

Intérêts des prémélanges d'additifs pour ensilage NOLISIL, pour l'amélioration de l'acidification et de la stabilité aérobie des ensilages

V. Paumelle ^{1,2}

Les additifs technologiques pour l'ensilage, constituent un des leviers de réduction des pertes d'ensilage en élevage, mais qu'en est-il de leurs effets techniques ? Les travaux présentés ici visent à démontrer l'intérêt de deux produits développés spécifiquement pour répondre aux problématiques liées à la conservation des différents fourrages.

RESUME

Les additifs pour l'ensilage sont des additifs technologiques pour l'alimentation animale utilisés pour améliorer la conservation des ensilages. Ils contribuent notamment à l'amélioration de l'acidification, à la confection, ou de la stabilité aérobie, après ouverture. L'évaluation des valorisateurs d'ensilage repose sur des modélisations à l'échelle laboratoire. Les résultats présentés ici mettent en avant les effets de deux produits. Une acidification plus importante sur les ensilages de raygrass et de luzerne a été obtenue avec le NOLISIL HL100 (0,5 de pH en moins après 2-3 jours en moyenne). Les essais sur l'ensilage de maïs mettent eux en avant une amélioration de la stabilité aérobie avec NOLISIL MC100 (avec 4 jours supplémentaires sans échauffement en moyenne).

SUMMARY

Interest of the NOLISIL silage additives premixture on the improvement of acidification and aerobic stability of silages.

Silage additives, commonly presented as "silage inoculant" or "silage preservative", are technological feed additives used for silage conservation, especially thanks to a deeper and faster acidification of the forages, and to an improvement of aerobic stability once the silo opened. Standard evaluation of the silage inoculant effects in the European Union relies on microsilos tests, modeling standard silos at the laboratory scale. Results presented here shows the effects of two products, NOLISIL HL100 for grass and legume silages, and NOLISIL MC100 for maize and whole crop cereal silage. A stronger acidification was demonstrated on ray grass and alfalfa silage with the NOLISIL HL100 (-0,5 pH after 2-3 days on average). Maize silage trials demonstrated a better aerobic stability with NOLISIL MC100 (with 4 days more than the negative control without heating on average) after only 32 days and 45 days of fermentation.

L'ensilage est la technique majoritairement utilisée pour assurer la conservation des fourrages en élevages en France. Cependant, en dépit d'une conservation correcte en apparence, une part non négligeable de la matière sèche peut être perdue à cause des micro-organismes d'altérations (Borreani *et al.*, 2018), ce qui a des conséquences économiques majeures en élevage.

Les pertes de matières sèches sont particulièrement importantes lors de la phase aérobie, c'est-à-dire après l'ouverture du silo. En effet, avec l'apport de dioxygène, les levures et moisissures reprennent en activité ce qui est à l'origine d'une **instabilité aérobie** au niveau de la zone de consommation des silos, appelée front d'attaque. Cette instabilité de l'ensilage est caractérisée par une

élévation importante de la température au niveau du front d'attaque, appelée « chauffe » en exploitation agricole ou plus communément « échauffement » dans la littérature scientifique. Cette élévation de température en surface associée à une reprise des réactions aérobies est à dissocier de la chaleur résiduelle liée à l'inertie thermique de la masse d'ensilage.

L'utilisation d'**additifs technologiques pour l'ensilage**, communément appelés « valorisateurs d'ensilages » ou « conservateurs de fourrages », est un des leviers permettant d'améliorer la conservation de l'ensilage des fourrages en orientant les fermentations. Parmi les bactéries lactiques autorisées comme additifs technologiques pour l'ensilage en Union Européenne, on peut distinguer deux types de profils complémentaires.

AUTEURS

1 : NOLIVADE - 2/4 Avenue de Ker Lann, 35170 BRUZ - victor.paumelle@nolivade.com

2 : MIXSCIENCE - 2/4 Avenue de Ker Lann, 35170 BRUZ - victor.paumelle@mixscience.eu

MOTS-CLES : ensilage, stabilisateur, conservation des fourrages, fermentation anaérobie

KEY-WORDS: silage, stabilizer, forage conservation, anaerobic fermentation

REFERENCE DE L'ARTICLE : Paumelle V., (2022). « Intérêts des prémélanges d'additifs pour ensilage NOLISIL, pour l'amélioration de l'acidification et de la stabilité aérobie des ensilages ». *Fourrages* 248, 29-34

- Les **bactéries homofermentaires** agissent en favorisant la fermentation lactique à partir des sucres solubles. Ce type d'activation peut être nécessaire pour l'ensilage de fourrages pauvres en sucres, comme les légumineuses.
- Les **bactéries hétérofermentaires**, elles, conviennent particulièrement à l'ensilage de fourrages riches en sucres solubles, comme le maïs plante entière. Ces bactéries sont utilisées en raison d'une production de composés avec des propriétés antifongiques comme l'acide acétique, à partir des sucres solubles et de l'acide lactique formé au cours du stockage de l'ensilage. Cependant, l'action de ces bactéries nécessite un temps de fermeture important, avec jusqu'à 60 jours avant de pouvoir ouvrir le silo (Muck, 2010).

Au vu de la grande variété de souches bactériennes autorisées sur le marché comme additifs pour l'ensilage, et de l'hétérogénéité des données scientifiques, le développement de nouveaux valorisateurs bactériens implique une étape de **validation technique** de leurs effets sur différents ensilages.

Ainsi, il est possible d'évaluer techniquement l'intérêt de valorisateurs par rapports à leurs principaux effets attendus : l'amélioration de la stabilité aérobie pour les fourrages riches en sucres et l'amélioration de l'acidification pour les fourrages riches en protéines. À ce titre, les travaux présentés ici se sont focalisés sur l'évaluation technique de deux produits valorisateurs : NOLISIL HL100 destiné aux ensilages d'herbes et de légumineuses, et NOLISIL MC100 destiné aux ensilages de maïs et de céréales immatures.

1. Matériel et méthodes

L'évaluation des différents traitements valorisateurs d'ensilages à partir de silos réels, et comparables entre eux, semble peu réaliste. En effet, la comparaison de silos, de tailles équivalentes, composés des mêmes fourrages, ensilés et ouverts aux mêmes dates d'une part et consommés à rythme égal d'autre part, s'avère difficile. Cette comparaison théorique serait par ailleurs non seulement extrêmement complexe à mettre en œuvre mais aussi et surtout particulièrement onéreuse et chronophage.

Aussi, dans une optique d'évaluation scientifique grâce à un dispositif expérimental reproductible et robuste, l'évaluation de différents traitements valorisateurs peut être réalisée grâce à des **microsilos**, parfois également appelés mini-silos. L'utilisation de ce type de dispositif à l'échelle réduite étant considérée comme une référence pour l'évaluation des effets des valorisateurs pour l'ensilages par l'EFSA, Autorité Européenne pour la Sécurité des Aliments (FEEDAP, 2006). Les essais présentés ici reposent sur l'adaptation de cette méthode de référence.

1.1. Confection des microsilos au laboratoire

La fabrication des microsilos repose sur l'utilisation d'un fourrage préalablement récolté sans application de valorisateur d'ensilage, ni d'agents conservateurs chimiques. Les fourrages destinés aux essais (Tableau 1) ont été prélevés lors des récoltes successives de fourrages destinés au troupeau laitier du Mixscience Research Center (Sourches, Saint-Symphorien (72), France).

	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4
Fourrage	Raygrass anglais	Luzerne	Maïs plante entière	Maïs plante entière
Matière sèche	34 %	35 %	32 %	32 %
Période de récolte	04/19	09/20	09/18	09/18

TABLEAU 1 : Caractéristiques des différents fourrages utilisés dans le cadre des tests présentés dans l'étude

Table 1: Characteristics of the different forages used in the tests presented in the study

Pour des raisons de conservations et de désynchronisation des périodes de récoltes et d'expérimentations, le fourrage vert récolté a été immédiatement congelé à -20°C avant d'être utilisé ultérieurement dans les différents essais. Lors des premiers tests (Essai 3 et Essai 4 ici), la flore épiphyte a fait l'objet d'un contrôle après décongélation du fourrage. Cela met en évidence des concentrations en flore lactique épiphyte supérieures à 10^6 unités formant colonies (ufc)/g avant ensilage et supérieures à 10^8 ufc/g à l'ouverture des microsilos (méthode de référence EN 15787), ce qui laisse penser que l'impact potentiel du stockage sur la flore épiphyte est limité.

Les échantillons d'ensilages verts sont préalablement décongelés pendant 12h à 20°C . La quantité d'ensilage nécessaire à l'élaboration de l'ensemble des microsilos pour chaque traitement est ensuite homogénéisée manuellement avant application du traitement concerné à l'aide d'un pulvérisateur manuel Matabi Style 1.5 (Matabi, Espagne). Les différents traitements sont les suivants :

- **Témoin négatif** : eau du réseau (24mL/kg d'ensilage vert), noté ensuite « T- »,
- **NOLISIL HL100** ou **NOLISIL MC100** : valorisateurs appliqués à 2g/T d'ensilage, dilués dans de l'eau du réseau (24 mL/kg d'ensilage vert). Ces deux produits correspondent à des formulations de bactéries lactiques homofermentaires et hétérofermentaires, des genres *Lactobacillus* et

Pediococcus, et sont notés ensuite respectivement « NHL100 » et « NMC100 »,

Ces deux produits étant encore au stade expérimental, les combinaisons spécifiques de souches utilisées ne peuvent être indiquées dans ce papier.

L'application des différents traitements se fait par pulvérisation suivi d'une homogénéisation manuelle de l'ensemble du fourrage traité.

Quatre essais différents ont été réalisés (Tableau 2). Pour les essais 1 et 2, 8 microsilos sont préparés par essai, soit 4 de chaque modalité. Pour les essais 3 et 4, 10 microsilos sont préparés par essai soit 5 de chaque modalité. Chaque microsilos est préparé en incorporant 1kg d'ensilage vert dans un bocal en verre de 3L (Le Parfait®, France), ce qui représente une occupation de 2L en moyenne. La masse de fourrage incorporée dans chaque microsilos fait l'objet d'un contrôle pour correspondre à 1 kg. L'écart de densité par rapport à des silos réalisés en élevage est compensé par l'ajout de lest sur la partie supérieure des microsilos. Ainsi, le tassement par les couches d'ensilages supérieures est modélisé par l'incorporation de deux poids métalliques de 1225g chacun (Standers, France) sur le dessus du fourrage à l'intérieur des microsilos. La densité de fourrage obtenue ainsi est comprise entre 400 kg / m³ et 500 kg / m³. L'absence d'impuretés est contrôlée visuellement lors de la pose du joint en caoutchouc afin d'éviter un défaut d'étanchéité. Les silos sont ensuite stockés à 20°C à l'abri de la lumière afin de modéliser le stockage réel en silo.

Fourrage	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4
	Raygrass anglais	Luzerne	Maïs plante entière	Maïs plante entière
Temps de fermentation maximum	6 jours	10 jours	32 jours	46 jours
Témoin	T-	T-	T-	T-
Traitement	NHL100	NHL100	NMC100	NMC100
Mesures de l'acidification	x	x		
Mesures de la stabilité aérobie			x	x
Microsilos par modalité de traitement	4	4	5	5

TABLEAU 2 : Résumé des dispositifs de tests des valorisateurs d'ensilages présentés dans l'étude
Table 2: Summary of the silage processor test systems presented in the study

Après une période définie pour chaque essai, inférieure à 10 jours pour les **suis de l'acidification** et

comprise entre 30 et 50 jours pour les **suis de stabilité aérobie**, les microsilos sont ouverts. Selon l'objectif du test, à savoir évaluation de l'acidification ou l'évaluation de la stabilité aérobie, différentes mesures sont réalisées.

1.2. Mesures de l'acidification

Afin de représenter les cinétiques d'évolutions du pH, des prélèvements échelonnés dans le temps ont été réalisés : 2 et 6 jours pour l'essai 1, et 3 et 10 jours pour l'essai 2. À chaque pas de temps deux microsilos par modalité sont ouverts et font l'objet de deux prélèvements chacun de 300g d'ensilage ensuite congelés à -20°C. 8 échantillons, 4 témoins et 4 traitements, sont ainsi prélevés à chaque pas de temps de mesure. Le reste de l'ensilage de chaque microsilos est également congelé afin de pouvoir être utilisé en échantillon de secours. L'ensemble des échantillons collectés à l'issue de l'essai (n=16) est envoyé pour **analyses chimique du pH** en laboratoire externe (Artémis Laboratoires, Janzé). L'effet produit sur l'acidification est ensuite analysé en comparant les résultats pour chaque modalité de traitement à chaque pas de temps de mesure.

1.3. Mesures de la stabilité aérobie

La stabilité aérobie a été mesurée en se basant sur **l'élévation de la température** des microsilos comme précisé dans les directives de validation des effets des valorisateurs d'ensilages (FEEDAP, 2006). La mesure de stabilité aérobie a été effectuée quotidiennement en mesurant un écart de température entre la température ambiante (20°C ± 2°C) et la température du microsilos à 10 cm de profondeur à l'aide d'une sonde de mesure (DNF, France).

Une température moyenne basée sur les trois points de mesures pour chaque microsilos supérieure ou égale à 2°C par rapport à la température ambiante a été choisie comme seuil de référence pour l'instabilité en accord avec la littérature (Kleinschmit & Kung, 2006). Les mesures de température ont été effectuées selon la figure 1.

La durée de stabilité aérobie pour chaque microsilos a été déterminée en se basant sur le jour d'observation de la première instabilité après ouverture. L'effet traitement sur la stabilité aérobie est ensuite analysé en comparant les microsilos de chaque modalité de traitement (n=5), pour chaque essai.

1.4. Analyse statistique des résultats

L'analyse de l'effet des traitements pour chaque essai a fait l'objet de tests non paramétriques pour les comparaisons deux à deux (test de Wilcoxon). Le seuil de significativité a été fixé à 0,05 et le seuil de tendance à 0,1. Les analyses statistiques et les représentations graphiques ont été réalisées avec les logiciels R et R-Studio.

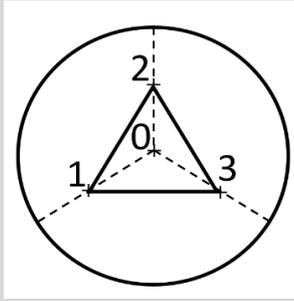


FIGURE 1 : Vue aérienne du plan de mesure de la température au niveau du front aérobie de chaque microsilos. (Légende : 0 - centre du microsilos, 1, 2, 3 - points de mesures centrés)

Figure 1 : Aerial view of the temperature measurement plane at the aerobic front of each microsilos.

2. Résultats et discussions : évaluation de l'amélioration de la conservation des ensilages

Les essais 1 et 2 visent à évaluer l'intérêt technique du NOLISIL HL100 pour l'acidification des fourrages.

Dans l'essai 1, l'évaluation de l'évolution du pH de l'ensilage de ray-grass met en avant une diminution du pH plus rapide avec le valorisateur d'ensilage NOLISIL HL100 (Figure 2). Après 2 jours, le pH moyen est de 5,07 pour les ensilages non traités contre 4,70 pour les ensilages traités, soit une différence numérique de 7,3 % ($p < 0,1$). Après 6 jours, le pH moyen est de 4,38 pour les

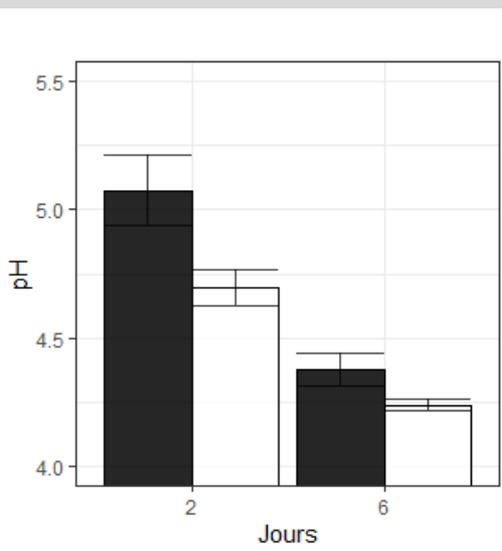


FIGURE 2 : Évolution du pH de l'ensilage de raygrass anglais au cours du temps en phase anaérobie (Légende : noir : T- ; blanc : NHL100)

Figure 2: pH evolution of English ryegrass silage over time in anaerobic phase

ensilages non traités contre 4,24 pour les ensilages traités, soit une différence significative de 3,2 % ($p < 0,05$).

Dans l'essai 2, l'évaluation de l'évolution du pH de l'ensilage de luzerne met également en avant une diminution du pH plus rapide avec le valorisateur d'ensilage NOLISIL HL100 (Figure 3). Après 3 jours, le pH moyen est de 5,28 pour les ensilages non traités contre 4,71 pour les ensilages traités, soit une différence significative de 10,8 % ($p < 0,05$). Après 10 jours, le pH moyen est de 4,51 pour les ensilages non traités contre 4,24 pour les ensilages traités, soit une différence significative de 6,0 % ($p < 0,05$). Les résultats obtenus dans les essais 1 et 2 mettent en avant une **accélération de l'acidification** au cours du temps dans les ensilages. L'accélération de l'acidification est par ailleurs documentée comme limitant le développement des micro-organismes indésirables comme les levures et moisissures et les entérobactéries (Muck, 2010). Enfin, ces résultats préliminaires obtenus sur l'amélioration de l'acidification vont dans le sens d'une inhibition du développement indésirable des clostridies. Ces mesures pourraient être complétées par des mesures de la solubilisation des protéines pour conforter les hypothèses liées à l'amélioration de la conservation.

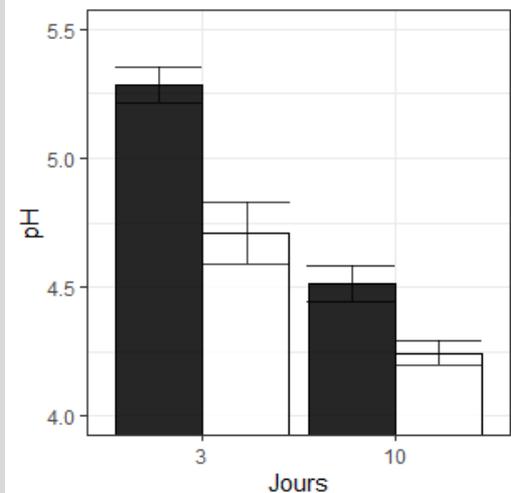


FIGURE 3 : Évolution du pH de l'ensilage de luzerne au cours du temps en phase anaérobie (Légende : noir : T- ; blanc : NHL100)

Table 1 : pH evolution of the alfalfa silage over time in the anaerobic phase

L'utilisation d'un valorisateur d'ensilage avec des effets techniquement validés comme le NOLISIL HL100 est donc un des leviers pour **améliorer la conservation des ensilages** de graminées et de légumineuses, seules ou en associations (méteils).

Néanmoins, la baisse du pH seule ne suffit pas à maintenir une bonne stabilité aérobie en raison de la reprise d'activité des levures et moisissures en présence

de dioxygène (Muck, 2010). L'intérêt technique du NOLISIL MC100 sur l'amélioration de la stabilité aérobie a donc été évalué dans le cadre des essais 3 et 4.

Dans l'essai 3, l'évaluation de l'évolution de la stabilité aérobie de l'ensilage de maïs plante entière met en avant une stabilité aérobie améliorée avec le valorisateur d'ensilage NOLISIL MC100 (Figure 4). Après 32 jours de phase anaérobie, le suivi aérobie de l'ensilage met en évidence une instabilité moyenne après 4,4 jours pour les ensilages non traités contre 8,80 pour les ensilages traités, soit une différence significative de 100 % de stabilité en plus ($p < 0,05$).

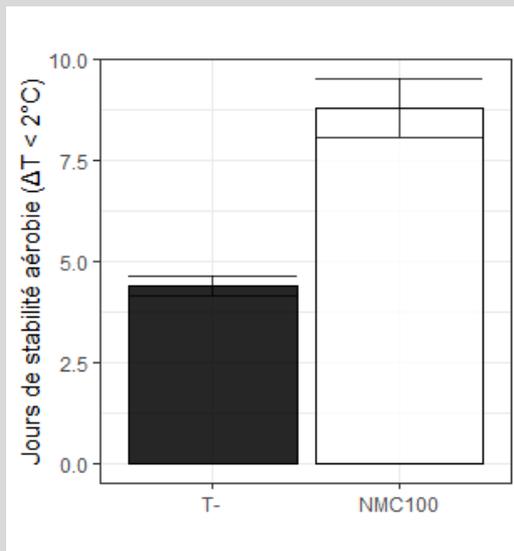


FIGURE 4 : Évaluation de la stabilité aérobie, après 32 jours de phase aérobie, basée sur l'élévation de la température de l'ensilage du maïs en fonction du traitement

Figure 4: Evaluation of aerobic stability, after 32 days of aerobic phase, based on temperature rise of corn silage as a function of treatment

Dans l'essai 4, l'évaluation de l'évolution de la stabilité aérobie de l'ensilage de maïs plante entière met également en avant une stabilité aérobie améliorée avec le valorisateur d'ensilage NOLISIL MC100 (Figure 5). Après 46 jours de phase anaérobie, le suivi aérobie de l'ensilage met en évidence une instabilité moyenne après 6,4 jours pour les ensilages non traités contre 10 jours pour les ensilages traités, soit une différence significative de 56 % de stabilité en plus ($p < 0,05$).

Les résultats obtenus dans les essais 3 et 4 mettent en avant un **gain de stabilité** majeur de l'ensilage, allant au-delà de l'amélioration de la stabilité au cours du temps en raison de l'acidification.

Les teneurs élevées en sucres solubles de l'ensilage de maïs plante entière sont associées à un fort potentiel de développement des levures et moisissures après l'ouverture du silo. L'utilisation d'un valorisateur d'ensilage contenant des bactéries hétéro-fermentaires

comme le NOLISIL MC100 permet de réduire ce risque de développement et donc d'améliorer la stabilité aérobie. Cette amélioration de la stabilité est directement associée à une **réduction de l'échauffement** de l'ensilage. Les résultats présentés ici sur le NOLISIL MC100 sont d'autant plus prometteurs que la stabilité aérobie a été mesurée malgré une période de fermeture relativement courte. En effet, 45 à 60 jours sont normalement nécessaires pour observer les effets des bactéries lactiques hétéro-fermentaires comme notamment *Lactobacillus buchneri* (Muck, 2010).

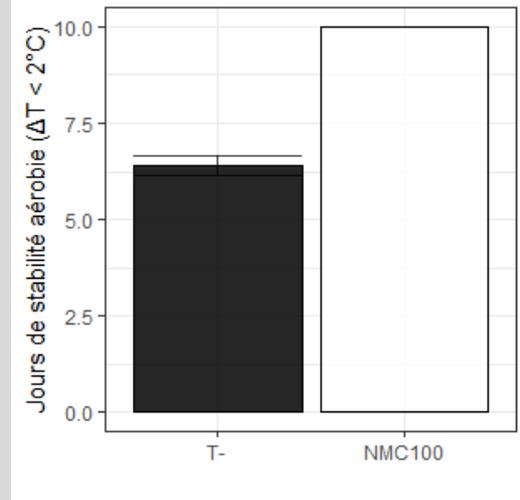


FIGURE 5 : Évaluation de la stabilité aérobie, après 46 jours de phase aérobie, basée sur l'élévation de la température de l'ensilage du maïs en fonction du traitement

Figure 5: Evaluation of aerobic stability, after 46 days of aerobic phase, based on temperature rise of corn silage as a function of treatment

3. Conclusion

L'utilisation de valorisateurs d'ensilages validés techniquement, comme le NOLISIL HL100 et le NOLISIL MC100 présentés ici, permet de répondre aux problématiques de conservations associées aux différents fourrages ensilés.

L'utilisation de NOLISIL HL100 a permis d'améliorer la conservation des ensilages de raygrass et de luzerne. Pour ce type d'ensilages pauvres en sucres solubles, un pH supérieur à 5 est reconnu comme pouvant être à l'origine d'une absence de contrôle des microorganismes indésirables. Il existe donc un risque de détérioration de l'ensilage si le pH reste au-dessus de cette valeur seuil. En pratique, cela peut se traduire par une prolifération des micro-organismes indésirables comme les clostridies. Dans ce cas, les **fermentations butyriques** de l'ensilage se traduisent par une putréfaction apparente de l'ensilage (Paragon *et al.*, 2004). Les résultats obtenus dans le cadre des tests en

conditions contrôlées, et sur des silos à l'échelle laboratoire, mettent donc en évidence que l'utilisation d'un valorisateur d'ensilage comme le NOLISIL HL100 contribue à réduire ce type de risques de développement indésirable.

L'utilisation de NOLISIL MC100 a permis d'améliorer la stabilité aérobie des ensilages de maïs plante entière, y compris avec des durées de fermentations inférieures à 60 jours. Pour ce type d'ensilages riches en sucres solubles, les risques liés à la conservation concernent majoritairement le front d'attaque, au contact de l'air. Cependant, l'élévation de la température peut également avoir lieu à l'auge, et est directement associée à une **diminution de l'appétence** du fourrage (Kung, 2010). Les résultats obtenus dans le cadre des tests en conditions contrôlées, et sur des silos à l'échelle laboratoire, mettent donc en évidence que l'utilisation d'un valorisateur d'ensilage adapté comme le NOLISIL MC100 contribue à gagner en praticité par rapport au rythme de désilage nécessaire pour limiter la « chauffe » au front d'attaque.

Il convient ici de rappeler plusieurs caractéristiques liées à l'utilisation des valorisateurs d'ensilages en élevage. D'une part, l'utilisation des valorisateurs d'ensilages ne se substitue pas aux bonnes pratiques d'ensilages. Il convient de maintenir un tassement suffisant et un désilage adapté. D'autre part, l'application des valorisateurs d'ensilages doit se faire grâce à des systèmes de pulvérisations adaptés,

qu'ils soient directement intégrés ou ajoutés *a posteriori* sur les machines de récoltes (ensileuses, auto-chargeuses, etc.). L'utilisation des systèmes d'applications doit faire l'objet d'une préparation, d'un réglage et d'un nettoyage adéquats en lien avec l'accompagnement technique référent.

Article accepté pour publication le 03 mars 2022

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Borreani G., Tabacco E., Schmidt R. J., Holmes B. J., Muck R. E., (2018). "Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages". *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3952-3979.
- FEEDAP, (2006). "Opinion of the Panel on additives and products or substances used in animal feed (FEEDAP) for the establishment of guidelines on the assessment of safety and efficacy of silage additives". *The EFSA Journal*, 349, 1-10.
- Kleinschmit D. H., Kung L. J., (2006). "A Meta-Analysis of the Effects of *Lactobacillus buchneri* on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn and Grass and Small-Grain Silages". *Journal of Dairy Science*, 89(10), 4005-4013.
- Kung L. J., (2010). "Aerobic Stability of Silage". *California Alfalfa & Forage Symposium and Corn/Cereal Silage Conference*, (p. 14). Visala, CA.
- Muck R. E., (2010). "Silage microbiology and its control through additives". *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 183-191.
- Paragon B., Andrieu J., Brunshwig P., Brunshwig F., Griess D., Heuchel V., Valentin S., (2004). "Bonnes pratiques de fabrication de l'ensilage pour une meilleure maîtrise des risques sanitaires". *Agence française de sécurité sanitaire des aliments. Editions AFSSA*, 1-118.