

La conservation des fourrages: Résultats des suivis en ferme 2021-2023

Lina Delforge – 17/11/2023

FOURRAGES - MIEUX

En collaboration avec:



Avec le soutien de:





Les enrubannées

Qualité de conservation et consommation de plastique



Les ensilages

Qualité de conservation des ensilages



Le foin (humide)

Alternative à l'enrubannage ??

Utilisation de plastique

LE PLASTIQUE UNE MATIÈRE UTILE* ...

- Flexibilité lors de la récolte et de l'utilisation
- Indépendance vis-à-vis des entrepreneurs agricoles
- Stockage à l'extérieur
- Fourrages riches en énergie et protéines
- Bonne qualité de conservation



**Arguments en faveur de l'enrubannage- enquête auprès d'une centaine d'éleveurs*

Utilisation de plastique

MAIS PROBLÉMATIQUE...

- Production importante de déchets (+ recyclage compliqué)
- Technique toujours plus coûteuse

Part d'enrubannage dans les fourrages conservés	75-100%	50-75%	0-50%
Kg de film étirable/tête de bétail	4,3	3,6	1,6
Kg de film étirable/ ha fauché	12,6	7,5	3,9

56% des éleveurs interrogés réalisent moins de 50% de leurs fourrages en enrubanné
39% des éleveurs interrogés réalisent plus de 75% de leurs récoltes en balles enrubannées

5% des éleveurs interrogés réalisent entre 50 et 75% d'enrubannage

Plastique enrubannage: consommation

	Nombre de balles/rouleau	Quantité de plastique/balle (kg)	Quantité de plastique/t MS (kg)	Prix /rouleau (€) 2023- (HTVA-21%)	Prix/balle
Minimum	13	0,9	1,9	78	6€
Moyenne	22	1,2	3,8		3,5€
Maximum	29	1,5	6,9		2,7€

Source: Ferauche et Gillet (2023)

Un essai bonnes pratiques enrubannage ?

	Nbre de balles/rouleau	Poids de plastique/balle (kg)	Poids de plastique/t MS (kg)	Prix/balle
Minimum	13	0,9	1,9	6€
Moyenne	22	1,2	3,8	3,5€
Maximum	29	1,5	6,9	2,7€

- Plusieurs petits essais prévus en collaboration avec le cra-w à Libramont
 - couleur, nombre de couches, épaisseur...

Mesures des pertes dans des boules enrubannées

MS moyenne = 61%

Pertes moyennes*

Pertes en kg de MS

5%

Pertes en énergie
(VEM)

8%

Utilisation des
sucres

27%



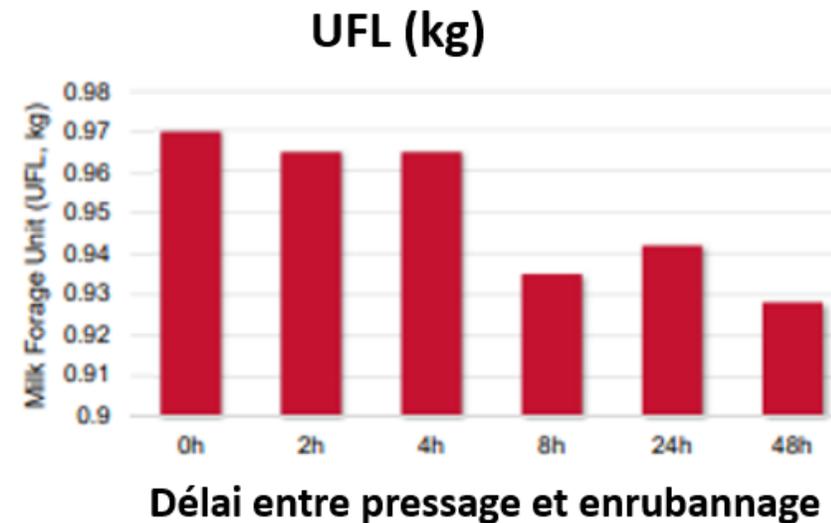
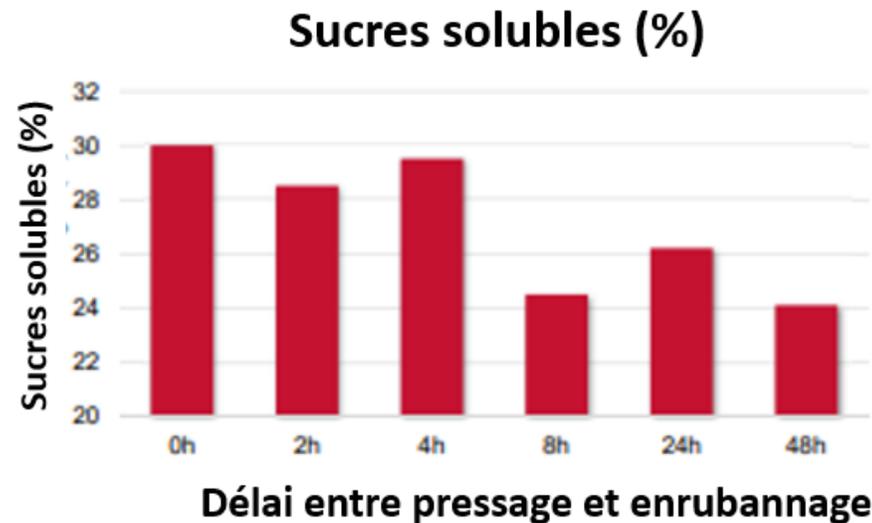
Essai balles enrubannées

- Couleur (Blanc-Vert-Noir)
- Épaisseur du film (25 μ m vs 21 μ m)
- Délai pressage-enrubannage (2h vs 8h)



Résultats: délai entre pressage et enrubannage

	MS moyenne (%)	Pertes moyennes en kg de MS	Pertes moyennes en sucres	Pertes moyennes en VEM
- de 2h	71%	2%	8%	3%
+ de 8h	69%	6%	29%	8%



Source: (AGCO, 2021)

Délai enrubannage +24h: conséquences



T° affichée: 44,4°C

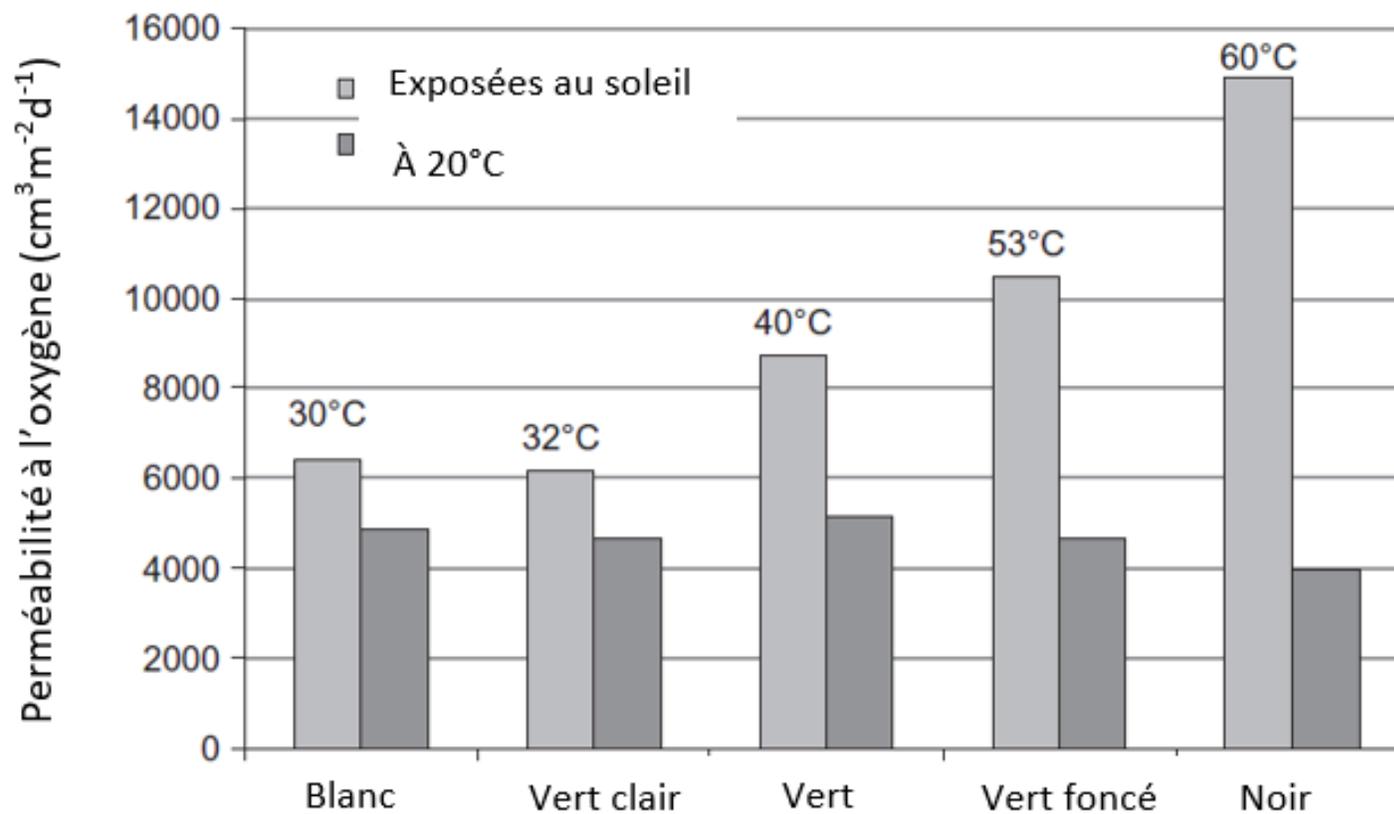
Sucres + Oxygène → CO₂ + eau + chaleur

Dès 40°C: réaction de Maillard → Diminution digestibilité des protéines

Résultats: couleur du plastique

	MS moyenne (%)	Pertes moyennes en kg de MS	Pertes moyennes en sucres	Pertes moyennes en VEM
Blanc	71%	5%	21%	6%
Noir	70%	5%	19%	6%
Vert	69%	3%	16%	5%

Résultats: couleur du plastique



Plastique de différentes épaisseurs

Balles enrubannées de la même façon et pas de différences importantes au niveau des pertes

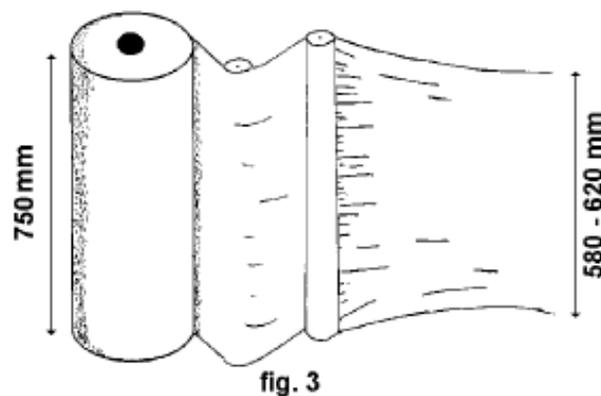
Type de plastique	Dimensions	Prix/rouleau (HTVA-21%)	Prix/1000m
Vert haut de gamme	0,75m*1500m*25µm	78€	52€
Vert gamme économique	0,75m*1650m*22µm	78€	47,3€
Vert gamme technique avec matières recyclées	0,75m * 1800m* 23 µm	90€	50€

Résultats: épaisseur du plastique

	MS moyenne (%)	Pertes moyennes en kg de MS	Pertes moyennes en sucres	Pertes moyennes en VEM
21µm	73%	1%	6%	1%
25µm	67%	2%	2%	2%

Le pré-étirage du plastique

Longueur bobine (m)	Etirage (cm)	Longueur utile (cm)	Nombre de boule	Tarif bobine (€)	Coût à la boule (€)	Coût supplémentaire (%)
1500	70	2550	22	95	4,32	
1500	55	2325	20	95	4,75	+10%



Source: Berry

Nombre de couche de plastique

Diamètre balle (cm)	Nombre de tours
120	24
130	26
140	28
150	30



Pour un fourrage jeune et riche en graminées dont la durée de conservation sera inférieure à 6 mois :

= 4 COUCHES

Fourrage riche en graminées, conservation >6 mois
Luzernes conservation <6 mois

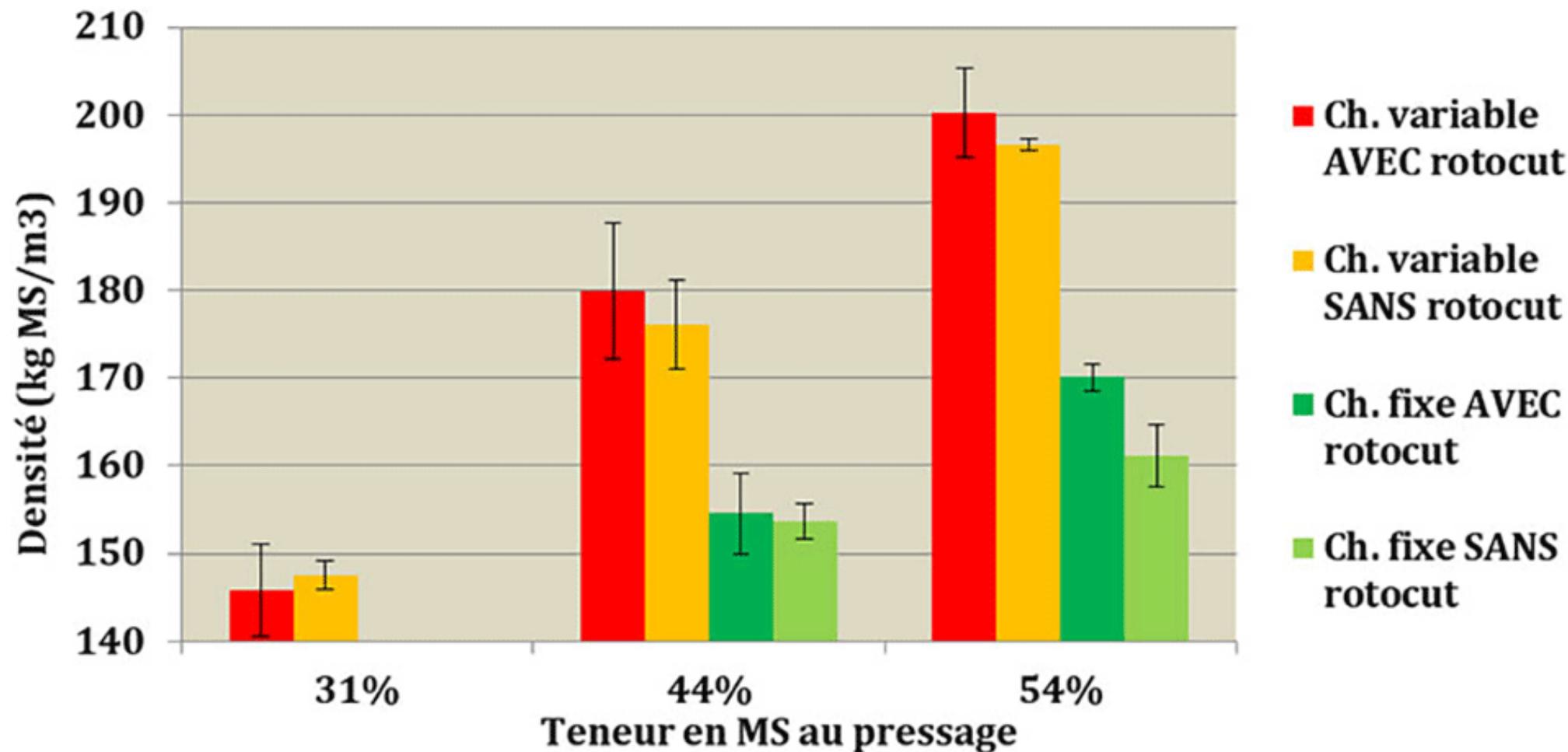
= 6 COUCHES

Luzernes à longue durée de conservation

= 8 COUCHES

Si les boules doivent être transportées après enrubannage, 6 couches sont recommandées.

Une densité élevée pour une meilleure conservation



Source: Arvalis

Stockage des boules enrubannées

Point clé pour la bonne conservation → ~~Oxygène~~ (rapidement et durablement)



UN TROU DE 3 MM = 8 À 20% DE PERTE EN MS + RISQUES SANITAIRES

Utilisation de plastique pour les ensilages ?

Étude en Irlande	Minimum	Moyenne	Maximum
Kg de film étirable /t de MS	2,50	2,80	4,85
Kg de bâche de silo /t de MS	0,27	1,05	2,10

Des alternatives à (re)mettre en avant

	Ferme 1	Ferme 2
Type d'exploitation	Viandeuse	Viandeuse
Nombre d'animaux	300	280
Nombre d'ha fauchés	100	100
Récolte	Quasi 100% en boules enrubannées	25% en boules enrubannées et 75% en silo couloir
Nombre de balles enrubannées	1200	500
Bâches pour le silo	/	3 bâches 614m ² (120µm)

Ferme 2

= 770kg de plastique d'enrubannage en moins (+ plastique silo)

= +/- 2000€ économisés (+ diminution des déchets produits)



Les enrubannées

Qualité de conservation et consommation de plastique



Les ensilages

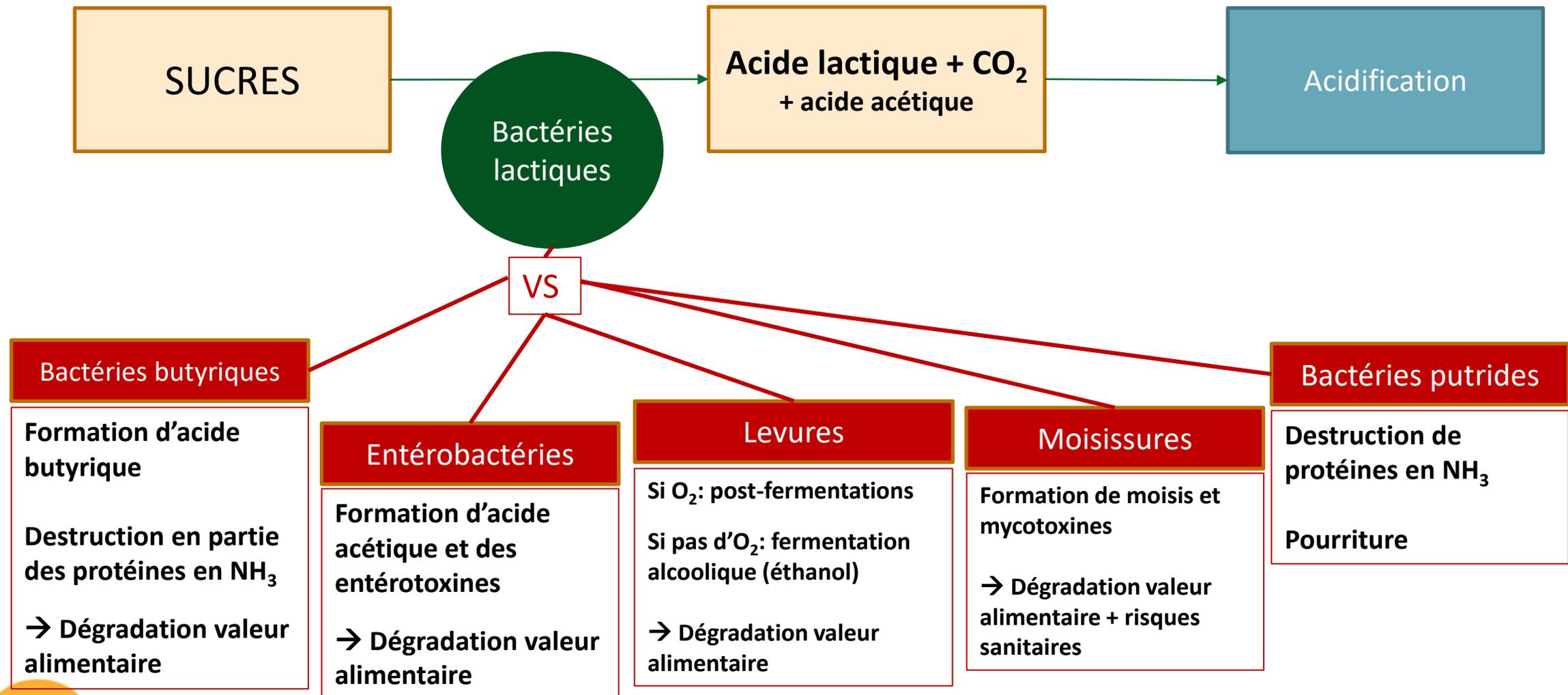
Qualité de conservation des ensilages



Le foin (humide)

Alternative à l'enrubannage ??

La conservation par voie humide: une lutte entre les bons et les mauvais microorganismes



Les « pertes » dans les ensilages ?

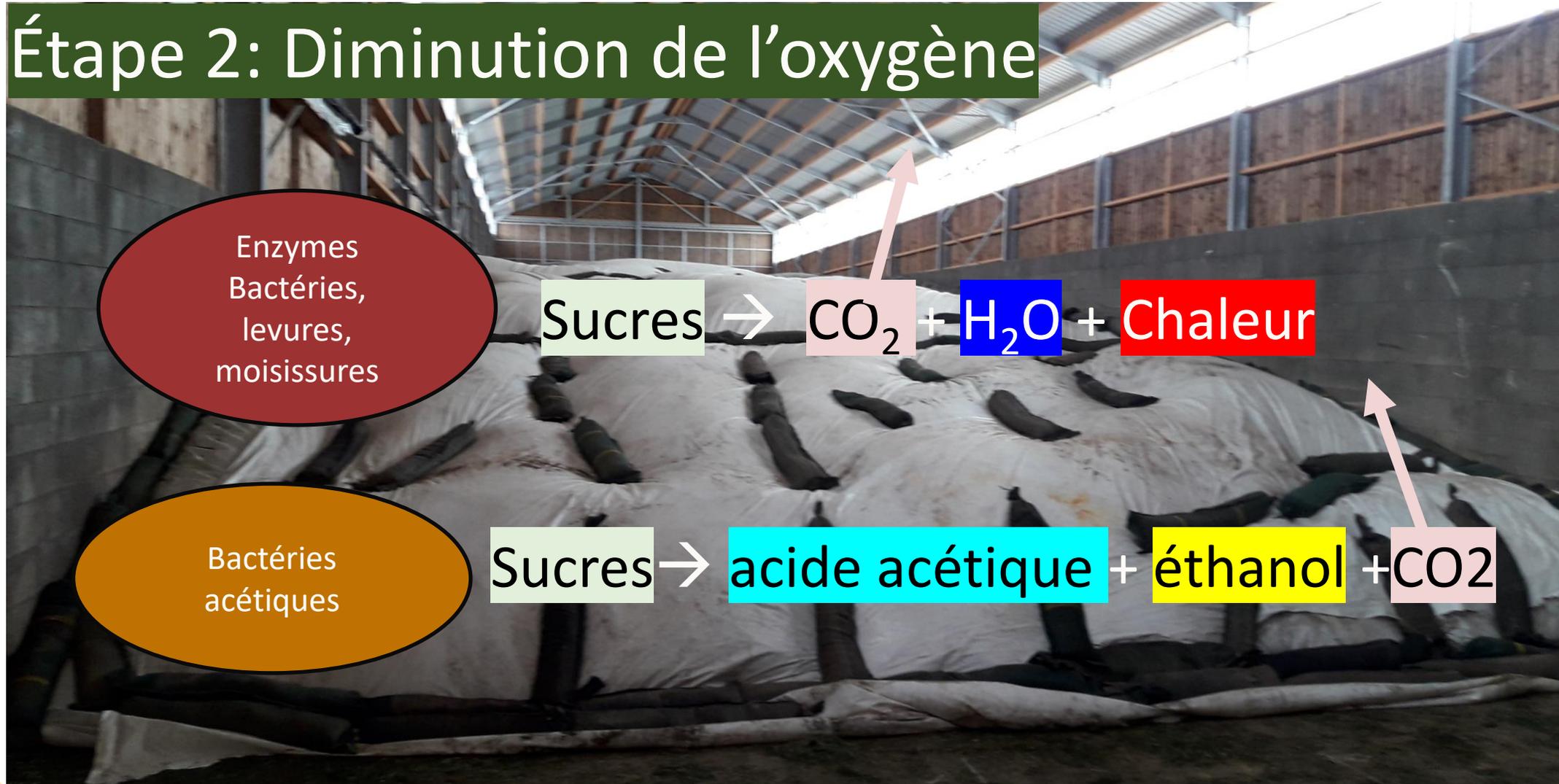
Étape 1: Présence d'oxygène

Enzymes
Bactéries,
levures,
moisissures

Sucres \rightarrow CO_2 + H_2O + Chaleur

Les « pertes » dans les ensilages ?

Étape 2: Diminution de l'oxygène



Enzymes
Bactéries,
levures,
moisissures



Bactéries
acétiques



Les « pertes » dans les ensilages ?

Étape 3: ~~oxygène~~ → acidification (rapide)

Bactéries lactiques
Homofermentaires
et
Hétérofermentaires

Sucres → acide lactique

Sucres → acide lactique + acide acétique + éthanol + CO₂

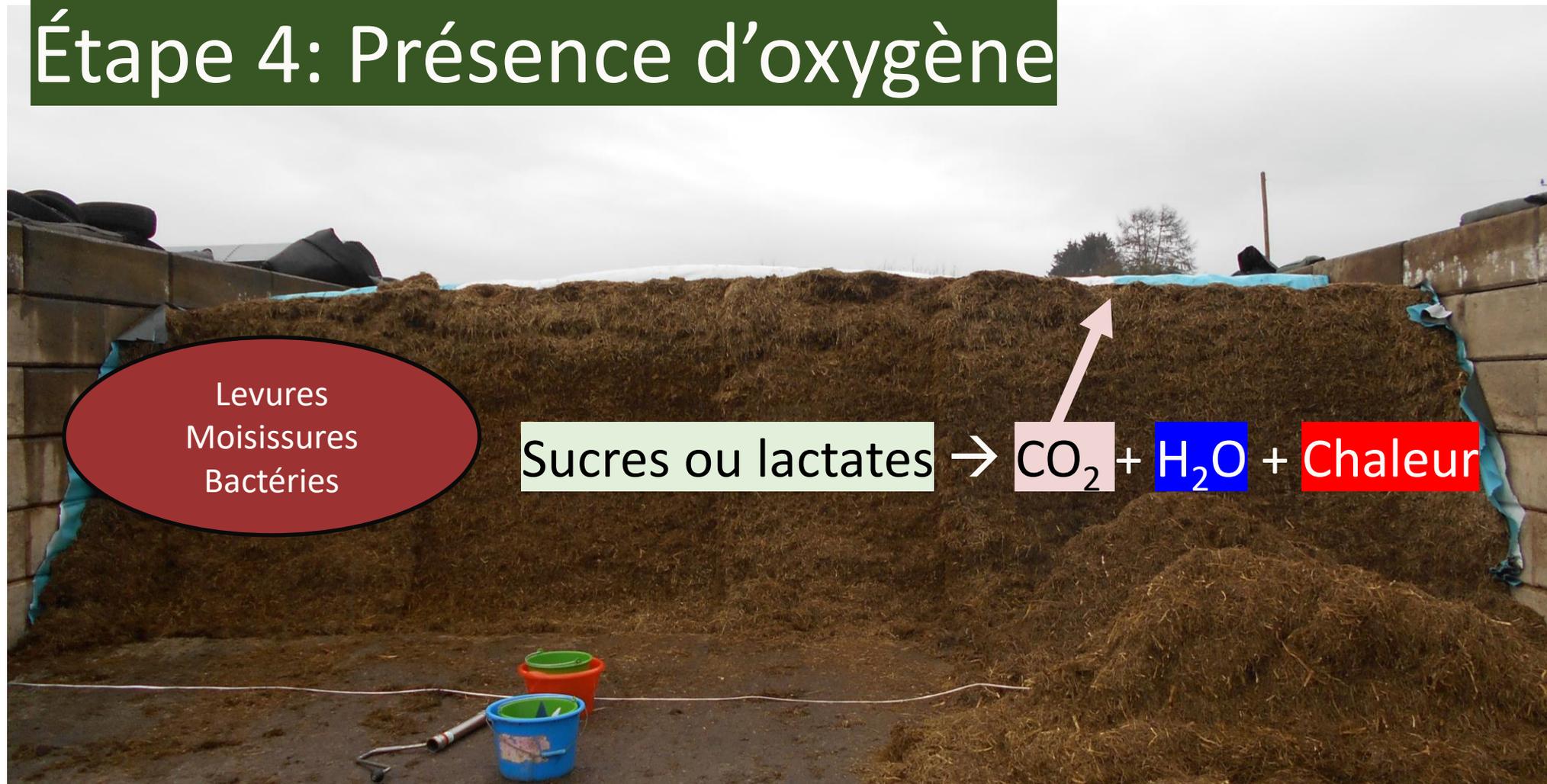
Bactéries
butyriques
!!pH!!

Lactates → acide butyrique + H₂O

Protéines → acide acétique + NH₃ + CO₂

Les « pertes » dans les ensilages ?

Étape 4: Présence d'oxygène



Quelques problèmes de conservation



Estimer la qualité de la conservation: la méthode des sacs enfouis

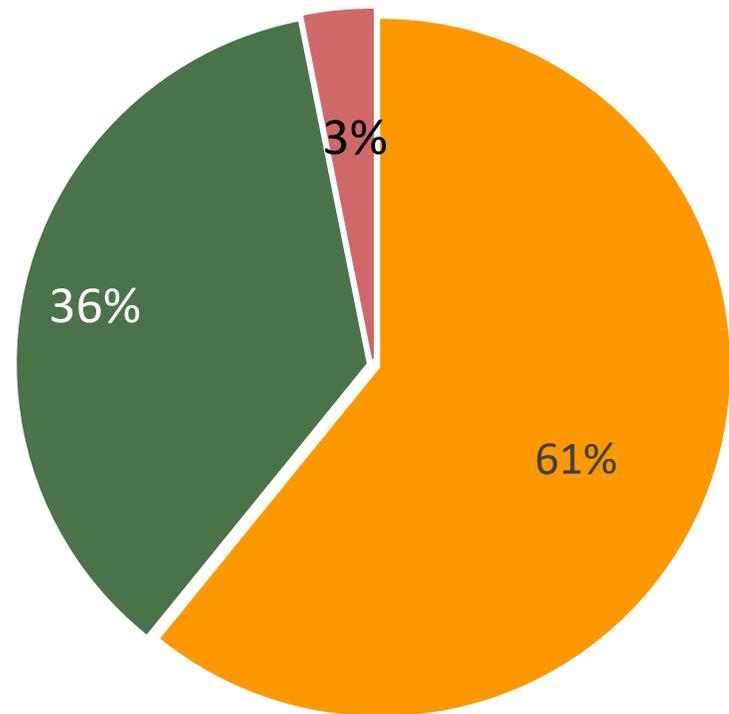


Les qualités de conservation des ensilages en fonction de la matière sèche

MS	Nombre de sacs	Pertes en kg MS	« Pertes » des sucres	Pertes en VEM	pH moyen	NNH3/Ntot moyen
25%-35%	19	11%	78%	20%	4,3	7,9
35-45%	11	6%	63%	14%	4,2	6,5
45%-55%	13	12%	46%	20%	4,8	5,4
55%-65%	12	15%	36%	21%	5,2	5,1

Proportion des acides organiques dans les ensilages en Wallonie

(pour des ensilages en silo couloir de moins de 55% de MS)



- Acide Lactique/Acides totaux
- Acide acétique/Acides totaux
- Acide butyrique/Acides totaux

En théorie:

Acide lactique/acides totaux

>75%= très bonne fermentation

>50%= bonne fermentation

Acide acétique/acides totaux

< 15% = très bonne fermentation

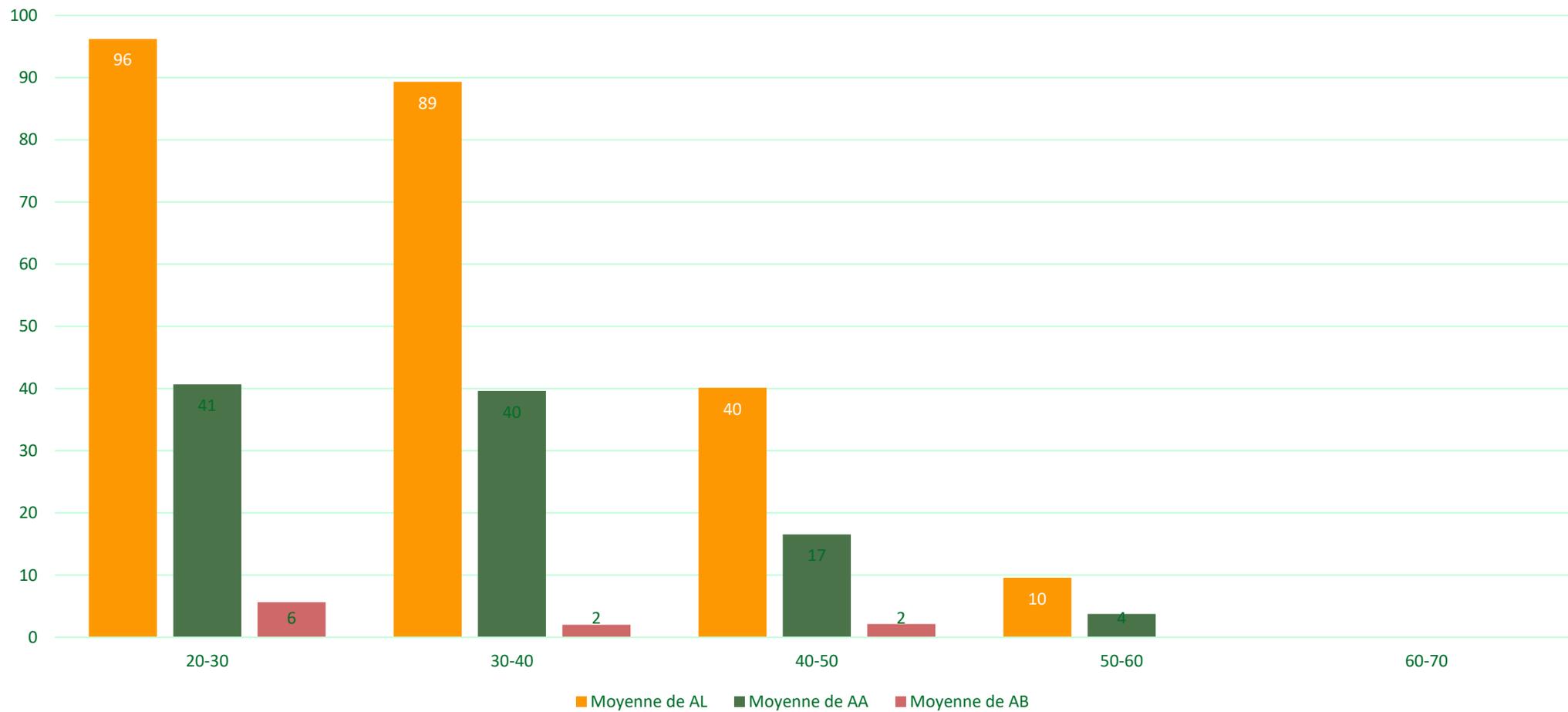
< 30% = bonne fermentation

Acide butyrique/acides totaux

<1,5%= très bonne fermentation

<5%= bonne fermentation

Source: (Fournier 2002)



Acide acétique

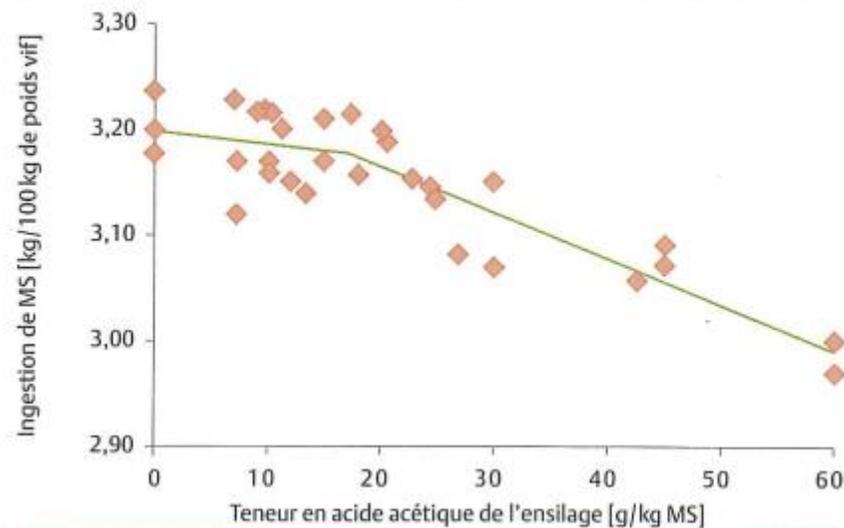
MS	Acide acétique (g/kg MS)
20%-25%	37
25%-35%	42
35-45%	40

En théorie: Il ne devrait pas dépasser 20g/kg de MS

Quantités plus élevées

→ retard de la fermentation lactique et une consommation concurrentielle des sucres au détriment des bactéries lactiques

Influence de la teneur en acide acétique de l'ensilage sur l'ingestion de matière sèche (MS) des vaches laitières



Source : Gerlach et al.

Concentration élevée en acide butyrique: exemple

MS	33%
Pertes en kg de MS	29%
NNH ₃ /N _{tot}	12
Acide butyrique (g/kg MS)	34 (18% des Acides Totaux)

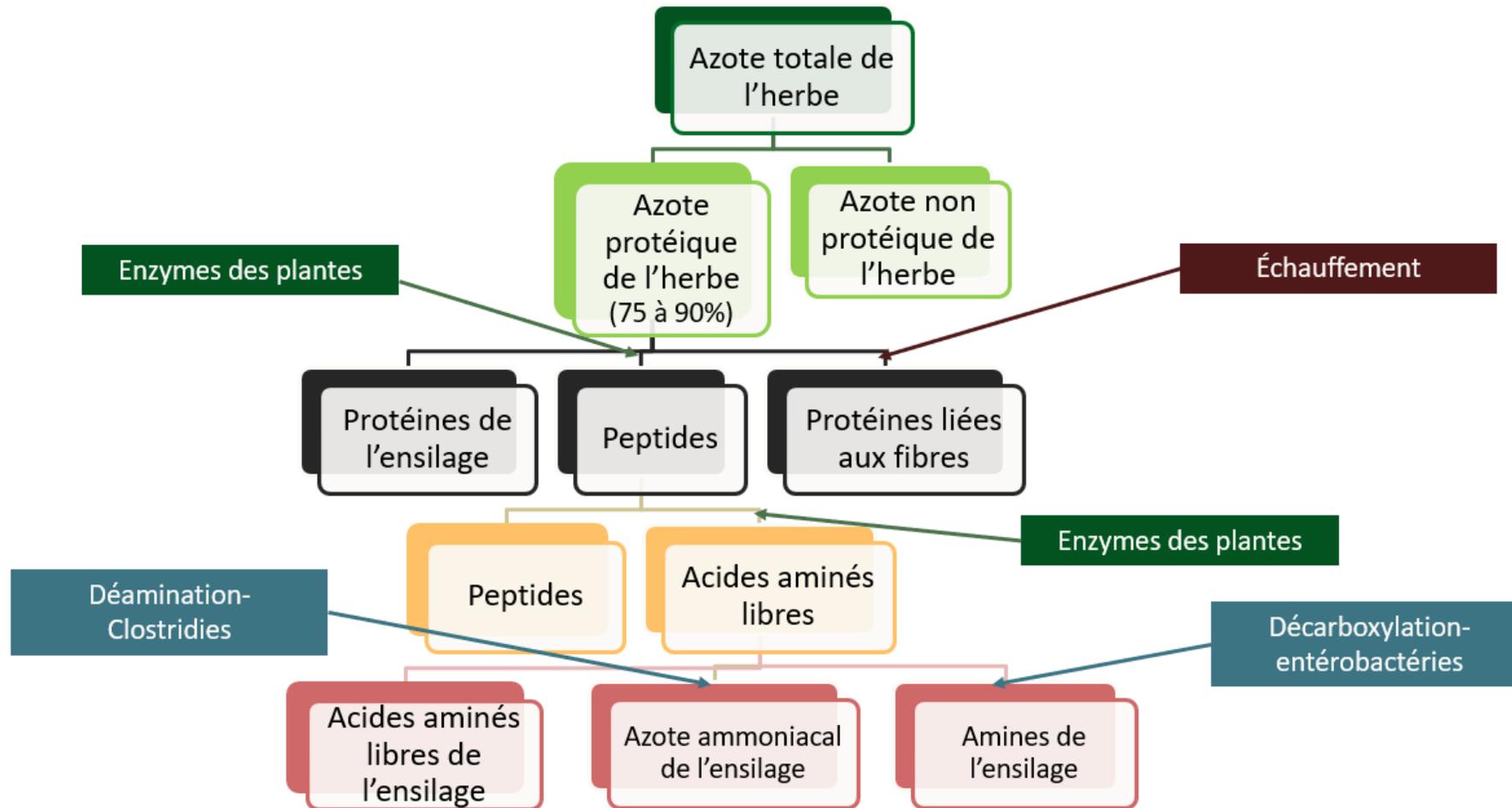


Les clostridies (= bactéries butyriques)

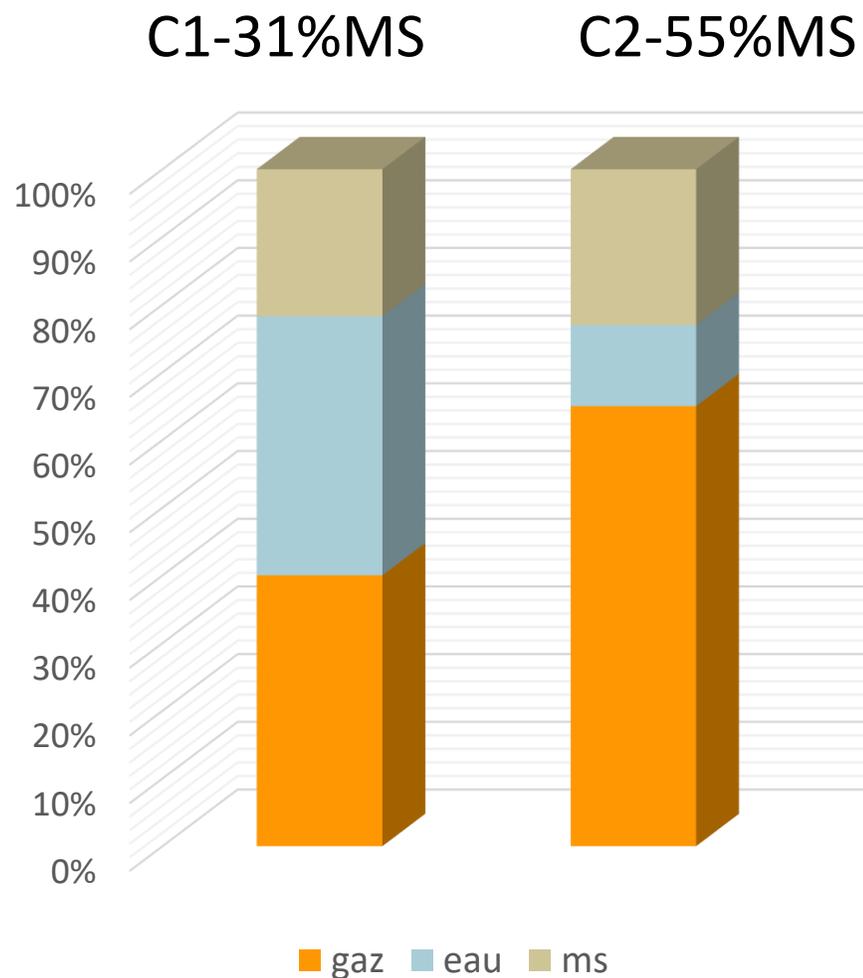
Pour que la fermentation démarre:

- Les spores doivent germer ($H_r > 70\%$, $a_w + \Theta_z$)
- Le milieu ne doit pas être trop acide ($> 4,2$) (! %MS)
 - Ensilage en instabilité anaérobie
acidification trop faible ou retardée
 - Ensilage en instabilité aérobie
zone anaérobie derrière zone aérobie
levures augmente le pH

La dégradation des protéines

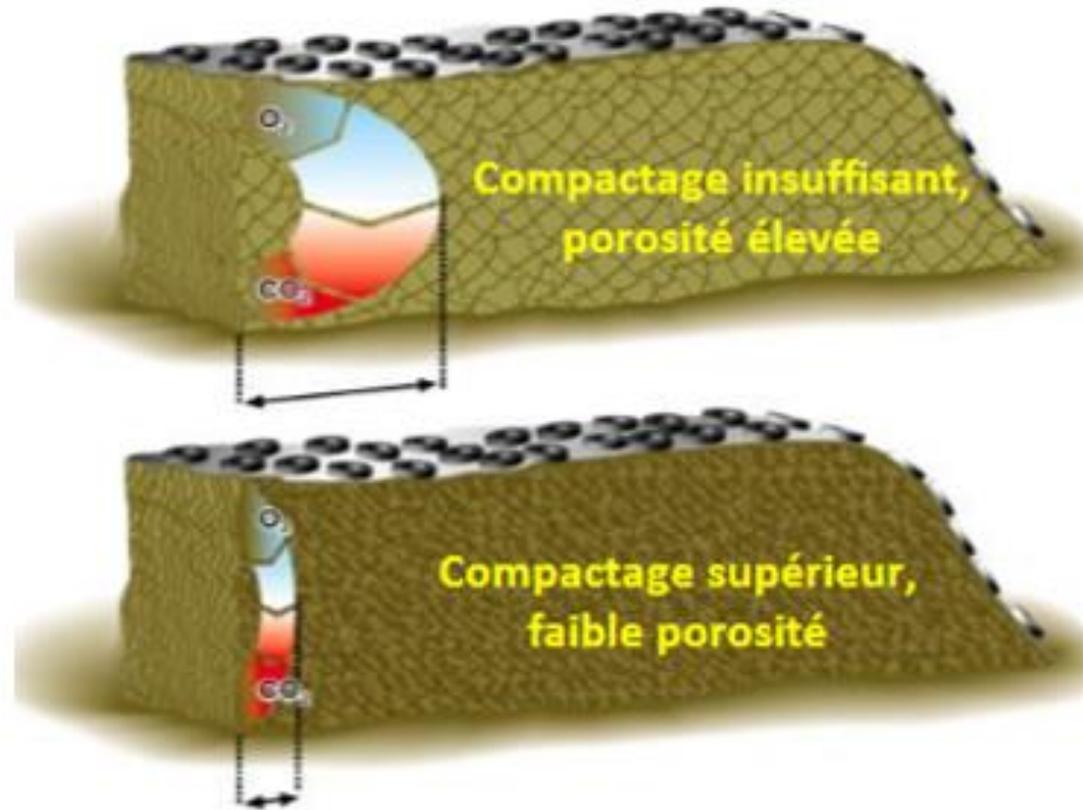
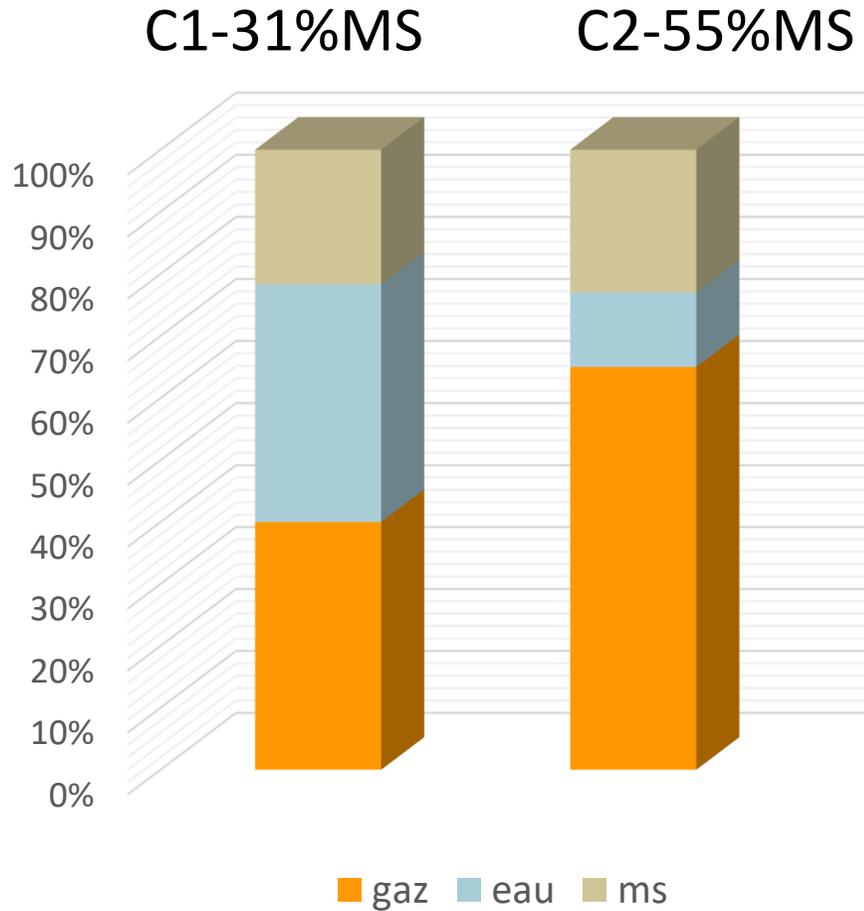


Importance de la porosité pour la conservation



	1 ^{ère} coupe	2 ^{ème} coupe
%MS	31	55
Densité (kg MS/m ³)	235	253
Porosité (%)	37	67
pH moyen	4,3	5
Avancement moyen	+/- 26 cm/j	
Reprise du silo	Front d'attaque net (désilage par bloc)	

Importance de la porosité pour la conservation



Source: Mahanna(2018)

Mesure de la densité: les différentes méthodes testées



Spreadsheet to Calculate Average Silage Density in a Bunker Silo (Metric Units)
Brian Holmes ⁽¹⁾ and Richard Muck ⁽²⁾
⁽¹⁾ Biological Systems Engineering Dept. and
⁽²⁾ US Dairy Forage Research Center
University of Wisconsin - Madison
23-août-07



Source: Dairy one



Source: Trioliet feeding technology

La Densité = très variable d'un silo à l'autre

Exemple: 2 silos avec une teneur sèche moyenne de 43%.

	Densité mesurée (bloc, sonde, Excel)	Densité table $D=5*MS+16*H+34$ (Source: EDE du Finistère)
Silo A (H=2,5m)	305 kg MS/m ³	289 kg MS/m ³
Silo B (H=2m)	236 kg MS/m ³	281 kg MS/m ³

Impact sur le bilan fourrager

	tonnes de fourrage réellement disponibles	tonnes de fourrage calculées via les tables	Différence en tonnes
Silo A (V= 690 m ³)	210	199	-11
Silo B (V= 550 m ³)	130	154	+24

Surestimation de +/- 24 tonnes via les tables

Cet hiver-là, 64 vaches en lactation avec +/- 800kg de MS distribués par jour

30 jours de surestimation !!

Réaliser un bilan fourrager

Quantité

- 1) Évaluer les besoins des animaux (tables)
- 2) Évaluer son stock fourrager (cuber, peser, déterminer la densité, la matière sèche....)

3) Faire le bilan (STOCKS – BESOINS)

Si >0 : Pas de souci pour l'hiver

Si <0 : Adapter les rations
Acheter des aliments
Anticiper la vente d'animaux

Qualité



Fourrage

- MS (%)
- Sucres
- Cendres
- MAT
- Cellulose



Techniques d'ensilage

- Degré de préfanage
- Longueur des brins
- Présence de terre
- Tassement
- Étanchéité
- (Conservateurs)

Échauffement du silo

- Échauffement = reprise d'activité des microorganismes
- Activité des microorganismes = perte de MS, de valeur alimentaire

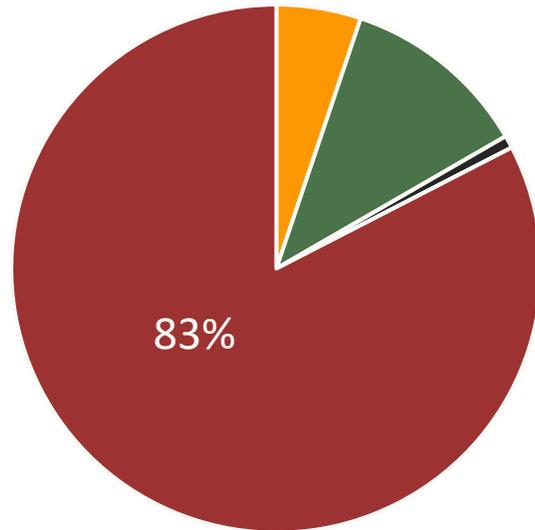


Dans ce cas: Δ de 45°C \rightarrow +/- 10% de perte de MS

Augmentation de température (°C)	Nombre de jours d'échauffement		
	3 jours	5 jours	7 jours
5	3%	5%	7%
10	6%	10%	14%
15	9%	15%	21%

Par 1°C au-dessus de la température ambiante = 0,23% de perte de MS (Honig, 1990)

Les levures et les moisissures



■ Acide lactique
(g/kg MS)

■ Acide acétique
(g/kg MS)

■ Ethanol
(g/kg MS)

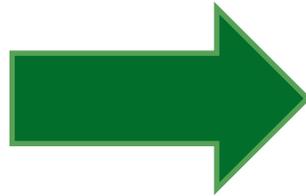


Évolution de la température dans les ensilages



Beaucoup de questions

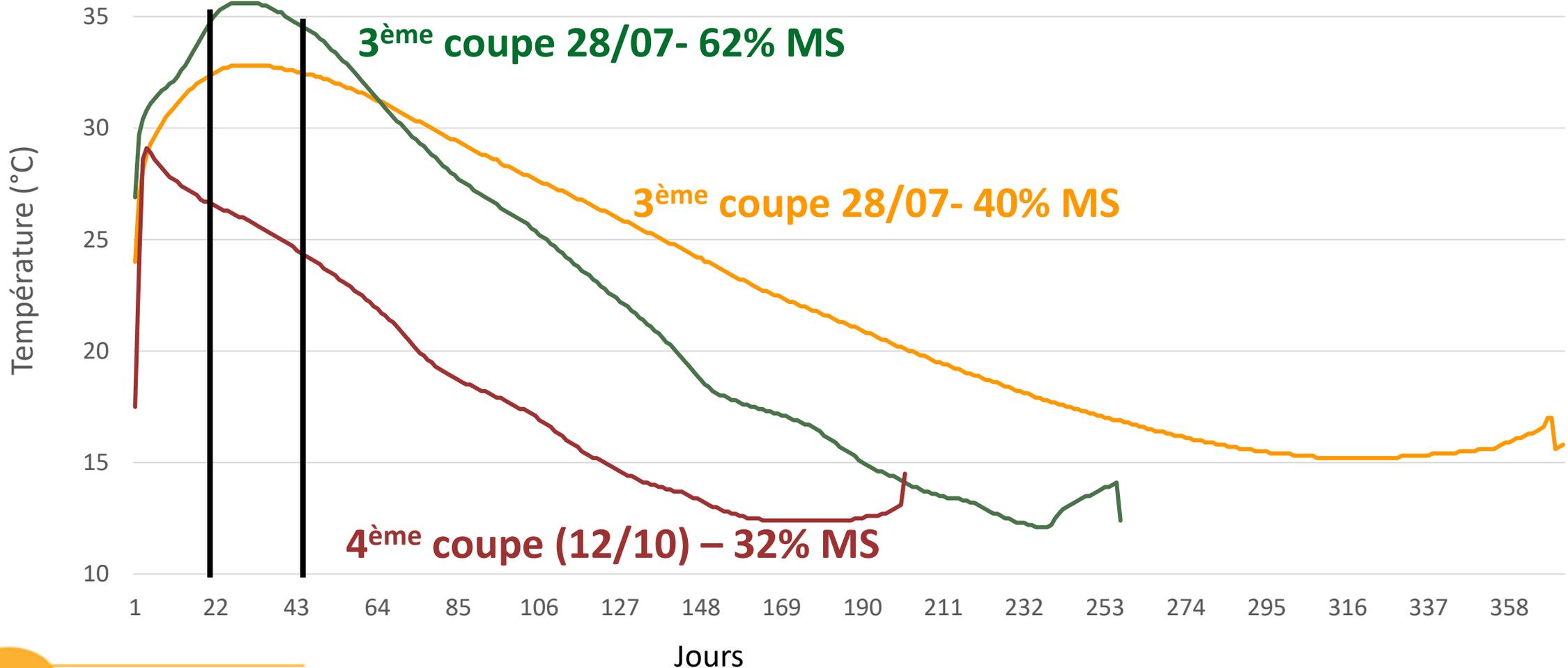
- Comment évolue la t° dans le silo ?
- Quelle est la t° « normale » du silo à l'ouverture ?



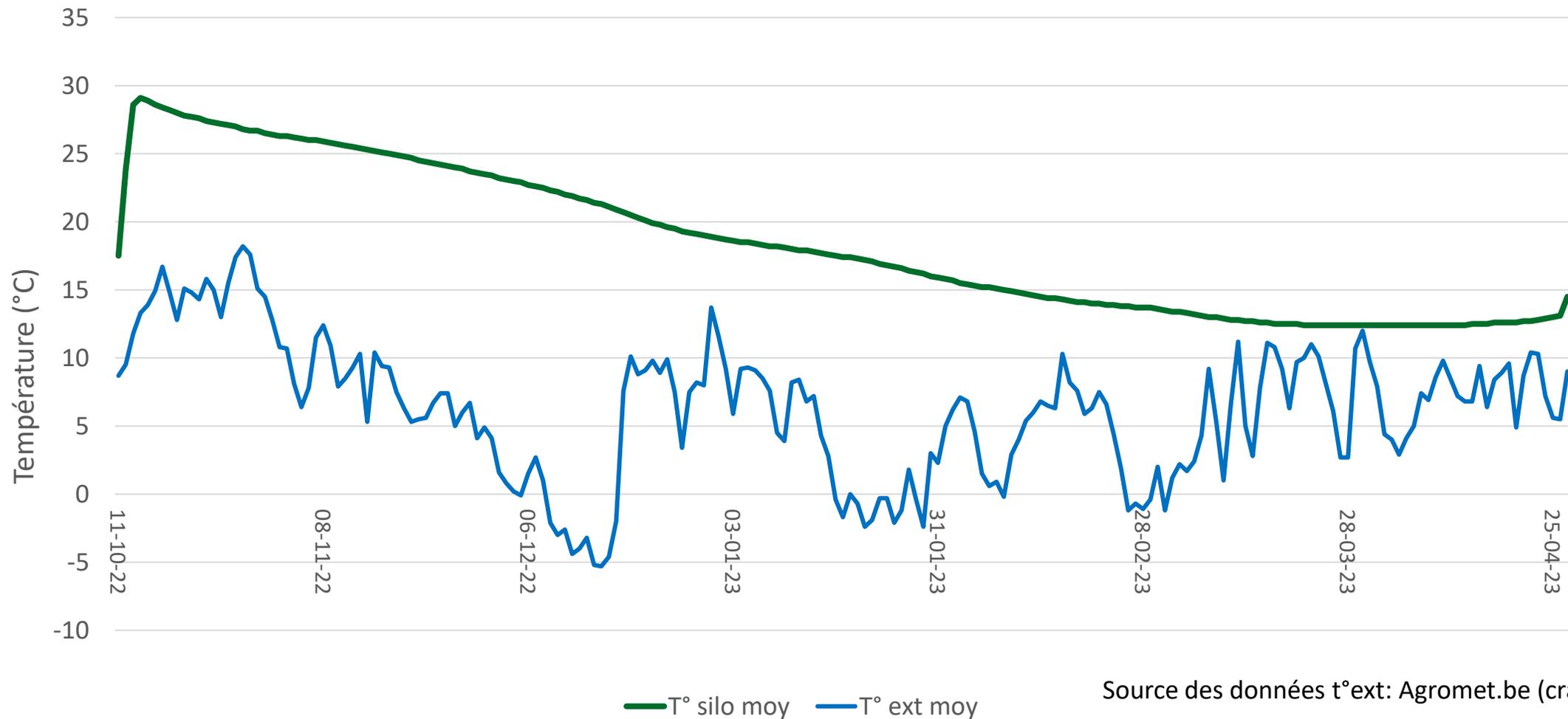
Enregistreurs de température



Résultats de 3 capteurs de température



Silo de 4^{ème} coupe (12/10/2022)- MS sac enfoui avec capteur = 32%



Source des données t°ext: Agromet.be (cra-w)

Les conservateurs

Bactéries lactiques hétérofermentaires

Lactobacillus buchneri

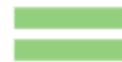
Lactobacillus brevis

Propionibacterium acidipropionici

Sucres



Acide lactique +
acide acétique +
1,2-propanediol +
CO₂

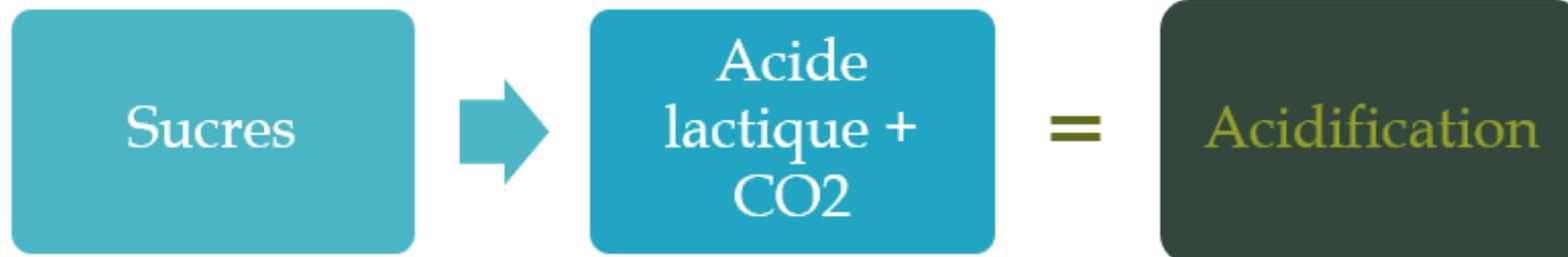


Acidification (+
faible) et protection
antifongique

Les conservateurs

Bactéries lactiques homofermentaires

Lactobacillus plantarum
Lactobacillus lactis
Pediococcus acidilactici
Pediococcus pentosaceus





Les enrubannées

Qualité de conservation et consommation de plastique



Les ensilages

Qualité de conservation des ensilages



Le foin humide

Alternative à l'enrubannage ??

Le foin humide traité à l'acide propionique

L'acide propionique = produit le plus efficace contre les levures, les moisissures et les bactéries. Son application empêche ces micro-organismes de se développer et limite ainsi l'échauffement et les dégradations.

- La densité des balles
- La technique d'application
- La teneur en matière sèche

La teneur en matière sèche va déterminer le dosage de l'acide propionique.

- Stockage intermédiaire des balles

Intérêts:

- Foin de qualité supérieure (moins de pertes champ et mécaniques)
- Diminution de l'utilisation de plastique



+/-400€

+/-10.000€

Coût économique de la technique

- Prix acide propionique (+/- 2,2€/kg)
- Dose d'acide appliquée (1,5l à 5l)
- Poids moyen des boules =316kg de matière sèche
 - **Coût acide propionique par boule: de 1€ à 3,5€**
 - **Coût plastique/boule: 3,5€ (78€ /rouleau et 22 boules/rouleau)**

L'essai foin humide

Paramètres testés:

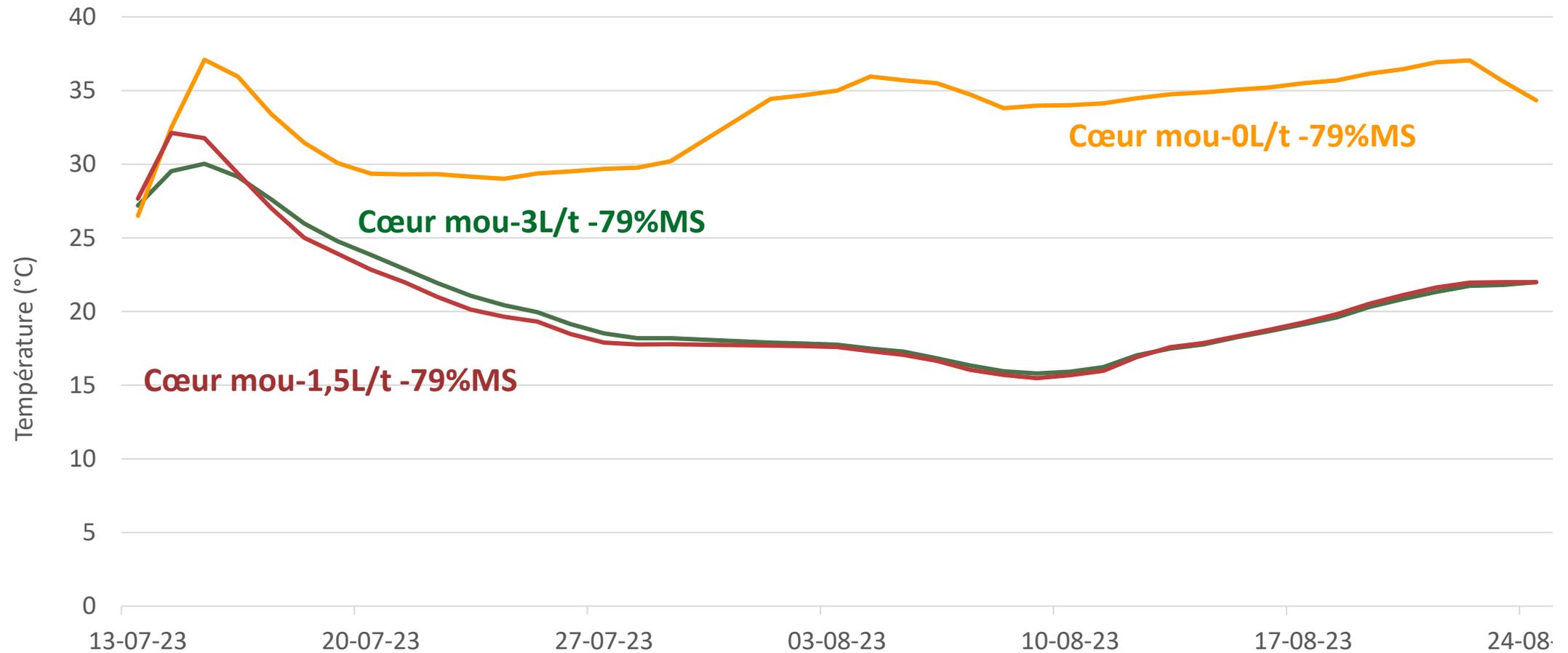
- Utilisation de couteaux
- Dose d'acide
- Pressage (cœur serré VS mou)



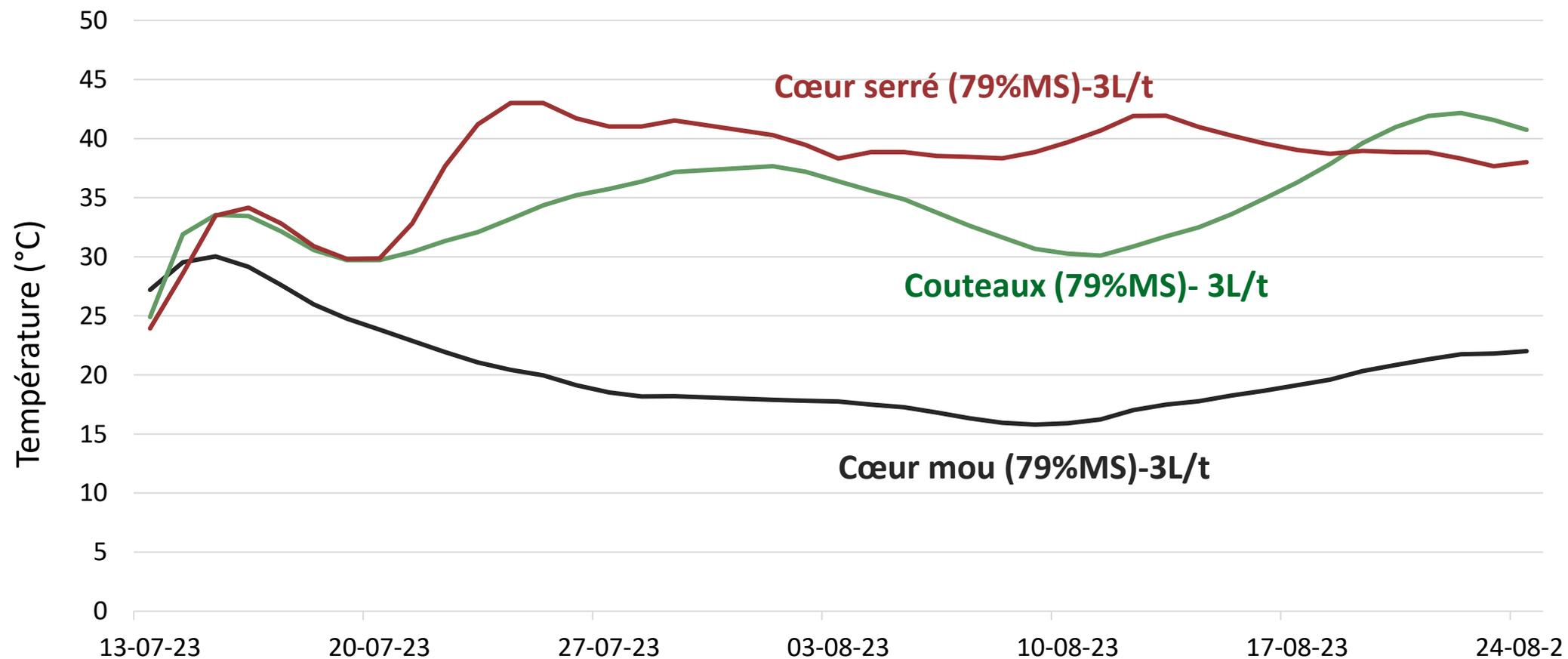
Stockage des boules



Dose d'acide



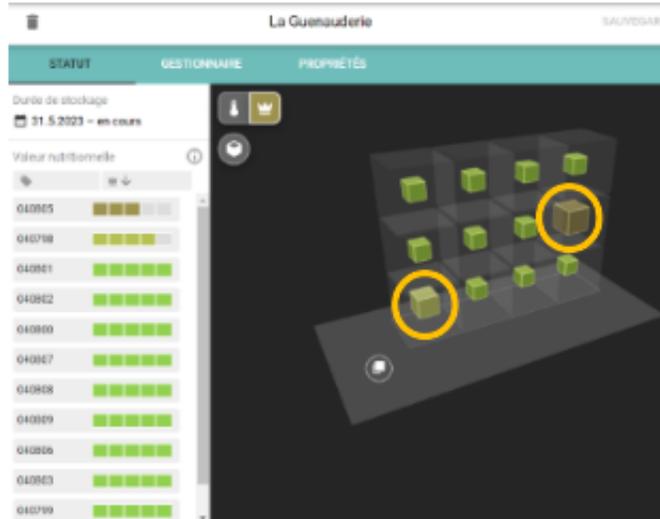
Cœur mou VS cœur serré



L'influence de la densité de pressage



Une prairie homogène



Deux balles chauffent et se dégradent plus que les autres

Pourquoi ?

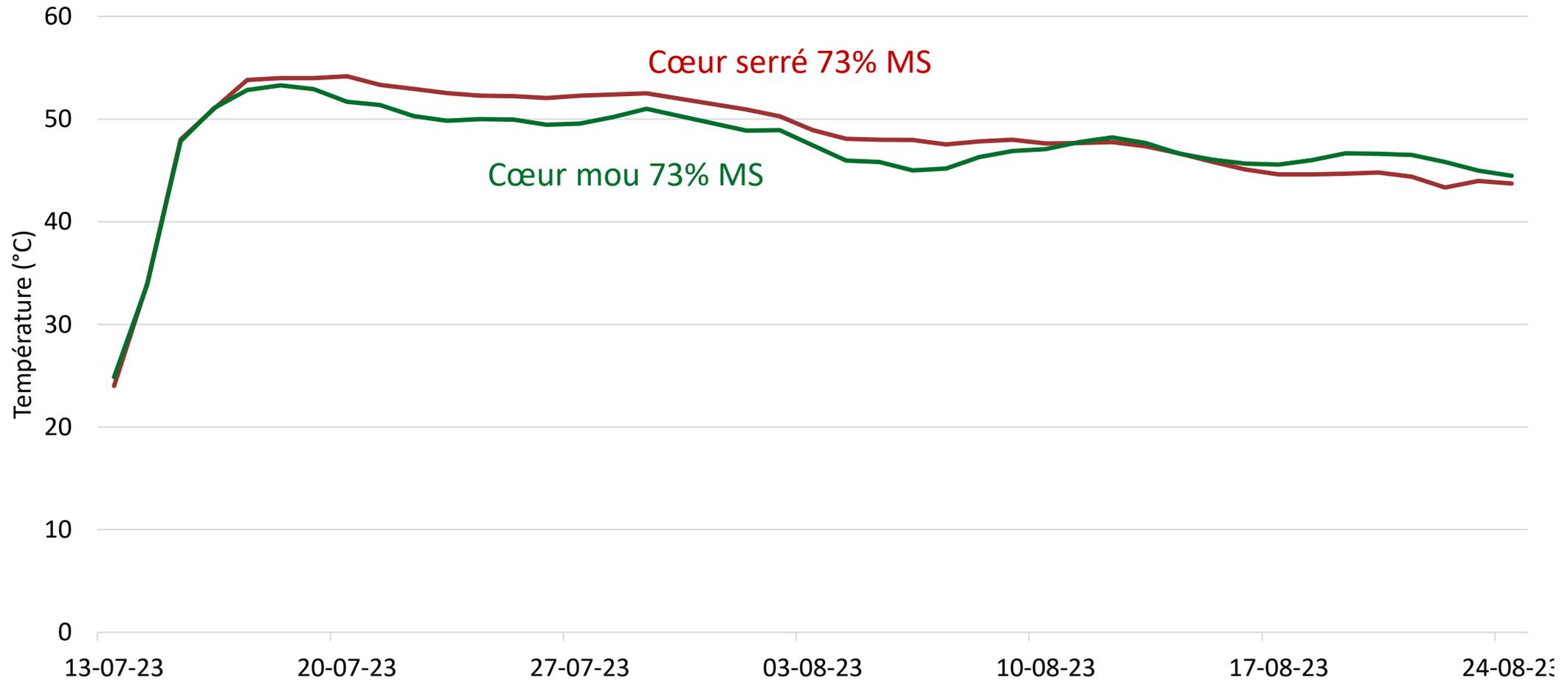
Utilisation de la presse de la CUMA.

Changement de réglage après 2 balles car trop serré.

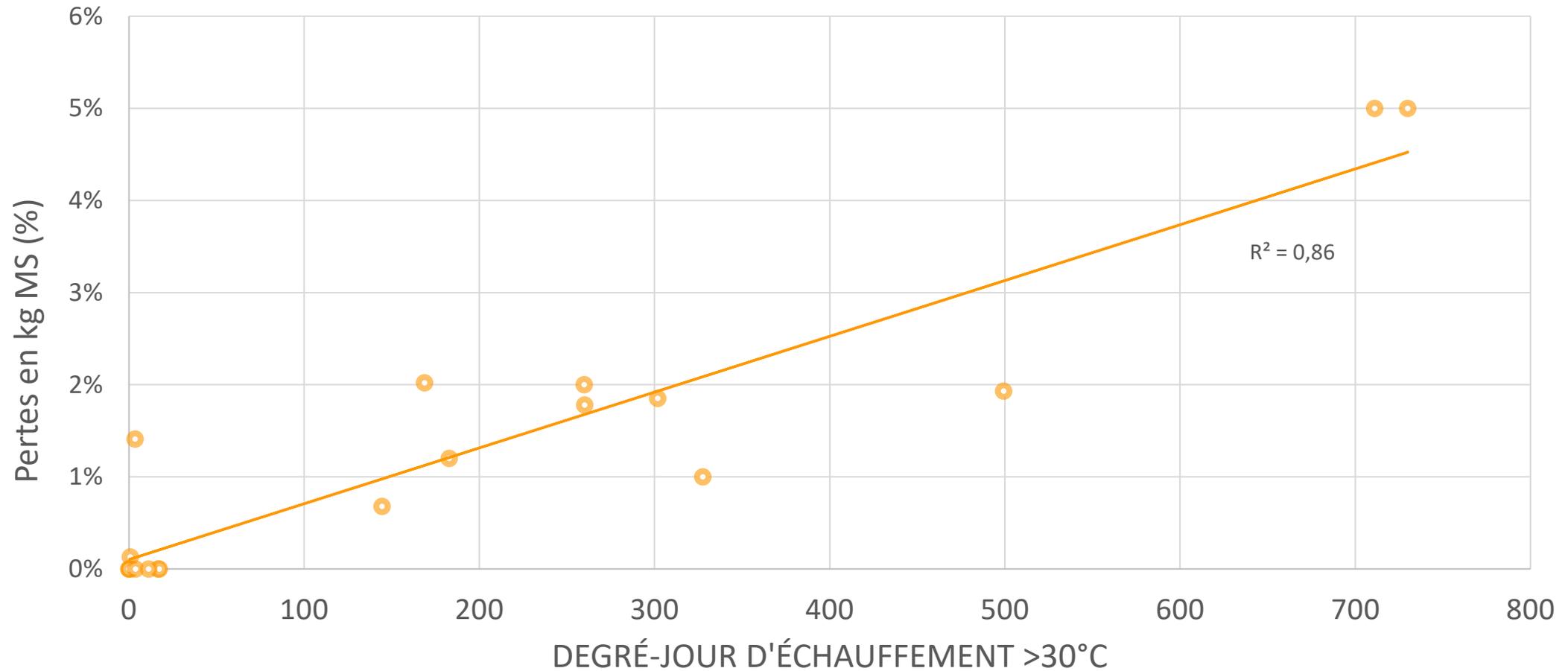
Les identifiants de ces balles avaient été notées : il s'agit de celles qui ont chauffées.

Quanturi

Échauffement de boules (3L/t - Humidité >25%)



Échauffement en fonction de la MS(%)



Conclusions de l'essai

Avantages de la technique

- Résultats intéressants pour le foin de luzerne, riche en trèfles
- Moins de déchets lors de l'utilisation des balles (enrubannées)

Limites de la technique

- Manipulation de l'acide
- Besoin de (beaucoup) de place de stockage
- Fourrages riches ?



Merci pour votre attention

Lina Delforge

delforge@fourragesmieux.be

0477/383827

FOURRAGES - MIEUX

En collaboration avec:



Avec le soutien de:

