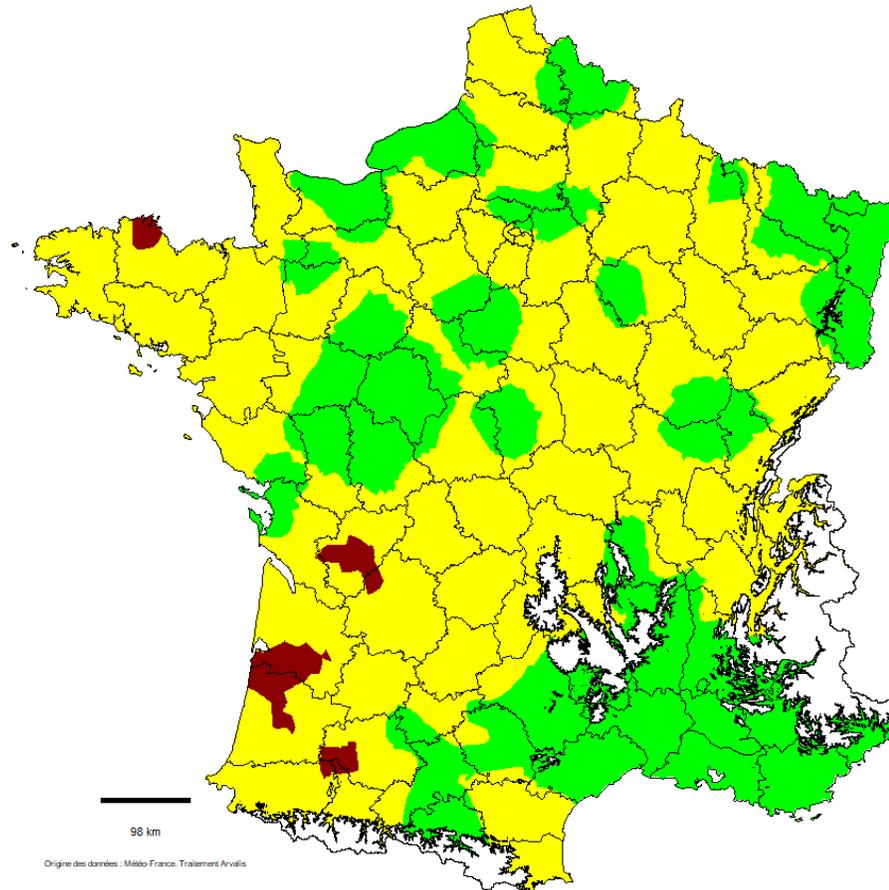
Probabilité d'avoir une année favorable aux sorghos ?

- Simulation sur 2022 :

Potentiel Faible (72 mm)

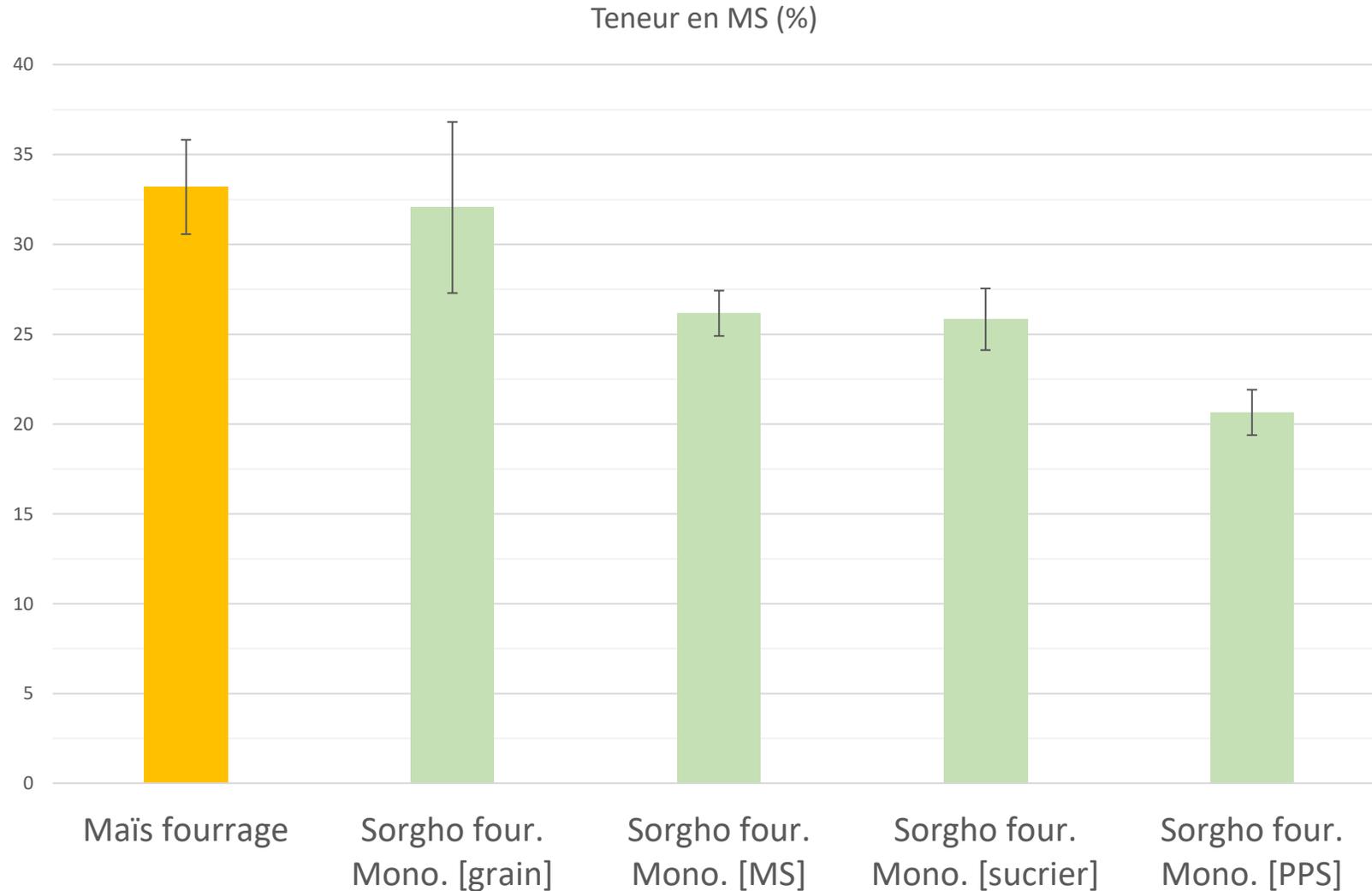


Bon potentiel (201 mm)



Fréquence d'année sèche avec arrièr-saison favorable ?

Teneur en MS à la récolte



☐ Récolte à maturité = 15 à 30 jours de croissance supplémentaire → Peu d'effet sur la MS

SFM Grain : 27 à 37 % MS

SFM Sucrier : 25 à 27 % MS

SFM MS : 24 à 27 % MS

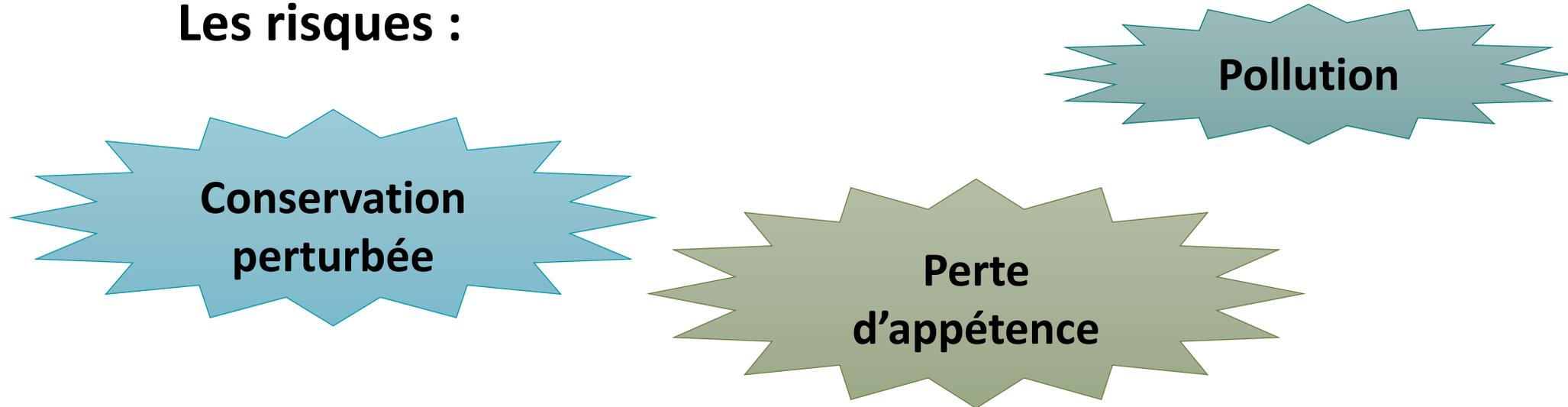
SFM PPS : 19 à 22 % MS



A la récolte, éviter les pertes de jus !

- Jus = perte de sucres et de protéines

Les risques :



- Quelles « solutions » ?

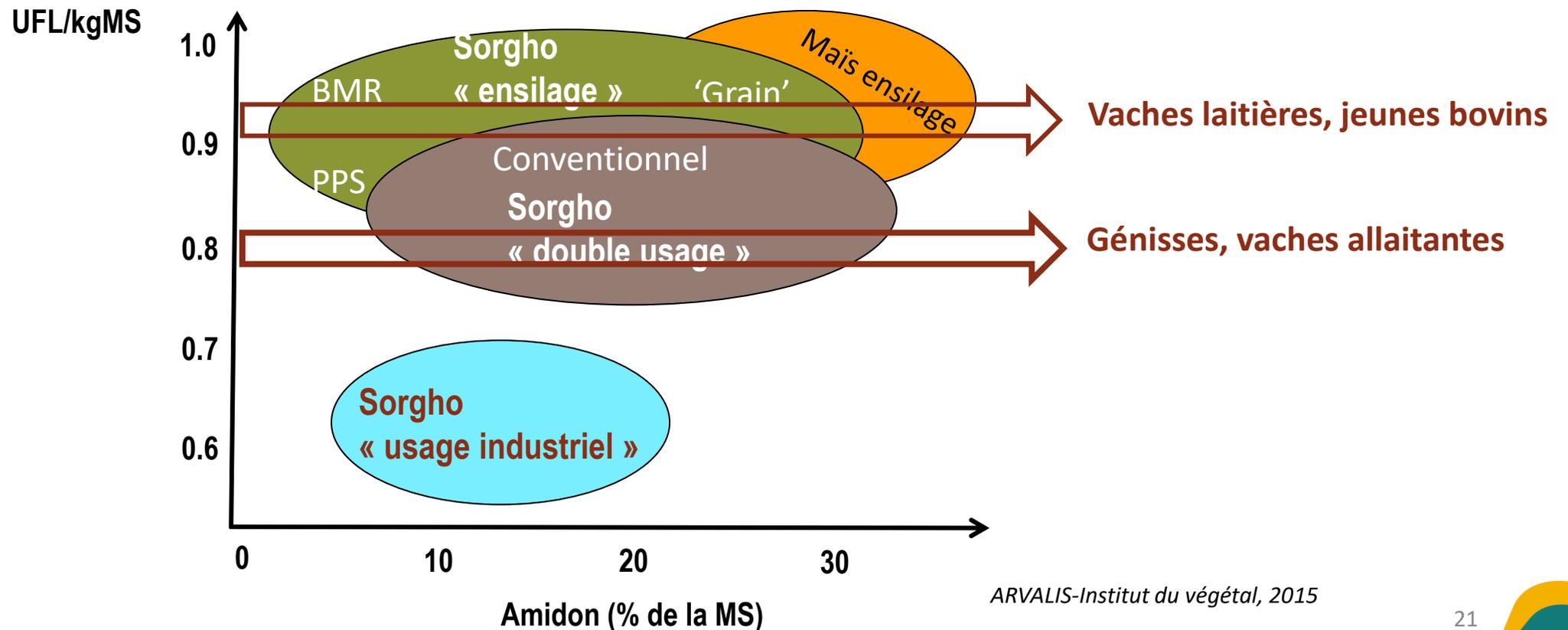
→ A la récolte : drainer, absorber

→ A l'utilisation : ration adaptée



La classification CTPS : la clé de tri de la valeur UFL

- Positionnement des types variétaux de sorghos selon leur valeur énergétique et leur taux d'amidon



Quel sorgho pour quels animaux ?

Génotype =>	GRAIN	GRAIN BMR	Sucrier	Sucrier BMR	Sucrier BMR-MS	Sucrier BMR-PPS
<i>Nombre d'échantillons*</i>	207	57	688	1341	462	874
Teneur en MS (%)	35.7	31.6	29.8	28.3	25.6	22.7
NDF_{vert} (% /MS)	47.2	45.5	54.4	55.4	55.1	60.4
Amidon_{vert} (% /MS)	30.7	29.1	10.3	6.9	4.7	2.6
Sucres solubles_{vert} (% /MS)	7.1	9.1	16.9	19.6	20.7	19.0
MAT_{vert} (% /MS)	7.3	8.4	7.6	8.3	8.1	8.0

■ Adapté en substitution du MF / ■ Limiter l'incorporation dans la ration / ■ Non adapté

*n total= 3629. Echantillons récoltés entre 2008 et 2018 en France.

**Valeur énergétique du fourrage vert calculée à partir de l'équation ARVALIS (Férard et al., 2014).

***Valeur énergétique du fourrage fermenté calculée à partir du système INRA 2007 (Aufrère et al., 2013).



Quel sorgho pour quels animaux ?

Génotype =>	GRAIN	GRAIN BMR	Sucrier	Sucrier BMR	Sucrier BMR-MS	Sucrier BMR-PPS
Nombre d'échantillons*	207	57	688	1341	462	874
Teneur en MS (%)	35.7	31.6	29.8	28.3	25.6	22.7
NDF _{vert} (% /MS)	47.2	45.5	54.4	55.4	55.1	60.4
Amidon _{vert} (% /MS)	30.7	29.1	10.3	6.9	4.7	2.6
Sucres solubles _{vert} (% /MS)	7.1	9.1	16.9	19.6	20.7	19.0
MAT _{vert} (% /MS)	7.3	8.4	7.6	8.3	8.1	8.0
UFL _{vert} (/kg MS) **	0.85	0.99	0.83	0.95	0.96	0.90
UFL _{fermenté} (/kg MS) ***	0.78	0.86	0.71	0.77	0.77	0.73
Classification CTPS	« E » « DU »					

■ Adapté en substitution du MF / ■ Limiter l'incorporation dans la ration / ■ Non adapté

*n total= 3629. Echantillons récoltés entre 2008 et 2018 en France.

**Valeur énergétique du fourrage vert calculée à partir de l'équation ARVALIS (Férard et al., 2014).

***Valeur énergétique du fourrage fermenté calculée à partir du système INRA 2007 (Aufrère et al., 2013).

Quel sorgho pour quels animaux ?

Génotype =>	GRAIN	GRAIN BMR	Sucrier	Sucrier BMR	Sucrier BMR-MS	Sucrier BMR-PPS
Nombre d'échantillons*	207	57	688	1341	462	874
Teneur en MS (%)	35.7	31.6	29.8	28.3	25.6	22.7
NDF _{vert} (% /MS)	47.2	45.5	54.4	55.4	55.1	60.4
Amidon _{vert} (% /MS)	30.7	29.1	10.3	6.9	4.7	2.6
Sucres solubles _{vert} (% /MS)	7.1	9.1	16.9	19.6	20.7	19.0
MAT _{vert} (% /MS)	7.3	8.4	7.6	8.3	8.1	8.0
UFL _{vert} (/kg MS) **	0.85	0.99	0.83	0.95	0.96	0.90
UFL _{fermenté} (/kg MS) ***	0.78	0.86	0.71	0.77	0.77	0.73
Classification CTPS	« E » « DU »	←————→		←————→		
Vaches laitières (35 kg lait/j)	■	■ /!\ % amidon	■	■	■	■
Vaches laitières (25 kg lait/j)	■	■ /!\ % amidon	■	■	■	■
Génisses	■	■ /!\ % amidon	■	■	■	■
Jeunes bovins	■	■	■	■	■	■

■ Adapté en substitution du MF / ■ Limiter l'incorporation dans la ration / ■ Non adapté

*n total= 3629. Echantillons récoltés entre 2008 et 2018 en France.

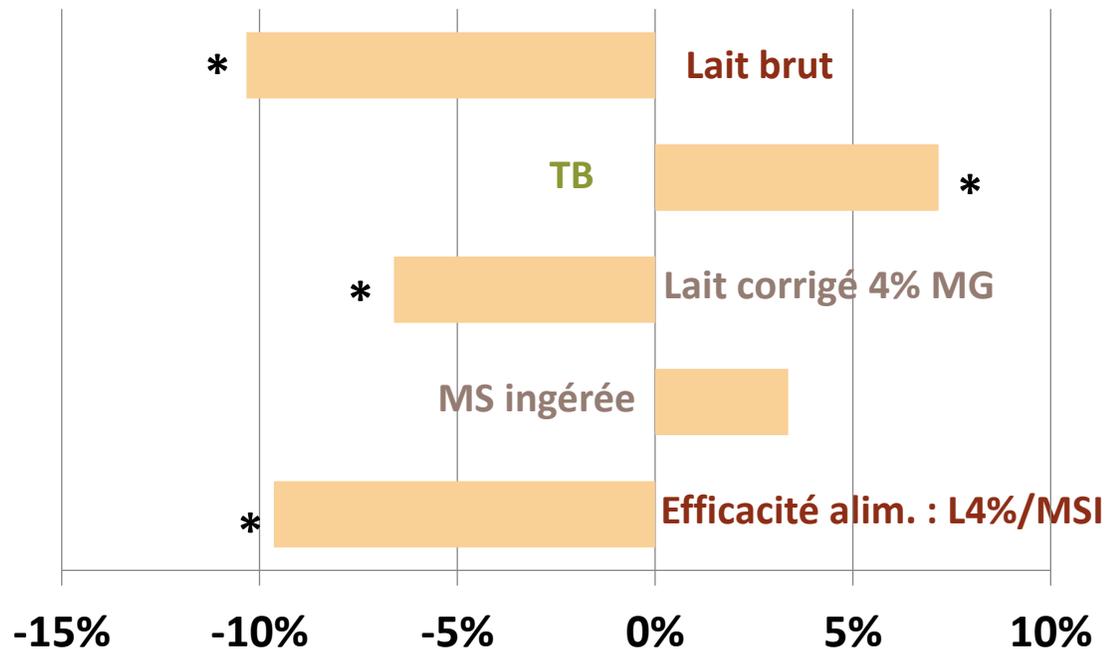
**Valeur énergétique du fourrage vert calculée à partir de l'équation ARVALIS (Férard et al., 2014).

***Valeur énergétique du fourrage fermenté calculée à partir du système INRA 2007 (Aufrère et al., 2013).

Associer sorgho « double usage » et maïs fourrage pour les vaches laitières

- Remplacement de 50% du maïs ensilage par du sorgho ensilage classé « Double usage » (0.81 UFL, 30% MS, 13% amidon)

Comparaison en % du témoin = ration maïs ensilage



Sorgho « Double usage »

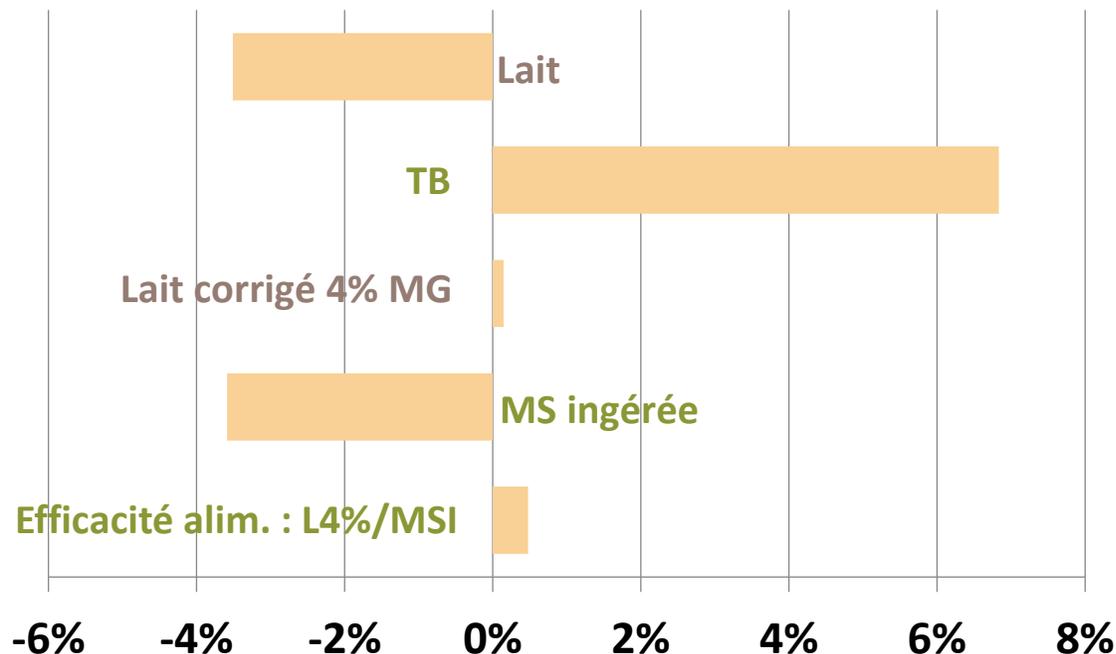
- Réduction % amidon ration et augmentation du TB
- Lait corrigé et efficacité alimentaire significativement pénalisés

Brunschwig P. et Lamy J.M. 2008

Associer sorgho « ensilage » et maïs fourrage pour les vaches laitières

- Remplacement de 50% du maïs ensilage par du sorgho ensilage BMR classé « Ensilage » (0.92 UFL, 26% MS, 6% amidon)

Comparaison en % du témoin = ration maïs ensilage



Sorgho « Ensilage »

- Augmentation du TB
- Réduction % amidon ration
→ Meilleure valorisation de la ration et amélioration de l'efficacité alimentaire

Synthèse de 4 essais : Aydin et al. (1999), Rouillé et al. (2010, 2 essais), Rouillé et al. (2013)

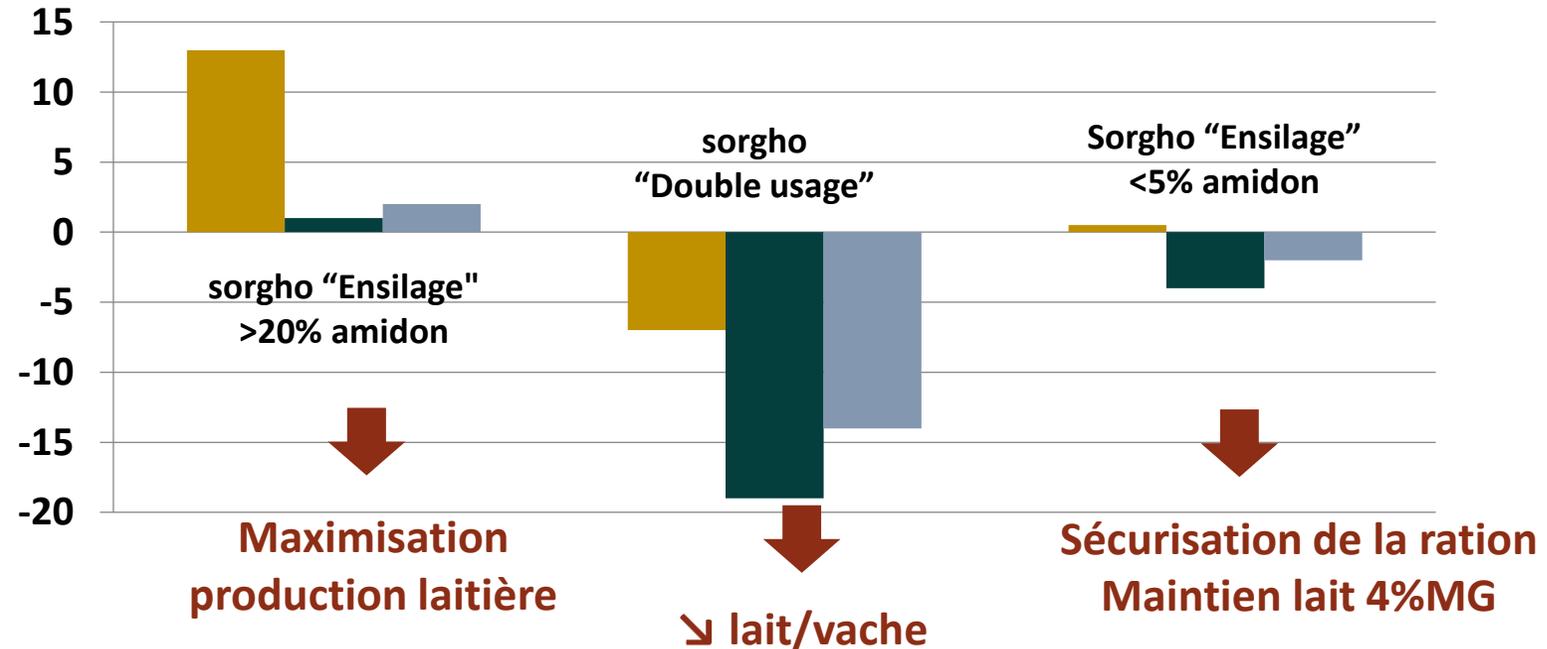
Sorgho fourrager monocoupe en plat unique pour les vaches laitières

Variation en % par rapport à une ration 100% maïs ensilage

■ Ingestion MS

■ Lait brut

■ Lait 4% MG



Synthèse de 4 essais : Aydin et al. (1999), Emile et al. (2005), Emile et al. (2006), Grant et al. (1995), Olliver et al. (2014, 3 essais), Rouillé et al. (2013)

Associer maïs fourrage et sorgho pour les jeunes bovins

- Sorgho sucrier BMR cultivé en 2010, en association avec un maïs demi tardif (4/4 rangs).
- Rendement des parcelles concernées : 7,9 tonnes de MS/ha à 28,9% de MS.
 - Sorgho BMR » : 43 % du silo (27% de MS)
 - Maïs : 57% du silo (31,5 % de MS)
- Testé avec succès sur un essai d'engraissement de taurillons :

	3 kg orge + 1,7 kg tourteau colza		
	Témoin ens. Maïs	50% ens. Maïs + 50% ens. sorgho grain	ens. (Maïs + Sorgho sucrier BMR)
Consommation (kgMS/j)	10,0	+ 0,30	- 0,15
GMQ vif (g/j)	1610	+ 10	+ 30
IC carc. (kgMS/kgGPcarc.)	10,3	=	- 0,6

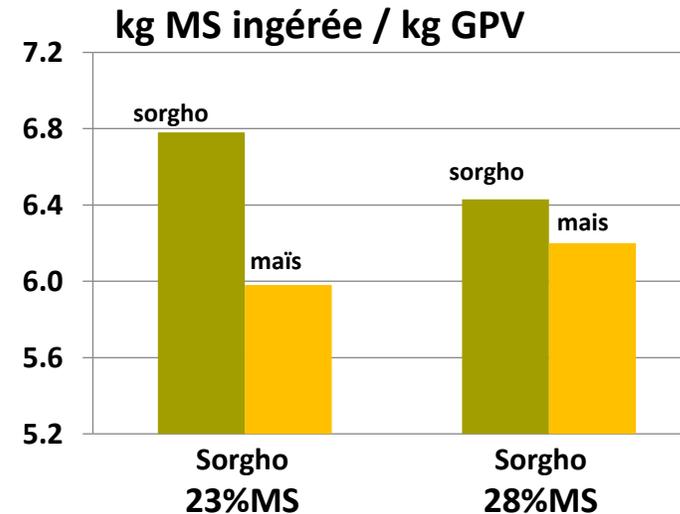
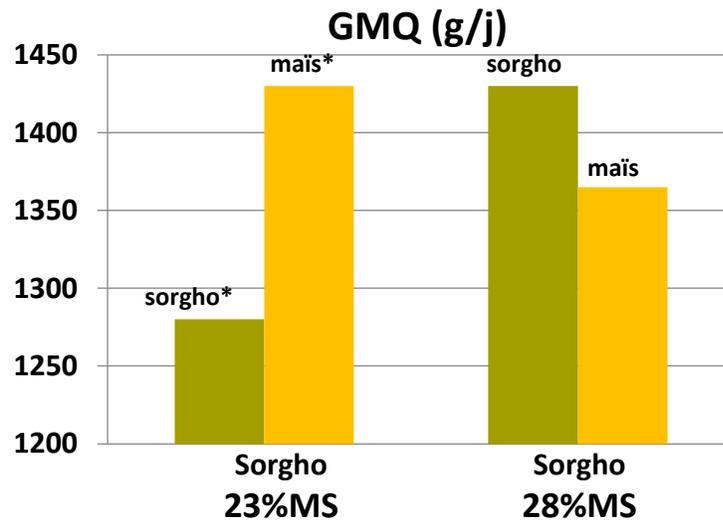
Férard et al., 2014



Sorgho sucrier BMR en substitution du maïs fourrage pour les jeunes bovins

Essai jeunes bovins limousins (abattage 420-430 kg carc.)

Ration: [100% sorgho ensilage sucrier BMR (2% amidon) vs 100% maïs ensilage] + Concentrés



- Si teneur en MS > 25% → haute ingestibilité du sorgho BMR et GMQ similaire au régime maïs
- Efficacité alimentaire réduite avec les régimes sorgho

Guillaume et al., 2014

En résumé

Avant implantation

- Une zone de culture qui remonte un peu au-dessus de la Loire → Tend à s'étendre
- Attention au choix variétal : valeur et profil en énergie très variable selon les variétés

Au champ

- L'installation → Etape Critique
- Semis tardif → Valorisation de dérobées, étalement du travail
- Récoltes tardives → semis d'automne

A l'auge

- Bonne valorisation dans les rations en incorporation partielle, surtout si récolté à « maturité »