

# De la fauche au silo : limiter les pertes et préserver la qualité de l'herbe

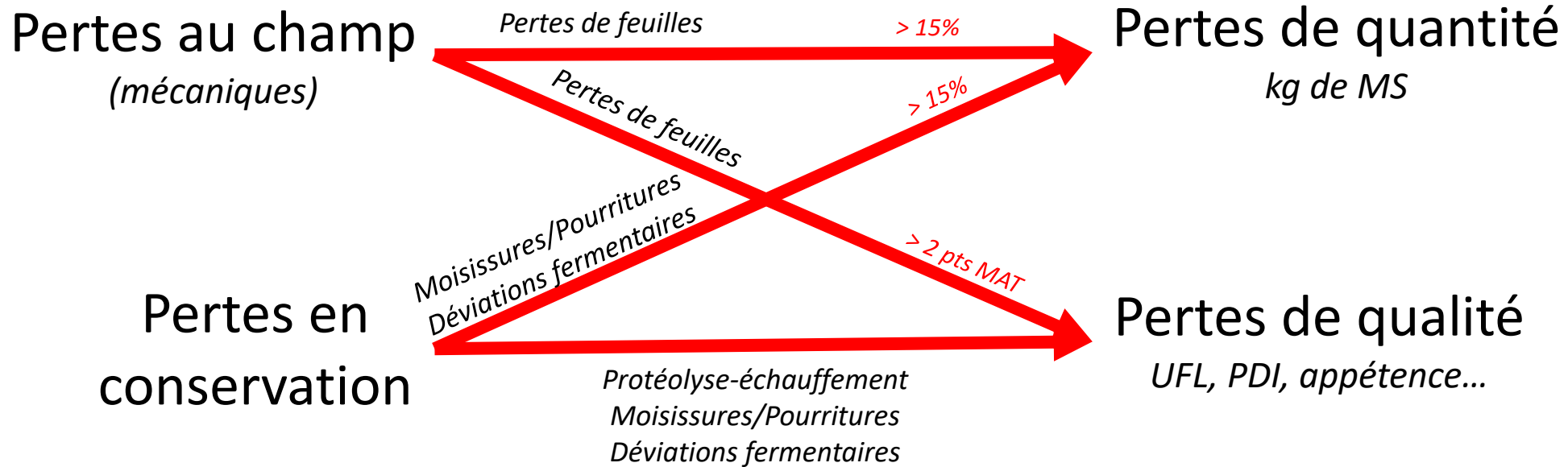
Silvère Gelineau

*Ingénieur agronomie et productions fourragères*

*Ferme expérimentale de la Jaillière (44)*

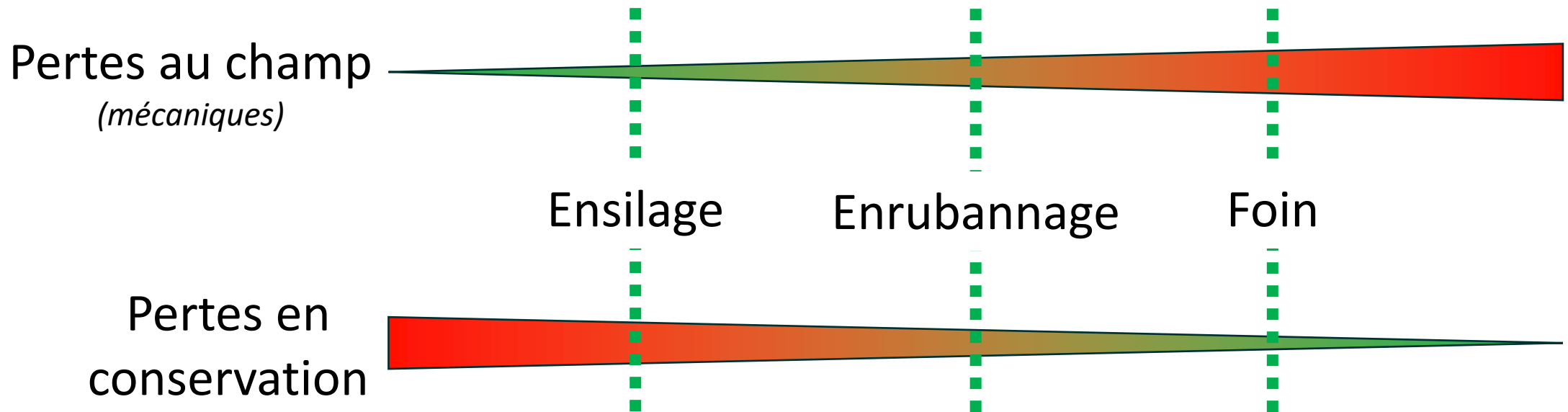
Sommet de l'élevage, 9 octobre 2025

# Quelles pertes ? Quels enjeux ?



Objectif : préserver au mieux la quantité et la qualité de l'herbe jusqu'à l'auge !

# Quelles pertes ? Quels enjeux ?



À chaque étape de la récolte, que faire pour préserver au mieux la quantité et la qualité du fourrage ?



# Au menu



- La fauche
  - *Fauche avec regroupement*
- Le fanage et andainage
- La conservation
- Les conservateurs



# 1 – La Fauche

- Mettre toutes les chances de son côté dès la fauche :
  - ⇒ *Dès disparition de la rosée pour ne pas piéger l'eau dans les andains*
- Hauteur de fauche à 7 – 8 cm :
  - ⇒ *Pas de terre, séchage rapide et «reprise» du fourrage + facile*



Arvalis, 2015





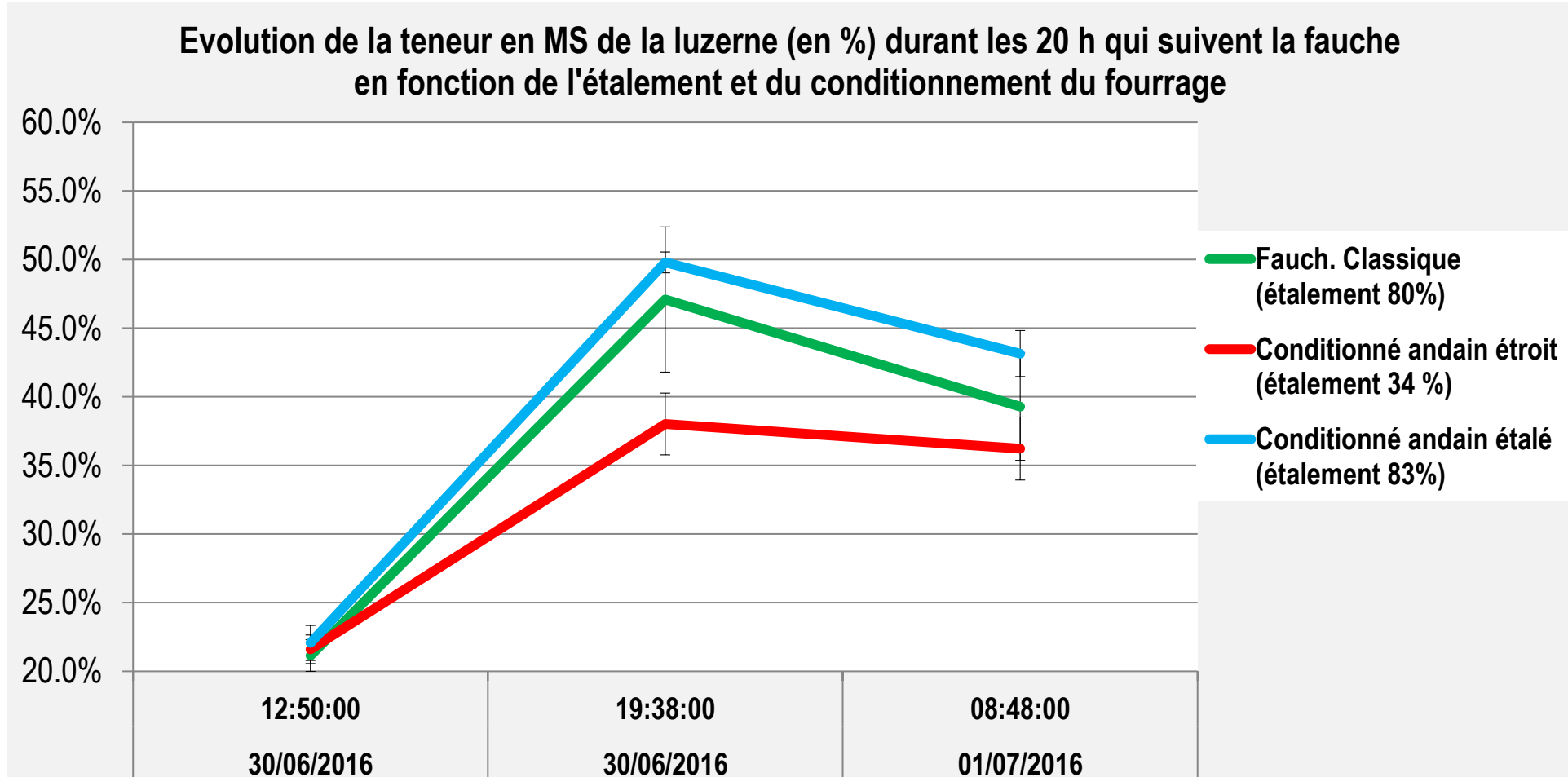
# 1 - La fauche : largeur d'andain

- Le séchage démarre à partir de la fauche
- Largeur d'andain = vitesse de séchage initiale



Ne pas rouler sur le fourrage  
(surtout lors de conservation  
par voie humide)

# 1- La fauche : largeur d'andain

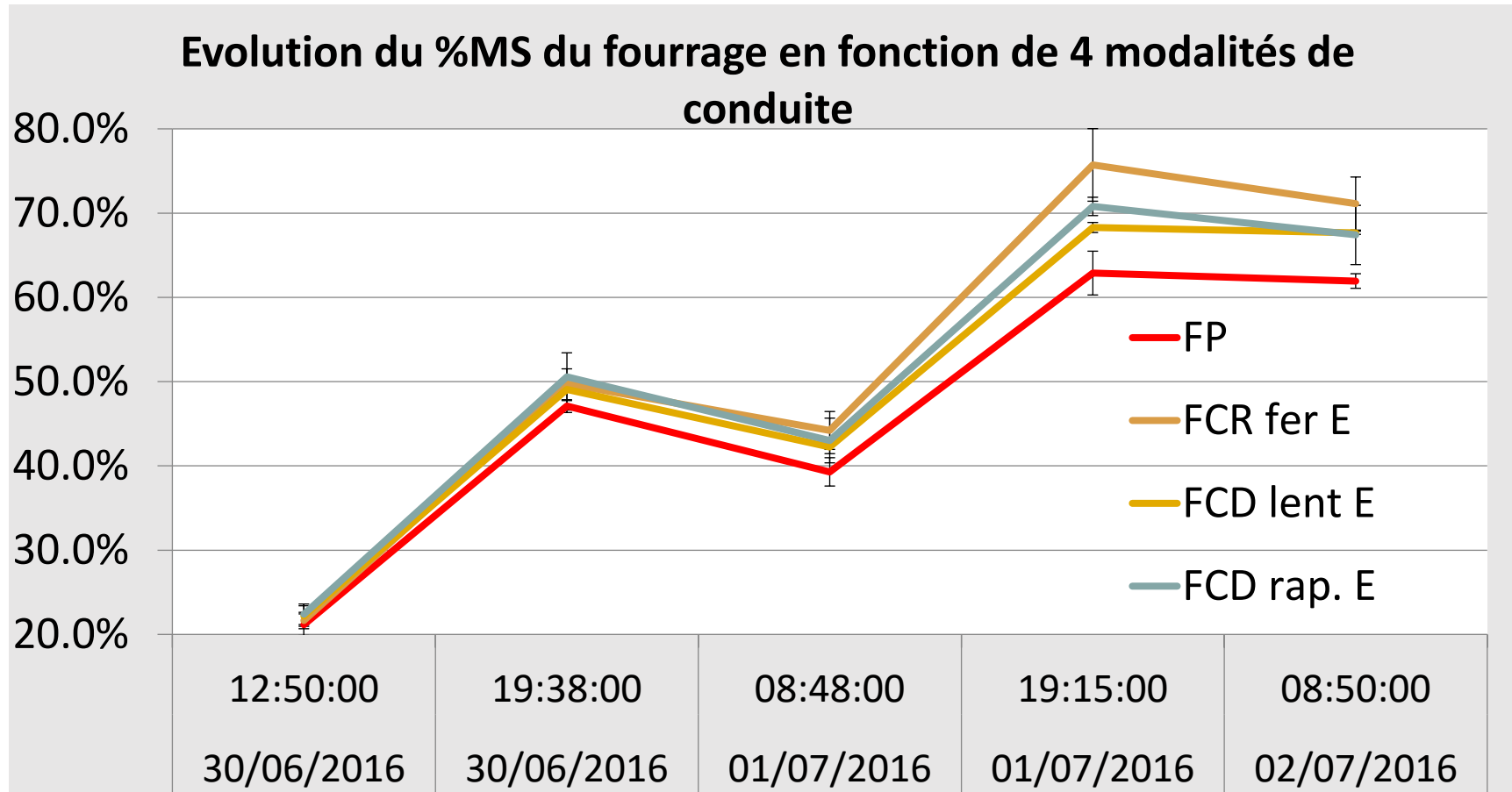


Luzerne pure. 2<sup>ème</sup> coupe. 6 semaines de repousse. Biomasse sur pied : 4.05 tMS/ha

Essai fauche luzerne 2016, Arvalis – CA Limousin – Kuhn S.A.



# 1- La fauche : Intérêt du conditionneur



⇒ L'effet du conditionnement s'exprime réellement à partir des 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> phases de séchage (> ~45 %MS)

Luzerne pure. 2<sup>ème</sup> coupe. 6 semaines de repousse. Biomasse sur pied : 4.05 tMS/ha

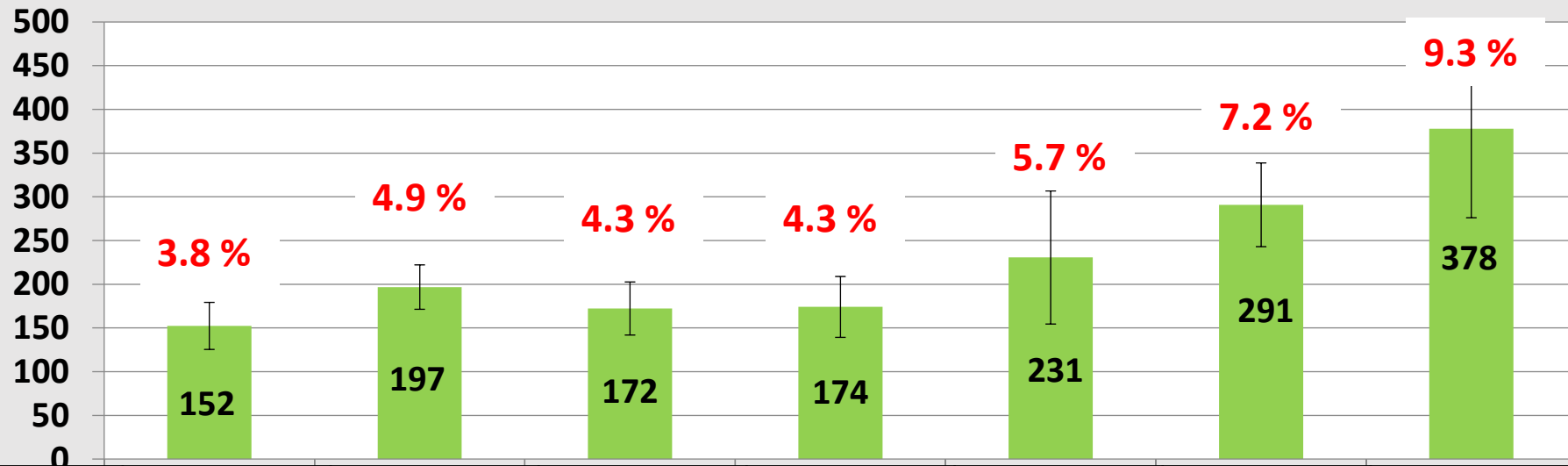
Essai fauche luzerne 2016, Arvalis – CA Limousin – Kuhn S.A.



# 1- La fauche : Intérêt du conditionneur

% de la biomasse sur pied avant fauche

Pertes de MS à la fauche (kgMS/ha)



Moda =>	1	2	3	4	5	6	7
faucheuse	classique	cond. rouleaux			cond. à doigts		
		fer		plastiq.			
andain	étalé	serré	étalé	serré	serré	étalé	étalé
Régime conditionneur					800 tr/min	800 tr/min	1000 tr/min

Luzerne pure. 2<sup>ème</sup> coupe. 6 semaines de repousse. Biomasse sur pied : 4.05 tMS/ha



# 1- La fauche : en résumé

- Fauche :

- à la disparition de la rosée,
- à **7-8cm** de hauteur
- en **étalant** au maximum **les andains** (selon intervention de reprise).

- Conditionneur :

- Pas d'intérêt pour l'ensilage
- Intérêt à évaluer pour les foin et les enrubannages, selon :
  - L'espèce
  - Les conditions météo
  - Le mode conservation
  - Le type de conditionneur

Type de faucheuses	Niveau de pertes (% de la biomasse sur pied)	
	graminée	légumineuse
Classique à plat	1 à 3	
Cond. Rouleaux	1 à 3	2 à 5
Cond. Doigts/Fléaux	3 à 5	5 à 11

↓  
Desserrer la tôle de conditionnement et réduire le régime du conditionneur



- ✓ Le conditionnement à fléaux « détache » une part des feuilles
- ✓ Ces pertes sont « révélées » lors des opérations ultérieures



## 2- Fanage et andainage : pertes mécaniques

### Objectifs :

- Exposer le fourrage encore humide afin d'accélérer le séchage
- Homogénéiser la teneur en MS du fourrage
- Andainage : regrouper le fourrage pour faciliter sa reprise

- Intervenir sur un fourrage encore humide ou ré-humidifié

⇒ enjeux quantité et qualité !

- Essai Arvalis 2013, 2<sup>ème</sup> coupe de luzerne (foin), rendement récolté : 2.4 t MS/ha

	Pré-andainage + andainage <b>le matin</b>	Pré-andainage + andainage <b>l'après-midi</b>
Pertes quantité (kgMS/ha)	<b>315</b> (13%)	<b>667</b> (28%)
Pertes qualité (pt de protéines)	<b>-0.4</b>	<b>-1.8</b>

- Entre une intervention le matin et une intervention l'après-midi, le manque à gagner est non négligeable...

Soja 48 : 350 €/t   Blé : 110 €/t   Paille : 60 €/t

Soja 48 : 500 €/t   Blé : 200 €/t   Paille : 80 €/t



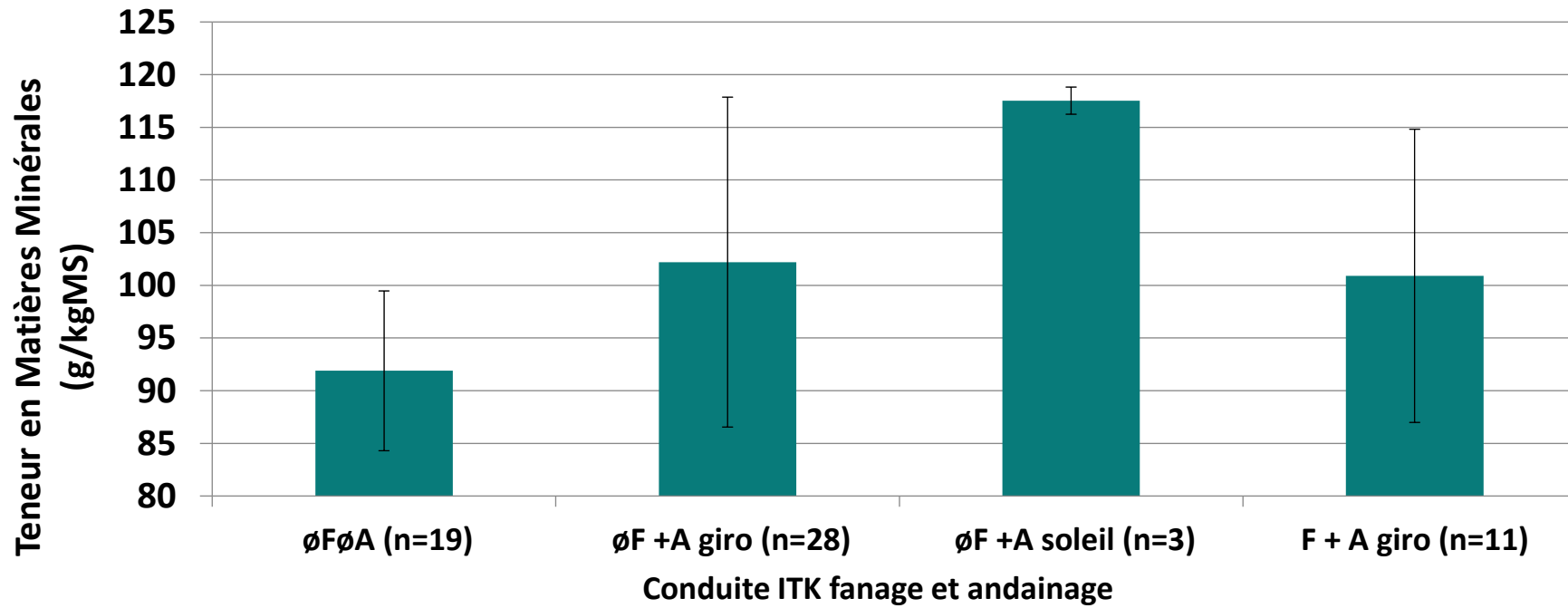
**-70 à -80 €/ha**



**-100 à -110 €/ha**



## 2- Fanage et andainage : contaminations

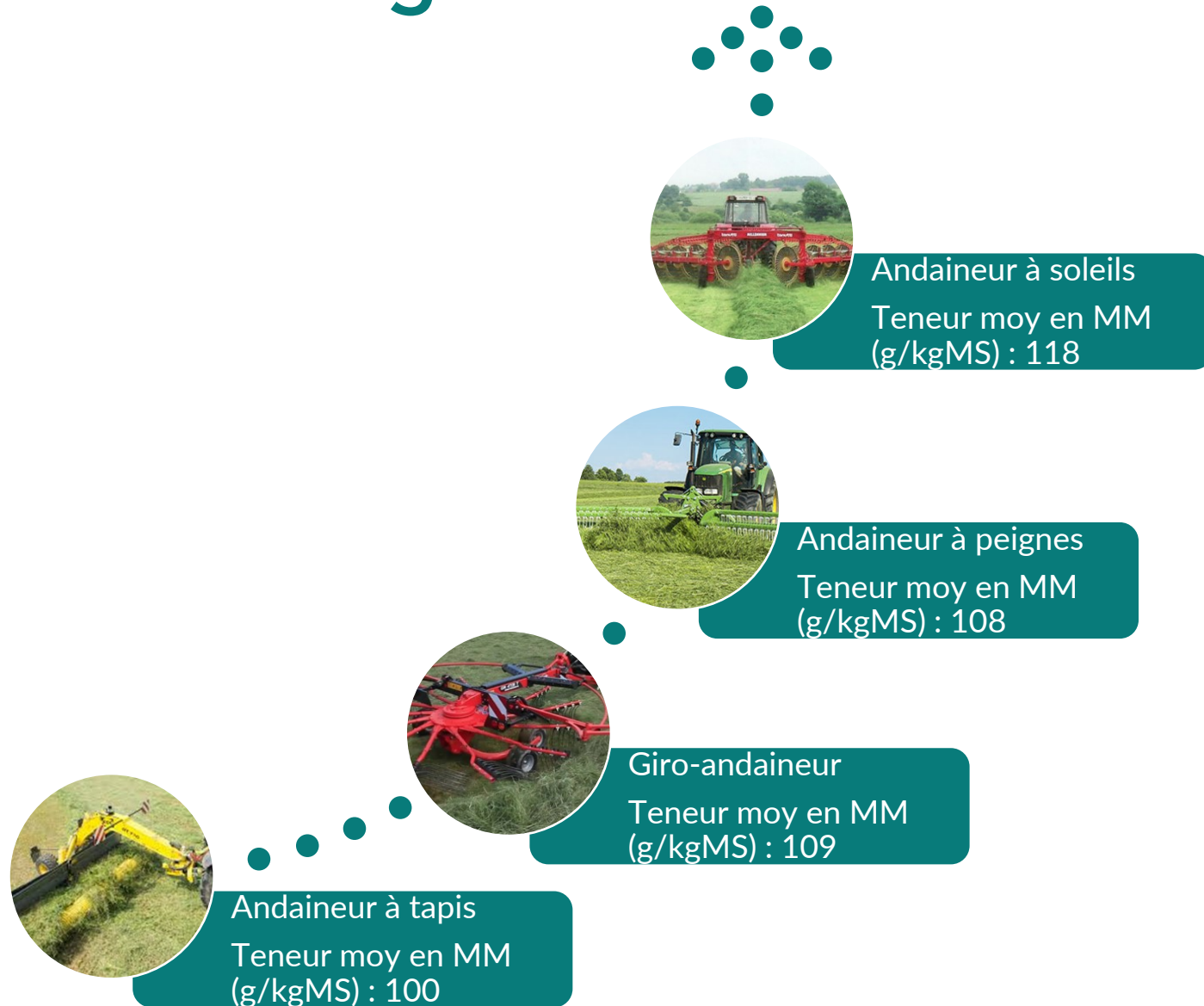


- **Andainer = +0.8 à +1.9 pt de matières minérales** dans le fourrage mais la contamination n'est pas systématique => conditions d'intervention ? (sol plan, hauteur des bras ajustée)
- Peu de situations avec andaineur à soleil mais semble contaminer davantage que le giro-andaineur (*confirmé par la biblio*)





## 2- Fanage et andainage : contaminations



## 2- Fanage et andainage

- En résumé :
  - Intervenir le matin sur un fourrage réhumidifié
  - Sur fourrage sensible et/ou sec : réduire la vitesse du tracteur et travailler à 350 -450tr/min
  - Régler les toupies pour éviter de gratter le sol



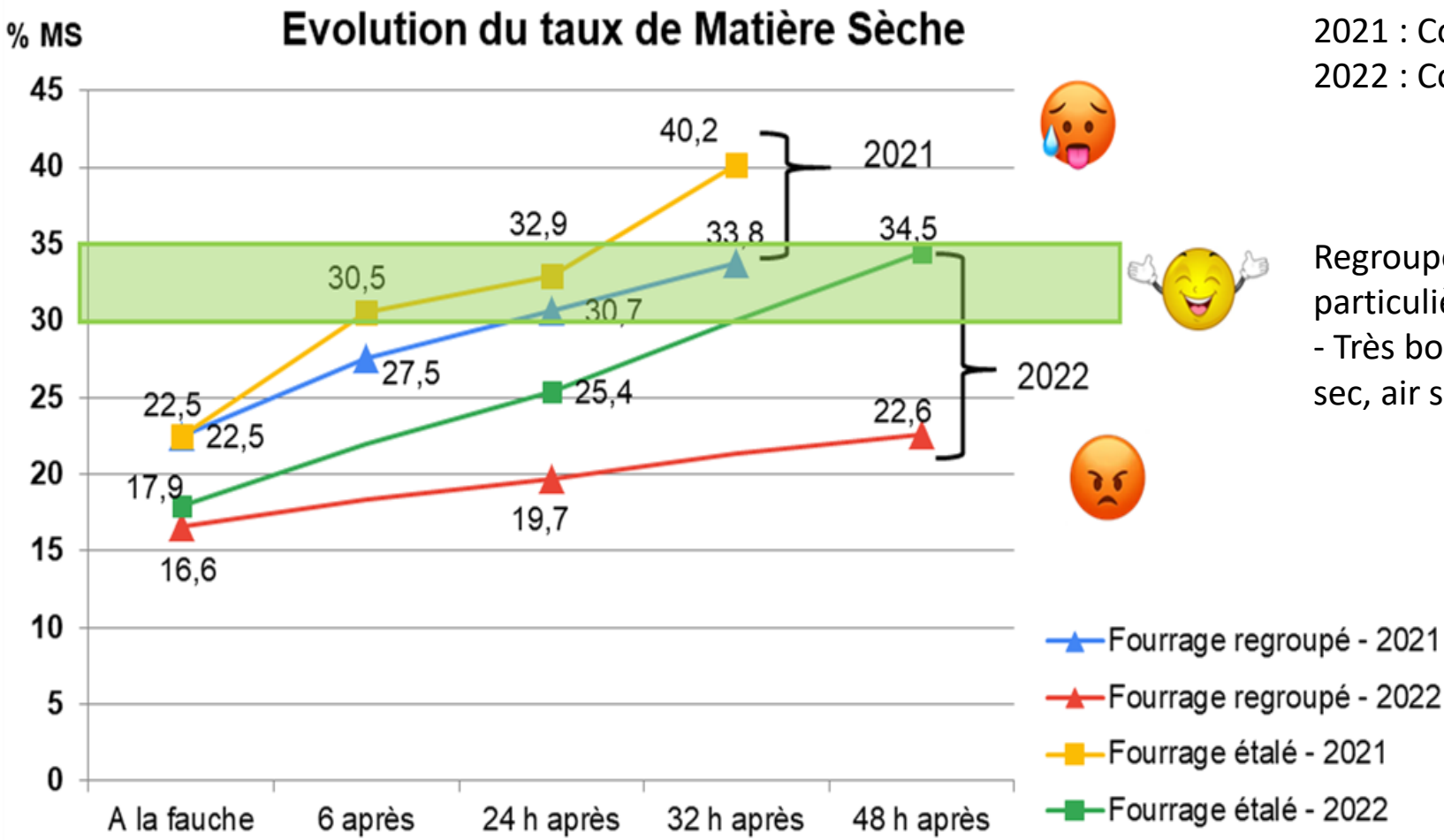


## 2 bis – Fauche avec regroupement





# 2 bis – Fauche avec regroupement



2021 : Conditions très favorables au séchage  
2022 : Conditions moins favorables au séchage

Regroupement à la fauche réservé à des conditions particulières :

- Très bonnes conditions de séchage : stade avancé, sol sec, air sec, vent, températures, volume réduit.

--> Seconde coupe



# 3 - Le silo : Principes de conservation par voie humide

Conserver un fourrage au plus proche de sa valeur en vert en milieu humide, acide et anaérobie sous l'action des microorganismes

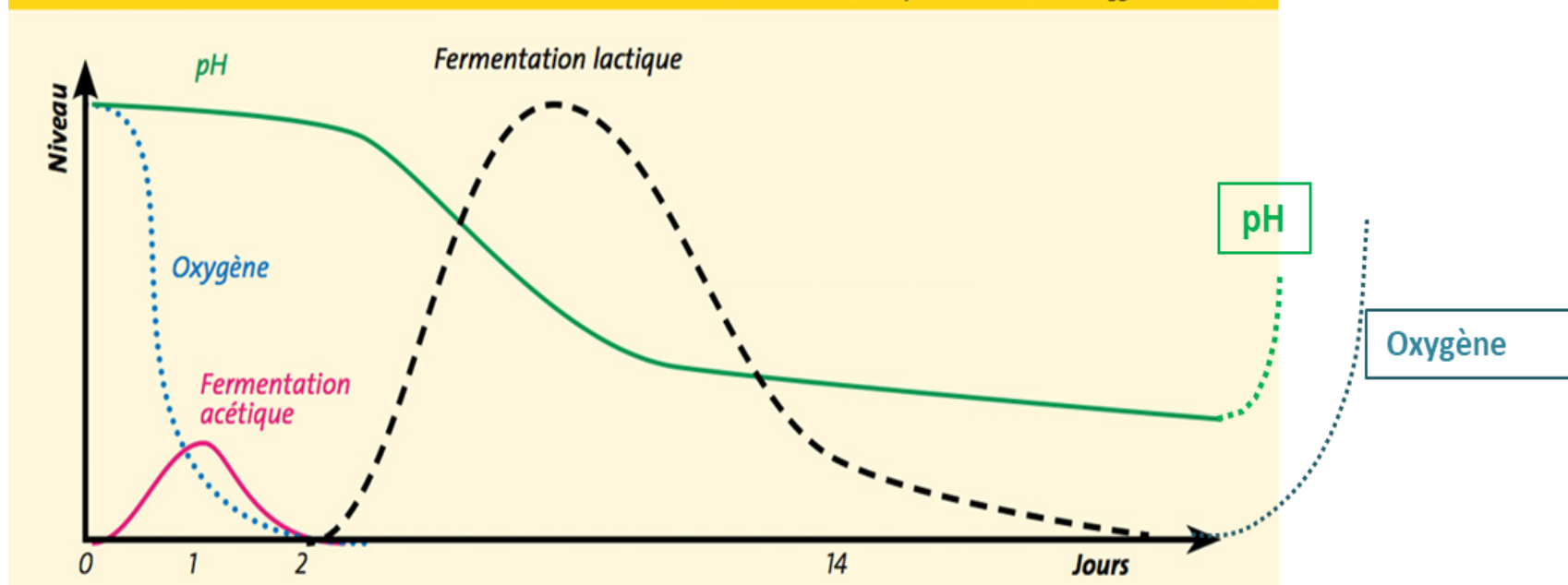
1. 1<sup>ères</sup> heures :  
Epuisement  
oxygène

2. 1<sup>ers</sup> jours :  
↘ rapide du pH

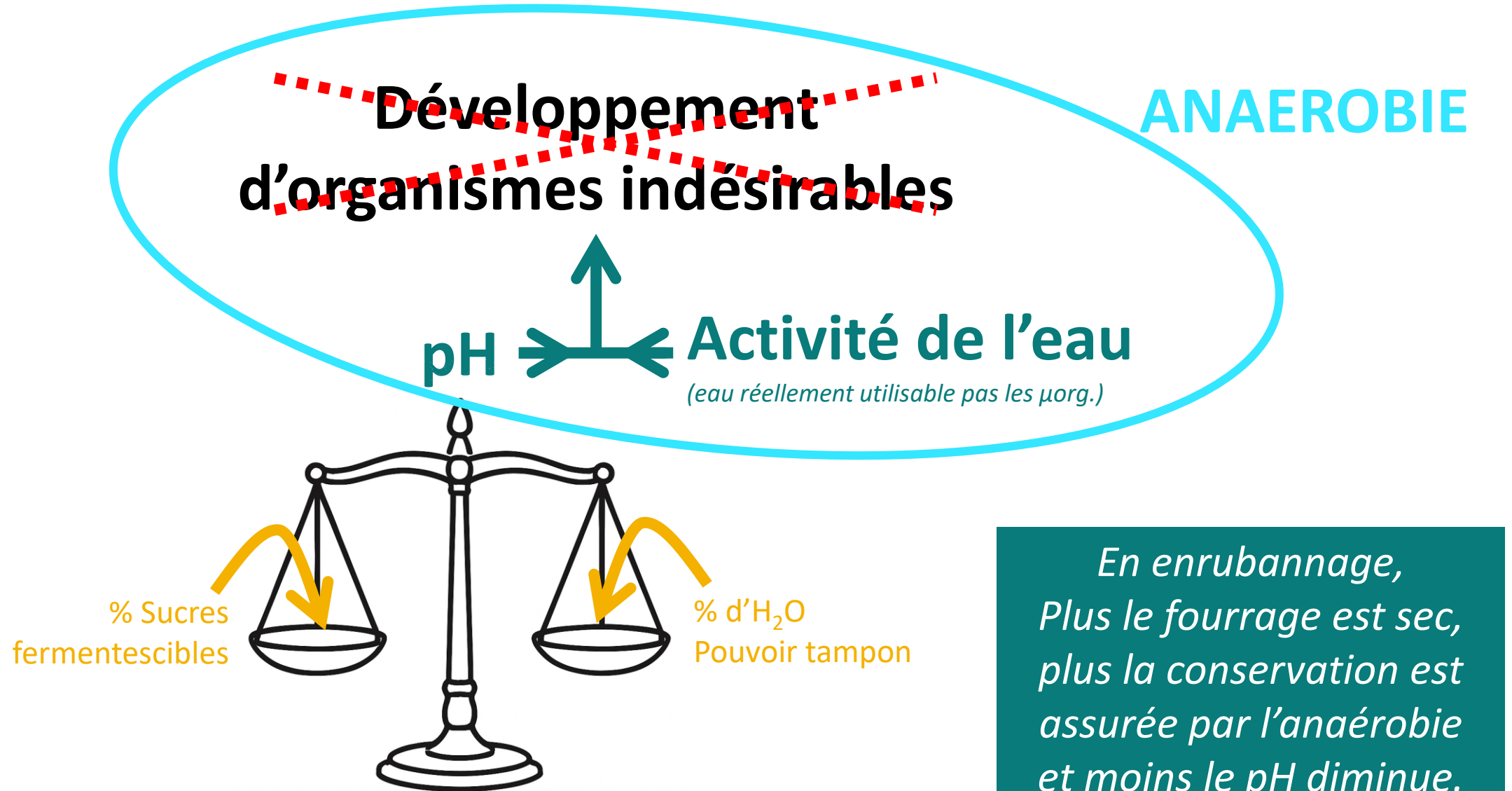
3. Silo fermé :  
stabilité (activité  
microbienne réduite)

4. Silo ouvert :  
reprise  
fermentations

DIFFÉRENTES ÉTAPES D'ÉVOLUTION D'UN ENSILAGE (D'après Pitt et Sniffen, 1985)



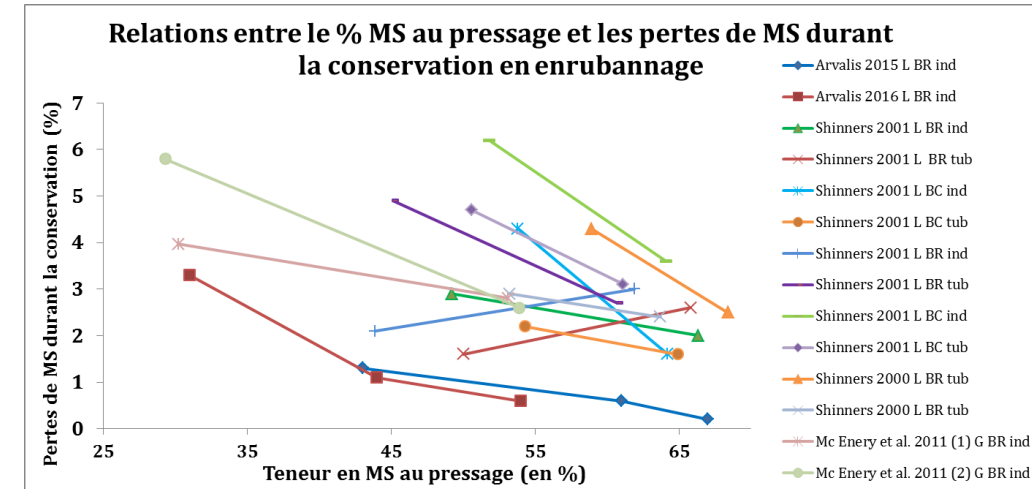
# 3 - Le silo : Principes de conservation par voie humide



# 3 – le silo (balles): Pertes en conservation

- Pertes quantitatives minimales en conservation liée à l'activité biologique :

- Silo ensilage labo  $\approx 5 \%$  (silos/bocaux parfaitement étanches)
- Balles d'enrubannage  $\approx 3 \%$  (balles parfaitement filmées, non empilées)



L : légumineuse, G : graminée, BR : balle ronde, BC : balle carrée,  
ind : enrubannage mono-balle individuelle, tub : enrubannage en continu  
Durée de conservation de 157 à 549 jours (comparaison à iso-durée)

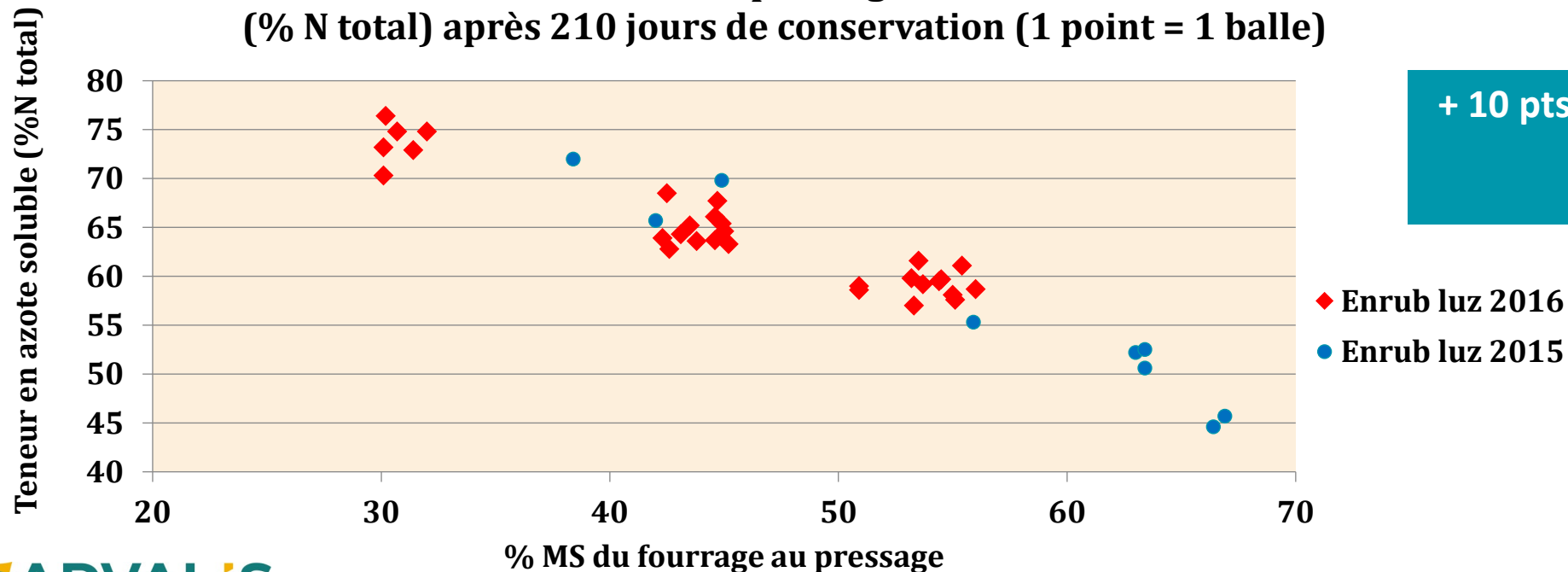
**Pertes > 15 % possibles**



### 3 – le silo (balles): Pertes en conservation

- En conservation par voie humide : protéolyse
- Protéolyse = action des enzymes de la plante & bactéries qui découpent les protéines en molécules azotées simples (acides aminés, amine, ammoniac)
- *Protéolyse d'autant plus faible que le %MS est élevé*

Relation entre la teneur en MS au pressage et la teneur en azote soluble (%N total) après 210 jours de conservation (1 point = 1 balle)



+ 10 pts N soluble = -9 g/kg MS PDIN  
et -19 g/kg MS PDIE

Ferard et al. 2018

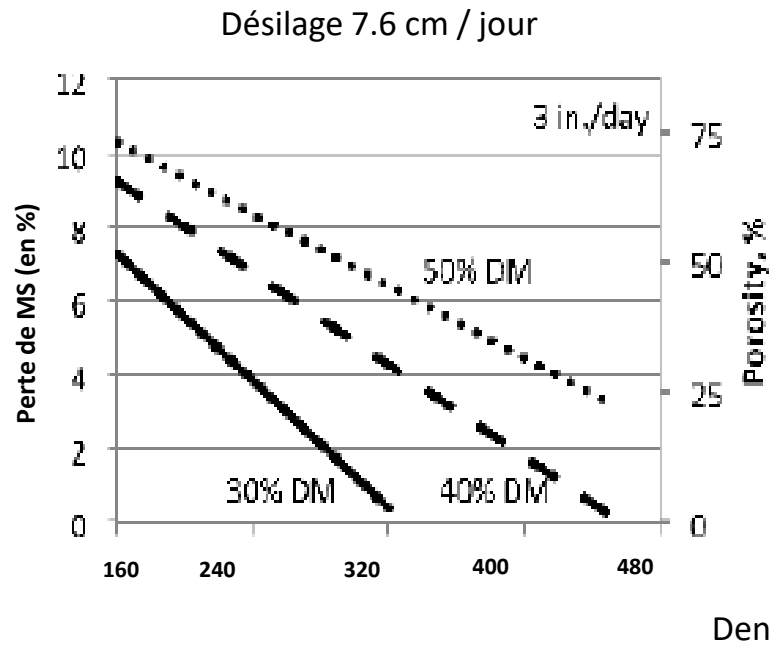


### 3- Le silo : pertes au désilage

Porosité (%) = part d'air emprisonnée dans 1m<sup>3</sup> de silo

Densité (kg MS/m<sup>3</sup>) = quantité de fourrage sec dans 1m<sup>3</sup> de silo

Teneur en MS



Plus la porosité est importante, plus il est nécessaire d'assurer une vitesse de désilage importante pour éviter les échauffements (pertes de MS) !

# 3 - Le silo : Bonnes pratiques de conservation

1

Ensiler/Enrubanner un fourrage avec un taux de MS adapté :

- 30 - 35 % de MS pour les plantes facilement ensilables : maïs ensilage, graminées prairiales
- 35 - 40 % de MS pour les plantes plus difficiles : légumineuses
- 50 - 60 % de MS pour l'enrubannage : compromis entre tenue des balles et risque de moisissure

2

Un Silo tassé (dense = peu poreux) :

*Tassement par couche fine (10 cm), avec un engin lourd aux pneus gonflés*

3

Un silo hermétique :

*Bâches latérales, charge régulière, continue, parallèle et transversale au silo*

4

Désilage de 10 à 20 cm/jour



# 3bis – Balles de foin : Pertes

Température	Aspect / Couleur	Pertes / Incidences
< 40 °C	Préjudice quasi imperceptible	–
40–60 °C	Foin gris, poussiéreux	10–15 % de pertes de MO / valeur énergétique 15–25 % de baisse de digestibilité des protéines
60–80 °C	Brun caramel	15–30 % de pertes de MO / valeur énergétique 30–60 % de baisse de digestibilité des protéines
> 80–90 °C	Brun-noir	Danger : l'incendie couve Incidence très forte, aucune référence



# 4 – Conservateurs d'ensilage : familles et actions

## Types d'additif d'ensilage

## Principaux mécanismes d'action

## Objectifs recherchés

### Biologiques

Bactéries lactiques **homofermentaires**

Sucres simples (hexose) à acide lactique

**Baisse rapide du pH**

Bactéries lactiques **hétérofermentaires**

Sucres simples à acide lactique et acétique, Alcool, 1.2-propanediol  
Acide lactique à acide acétique

**Stabilité aérobie**

Enzymes

Sucres complexes à sucres simples

Augmente le taux sucres  
fermentescibles





# 4 – Conservateurs d'ensilage : familles et actions

## Types d'additif d'ensilage

## Principaux mécanismes d'action

## Objectifs recherchés

### Biologiques

Bactéries lactiques **homofermentaires**

Sucres simples (hexose) à acide lactique

**Baisse rapide du pH**

Bactéries lactiques **hétérofermentaires**

Sucres simples à acide lactique et acétique, Alcool, 1.2-propanediol  
Acide lactique à acide acétique

**Stabilité aérobique**

Enzymes

Sucres complexes à sucres simples

Augmente le taux sucres fermentescibles

### Chimiques

Acide **formique**

Baisse directe du pH

**Baisse rapide du pH**

Acide **propionique**, sorbique, benzoïque, acétique

Activité antifongique  
Baisse directe du pH

**Stabilité aérobique**

**Baisse rapide du pH**

Sels, tanins

Inhibition microbienne, diminution de l'activité de l'eau  
Baisse du pH par la libération d'acide (« sels d'acide »)

Inhibition microbienne

**Baisse rapide du pH**



# 4 – Conservateurs d'ensilage : Effets mesurés

Effet sur la baisse du pH (stabilisation du silo)

Type de conservateur	Meta-analyse	Type de fourrage	Nb. études
Bactéries HOMO.	<i>Oliveira et al. 2017</i>	Tout fourrages	130
		Maïs, sorgho	30
		Prairie	39
		Luzerne	12
	<i>Brocard 2015</i>	Graminées Prairiales	52
Chimique	<i>Brocard 2015</i>	Graminées Prairiales	12



# 4 – Conservateurs d'ensilage : Effets mesurés

Effet sur la baisse du pH (stabilisation du silo)

Type de conservateur	Meta-analyse	Type de fourrage	Nb. études	pH	Prés. MS <sup>3</sup> %
Bactéries HOMO.	<i>Oliveira et al. 2017</i>	Tout fourrages	130	-0.11	0.78
		Maïs, sorgho	30	-0.01	-0.02
		Prairie	39	-0.17	2.65
		Luzerne	12	-0.26	
	<i>Brocard 2015</i>	Graminées Prairiales	52	-0.46	3.89
Chimique	<i>Brocard 2015</i>	Graminées Prairiales	12	-0.36	

✓ Effet positif sur la baisse de pH et la préservation de la MS

*Sauf sur maïs, qui est facilement ensilable*

# 4 - Conservateurs d'ensilage : Effets mesurés

Effet sur la baisse du pH (stabilisation du silo)

Type de conservateur	Meta-analyse	Type de fourrage	Nb. études	pH	Prés. MS <sup>3</sup> %	NH3-N (% de N)
Bactéries HOMO.	Oliveira et al. 2017	Tout fourrages	130	-0.11	0.78	-1.31
		Maïs, sorgho	30	-0.01	-0.02	
		Prairie	39	-0.17	2.65	
		Luzerne	12	-0.26		
	Brocard 2015	Graminées Prairiales	52	-0.46	3.89	-1.19
Chimique	Brocard 2015	Graminées Prairiales	12	-0.36		-7.53

- ✓ Effet positif sur la baisse de pH et la préservation de la MS  
*Sauf sur maïs, qui est facilement ensilable*
- ✓ Préservation de la qualité



# 4 - Conservateurs d'ensilage : Effets mesurés

Effet sur la baisse du pH (stabilisation du silo)

Type de conservateur	Meta-analyse	Type de fourrage	Nb. études	pH	Prés. MS <sup>3</sup> %	NH3-N (% de N)	Levure (log ufc <sup>4</sup> /g MB)	Clostridies (log ufc/g MB)	Taux butyrate (g/kg MS)	Stab. Aéro. <sup>5</sup> (h)
Bactéries HOMO.	Oliveira et al. 2017	Tout fourrages	130	-0.11	0.78	-1.31	0.28	-1.94	-0.05	-2
		Maïs, sorgho	30	-0.01	-0.02					
		Prairie	39	-0.17	2.65					
		Luzerne	12	-0.26						
	Brocard 2015	Graminées Prairiales	52	-0.46	3.89	-1.19	0.03			-32
Chimique	Brocard 2015	Graminées Prairiales	12	-0.36		-7.53	0.94			

✓ Effet positif sur la baisse de pH et la préservation de la MS

*Sauf sur maïs qui est facilement ensilable*

✓ Préservation de la qualité

✗ Pas d'amélioration de la stabilité aérobie

# 4 – Conservateurs d'ensilage : Effets mesurés

## Effet sur la stabilité aérobique

Type de conservateur	Meta-analyse	Type de fourrage	Nb. études
Bactéries  HE <sup>2</sup>	<i>Brocard 2015</i>	Graminées Prairiales	31
	<i>Kleinschmit et al. 2006</i>	Prairies, CER. IM. <sup>5</sup>	17
		Maïs	26





# 4 – Conservateurs d'ensilage : Effets mesurés

## Effet sur la stabilité aérobique

Type de conservateur	Meta-analyse	Type de fourrage	Nb. études	pH	Prés. MS <sup>3</sup> %	NH3-N (% de N)
Bactéries  HE <sup>2</sup>	<i>Brocard 2015</i>	Graminées Prairiales	31	0.00	0.61	3.73
	<i>Kleinschmit et al. 2006</i>	Prairies, CER. IM. <sup>5</sup>	17	0.22	-1.3	-0.01
		Maïs	26	0.18	-1.00	0.00

X Pas d'effet sur la baisse du pH, ni sur la préservation de la MS



# 4 - Conservateurs d'ensilage : Effets mesurés

## Effet sur la stabilité aérobique

Type de conservateur	Meta-analyse	Type de fourrage	Nb. études	pH	Prés. MS <sup>3</sup> %	NH3-N (% de N)	Levure (log ufc <sup>4</sup> /g MB)	Clostridies (log ufc/g MB)	Taux butyrate (g/kg MS)	Stab. Aéro. <sup>5</sup> (h)
Bactéries  HE <sup>2</sup>	Brocard 2015	Graminées Prairiales	31	0.00	0.61	3.73	-1.71			220
	Kleinschmit et al. 2006	Prairies, CER. IM. <sup>5</sup>	17	0.22	-1.3	-0.01	-0.39			39
		Maïs	26	0.18	-1.00	0.00	-2.30			478

X Pas d'effet sur la baisse du pH, ni sur la préservation de la MS

- ✓ Effet positif sur les comptages de levure
- ✓ Amélioration de la stabilité aérobique



# 4 - Conservateurs d'ensilage : Effets mesurés

Mix de bactéries Homofermentaires + Hétérofermentaires

Type de conservateur	Meta-analyse	Type de fourrage	Nb. études	pH	Prés. MS <sup>3</sup> %	NH3-N (% de N)	Levure (log ufc <sup>4</sup> /g MB)	Clostridies (log ufc/g MB)	Taux butyrate (g/kg MS)	Stab. Aéro. <sup>5</sup> (h)
Bactéries HO + HE	Brocard 2015	Graminées Prairiales	17	-0.30	2.61	1.29	-1.73			213

- ✓ Effet positif sur la baisse de pH et la préservation de la MS
- ✓ Préservation de la qualité
- ✓ Effet positif sur les comptages de levures
- ✓ Amélioration de la stabilité aérobique

## 4 - Conservateurs d'ensilage : en résumé



- En résumé :
  - Quelles actions je souhaite avoir ?
  - Puis-je l'améliorer par mes pratiques de récolte ? (Préfanage, dimensionnement du silo, ...)
- Choisir le bon conservateur et l'appliquer de façon homogène durant le chantier

# En conclusion

- Pour préserver la qualité et la quantité du fourrage :
  - Choisir et régler la chaîne de récolte pour :
    - Limiter les pertes mécaniques
    - Assurer la MS du fourrage à la récolte
- Confectionner un silo (balle) le plus dense et hermétique possible
- Dimensionner le silo pour assurer un désilage rapide.
- Le conservateur sert à sécuriser les fourrages à risque, et non à compenser des négligences lors du chantier de récolte.





# Merci de votre attention !

Silvère Gelineau

*Ingénieur agronomie et productions fourragères*

*Ferme expérimentale de la Jaillière (44)*

[s.gelineau@arvalis.fr](mailto:s.gelineau@arvalis.fr)

