

# Test d'efficacité de divers conservateurs pour foin humides

Ueli Wyss, Agroscope, Institut des sciences en production animale IPA, 1725 Posieux, Suisse  
Renseignements: Ueli Wyss, e-mail: ueli.wyss@agroscope.admin.ch



Installation expérimentale pour mesurer l'échauffement du foin humide. (Photo: Ueli Wyss, Agroscope)

## Introduction

Le foin séché au sol n'affiche pas toujours une teneur en matière sèche supérieure à 85 %, valeur requise pour garantir une conservation sans problème. Cet état se rencontre principalement avec les balles très fortement pressées, d'où l'humidité résiduelle ne peut s'échapper que lentement. Divers micro-organismes se développent alors, notamment les moisissures, et le

fourrage s'échauffe et moisit. L'emploi d'agents conservateurs, la plupart à base d'acide propionique, permet d'empêcher le développement des micro-organismes.

Dans cet essai, l'efficacité de divers micro-organismes (bactéries lactiques et levures), d'enzymes ainsi que du produit Sil All Hay a été testée à l'échelle du laboratoire avec un fourrage ayant une teneur en matière sèche (MS) de 75 %.

## Matériel et méthodes

Pour les essais, du regain (2<sup>e</sup> coupe – riche en graminées, à prédominance ray-grass) a été humidifié de manière à obtenir une teneur en MS de 75 %. En raison du nombre de variantes, l'essai a été réalisé en deux séries. Chaque variante a été répétée trois fois. Une variante sans ajout de produit d'ensilage a servi de contrôle négatif et une variante avec de l'acide propionique de contrôle positif (produit Luprosil: 99,5 % acide propionique), ceci pour les deux séries. Les différentes variantes figurent dans les tableaux 1 et 2. La souche de bactéries lactiques *Pediococcus pentosaceus*, la souche de levures *Pichia anomala* et l'enzyme chitinase de la firme Lallemand ont été étudiées seules et en combinaison. Le produit Sil All Hay de la firme Danstar Ferment, qui contient du sorbate de potassium, du benzoate de sodium et du propionate de sodium, a été également testé. Pour tous les traitements, sauf le contrôle positif, les produits ont été dilués dans l'eau. Les dosages ont été respectés selon les recommandations des firmes. Pour le contrôle négatif, la même quantité d'eau a été appliquée.

Les essais ont été réalisés à l'échelle du laboratoire, sur l'installation développée par Meisser (2001). Le fourrage a été introduit dans des cylindres en PVC pour être compressé à 175 kg de MF/m<sup>3</sup> (matière fraîche par m<sup>3</sup>). Chaque cylindre a été muni d'une sonde pour relever et enregistrer les températures toutes les 30 minutes pendant la durée de conservation de 30 jours. Les teneurs en MS et divers paramètres chimiques ont été relevés avant et après les 30 jours de conservation. Les nutriments ont été déterminés par spectroscopie dans le proche infrarouge (NIRS). L'azote insoluble (NADF) a aussi été analysé. La charge en microorganismes (bactéries aérobies mésophiles, moisissures et levures) dans le foin au début des tests et spécialement les moisissures dans toutes les variantes et répétitions à la fin des tests >

**Résumé** Le foin séché au sol doit être suffisamment sec à la récolte pour assurer un stockage sans problème. Une alternative est l'utilisation d'agents conservateurs pour empêcher l'échauffement et l'altération du fourrage. L'efficacité de divers micro-organismes (bactéries lactiques, levures et enzymes) ainsi que d'un produit contenant divers acides a été testée à l'échelle du laboratoire avec un foin humide (75 % de matière sèche). Seul le contrôle positif à base d'acide propionique est parvenu à éviter l'échauffement et l'altération du foin humide. Les variantes étudiées avec différents micro-organismes ou un produit chimique ne se sont pas révélées efficaces. Le foin humide s'étant échauffé, il était fortement moisi à la fin des tests.

Tableau 1 | Variantes pour la première série

N°	Description	Dosage par 100 kg de fourrage
1	Contrôle négatif	–
2	Contrôle positif = acide propionique	600 g
3	enzyme chitinase	0,15 g
4	<i>Pediococcus pentosaceus</i>	10 <sup>11</sup> UFC
5	<i>Pichia anomala</i> (dosage 1)	10 <sup>10</sup> UFC
6	<i>Pichia anomala</i> (dosage 2)	10 <sup>11</sup> UFC

Tableau 2 | Variantes pour la deuxième série

N°	Description	Dosage par 100 kg de fourrage
7	Contrôle négatif	–
8	Contrôle positif (acide propionique)	600 g
9	enzyme chitinase et <i>Pediococcus pentosaceus</i>	0,15 g 10 <sup>11</sup> UFC
10	enzyme chitinase et <i>Pichia anomala</i>	0,15 g 10 <sup>10</sup> UFC
11	<i>Pediococcus pentosaceus</i> et <i>Pichia anomala</i>	10 <sup>11</sup> UFC 10 <sup>10</sup> UFC
12	Sil All Hay	40 g

**Tableau 3 | Teneurs en MS et en nutriments du foin avant l'essai pour les deux séries**

	MS	Cendres	Matière azotée	Cellulose brute	ADF	NDF	Sucres	NADF N total
	%	g/kg MS	g/kg MS	g/kg MS	g/kg MS	g/kg MS	g/kg MS	%
Première série	74,7	80	117	249	271	468	130	3,0
Deuxième série	75,0	74	115	253	274	482	132	2,3

ADF: lignocellulose; NDF: parois; NADF/N total: azote insoluble par rapport à l'azote total.

**Tableau 4 | Charge en micro-organismes dans le foin avant les tests**

	Bactéries aérobies mésophiles log UFC/g	Moisissures log UFC/g	Levures log UFC/g
Première série	8,3	6,3	6,1
Deuxième série	8,3	6,2	6,2

UFC: unité formant colonie.

ont été déterminées. L'évaluation statistique a fait l'objet d'une analyse de variance et d'un test de Bonferroni (programme SYSTAT 13).

## Résultats

### Teneurs en MS et nutriments

Les teneurs en MS et les nutriments présents dans le fourrage avant le stockage figurent dans le tableau 3 pour les deux séries. Dans les trois groupes de micro-organismes bactéries, moisissures et levures, la charge était élevée, selon les valeurs d'orientation VDLUFA (tabl. 4). Toutefois, la charge en micro-organismes à la récolte est élevée, selon Adler et al. (2014), la charge en

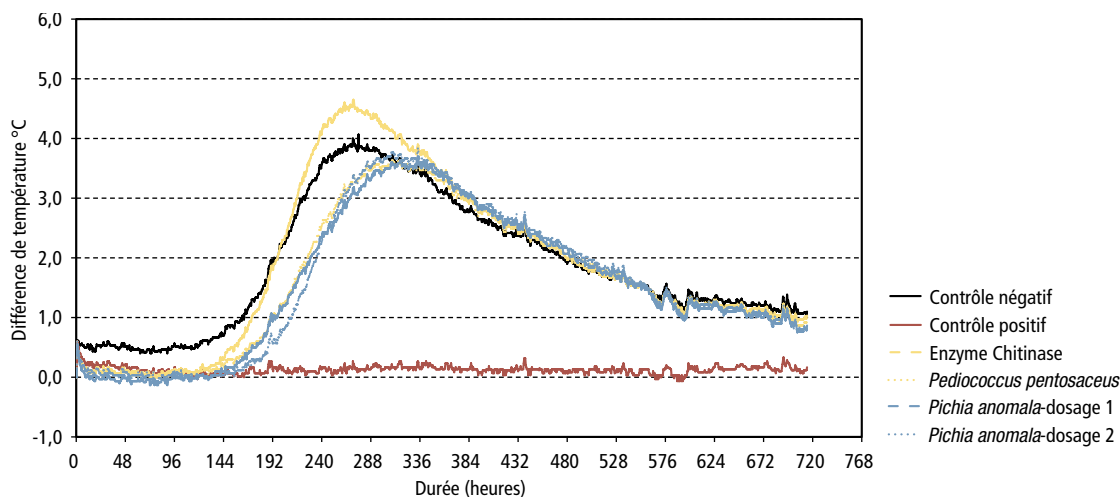
micro-organismes dans le foin diminue significativement si le foin était stocké dans de bonnes conditions jusqu'à l'affouragement.

### Températures pendant la conservation

Toutes les variantes des deux séries, exceptées celles du contrôle positif, se sont rapidement et considérablement échauffées (fig. 1 et 2). L'inefficacité de la souche de bactéries lactiques ajoutée peut s'expliquer par le fait que les bactéries lactiques sont actives en conditions anaérobies, ce qui n'est pas le cas avec le stockage du foin humide. Même le produit Sil All Hay n'a pas empêché l'échauffement. Il semble que le dosage de 400 g/t soit insuffisant. Comme le montrent les résultats de Wyss (2012), le dosage du produit joue ici un rôle déterminant pour obtenir un effet.

### Teneurs en MS et nutriments après stockage

Au cours de la conservation de 30 jours, l'altération du foin de plusieurs variantes a entraîné la formation d'eau, ce qui se remarque par des teneurs en MS plus basses. Après la conservation, seul le foin du contrôle positif a montré des teneurs en MS supérieures à 75 %. Pour ce dernier, il n'y a pas d'altération ni de dégradations par des micro-organismes.



**Figure 1 | Evolution de la température – première série (différence de température avec la température ambiante; température ambiante moyenne 21,5 °C)**

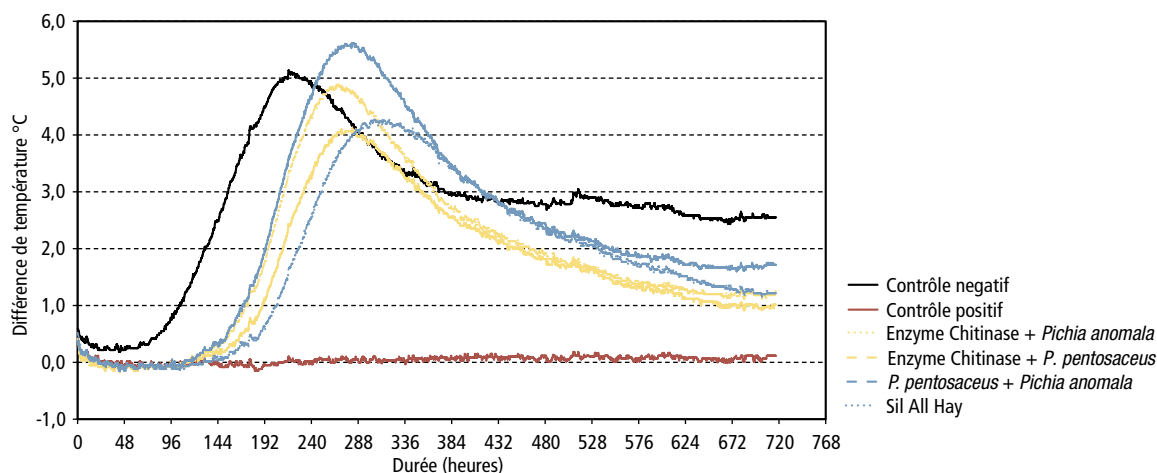


Figure 2 | Evolution de la température – deuxième série (différence de température avec la température ambiante; température ambiante moyenne 21,0 °C)

De plus, il y a eu des différences significatives entre le contrôle positif et presque toutes les autres variantes concernant les cendres, la matière azotée, les constituants pariétaux et le sucre (tabl. 5 et 6).

De même, la part d'azote insoluble par rapport à l'azote total – paramètre important pour décrire le processus de dénaturation – a montré des différences significatives entre les variantes de la première série. Pour la deuxième série, les différences n'étaient pas significatives. Le contrôle positif a obtenu dans les deux séries les valeurs les plus basses. Selon Weiss *et al.* (1992), plus la

part d'azote insoluble croît par rapport à l'azote total, plus la digestibilité de la matière azotée diminue.

La détérioration des foin a eu aussi des effets sur les pertes en MS et sur la teneur en NEL (tabl. 5 et 6). Pratiquement aucune perte en MS n'a été observée dans le contrôle positif. Au contraire, dans les autres variantes, des pertes en MS élevées ont été déterminées. La même situation est observée à propos des valeurs énergétiques NEL. Des valeurs en NEL significativement plus élevées ont été observées dans le foin humide du contrôle positif.

Tableau 5 | Paramètres chimiques du foin humide pour la première série après conservation

	Teneur en MS %	Cendres g/kg MS	Matière azotée g/kg MS	Cellulose brute g/kg MS	ADF g/kg MS	NDF g/kg MS	Sucres g/kg MS	NADF / N total %	Pertes en MS %	NEL MJ/kg MS
Contrôle négatif	73,3 <sup>a</sup>	84 <sup>b</sup>	135 <sup>b</sup>	310 <sup>b</sup>	361 <sup>b</sup>	593 <sup>c</sup>	58 <sup>a</sup>	5,7 <sup>b</sup>	11,5 <sup>b</sup>	5,1 <sup>b</sup>
Contrôle positif	78,2 <sup>b</sup>	60 <sup>a</sup>	117 <sup>a</sup>	254 <sup>a</sup>	268 <sup>a</sup>	489 <sup>a</sup>	138 <sup>b</sup>	2,4 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>	5,7 <sup>a</sup>
Enzyme chitinase	73,3 <sup>a</sup>	90 <sup>b</sup>	135 <sup>b</sup>	311 <sup>b</sup>	359 <sup>b</sup>	594 <sup>c</sup>	62 <sup>a</sup>	4,4 <sup>ab</sup>	13,1 <sup>b</sup>	5,1 <sup>b</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i>	74,1 <sup>a</sup>	84 <sup>b</sup>	130 <sup>b</sup>	306 <sup>b</sup>	352 <sup>b</sup>	576 <sup>bc</sup>	64 <sup>a</sup>	5,3 <sup>b</sup>	9,5 <sup>b</sup>	5,1 <sup>b</sup>
<i>Pichia anomala</i> (dosage 1)	73,6 <sup>a</sup>	88 <sup>b</sup>	129 <sup>b</sup>	313 <sup>b</sup>	360 <sup>b</sup>	590 <sup>bc</sup>	63 <sup>a</sup>	5,6 <sup>b</sup>	12,6 <sup>b</sup>	5,0 <sup>b</sup>
<i>Pichia anomala</i> (dosage 2)	74,5 <sup>a</sup>	74 <sup>ab</sup>	127 <sup>ab</sup>	297 <sup>b</sup>	345 <sup>b</sup>	555 <sup>b</sup>	69 <sup>a</sup>	4,5 <sup>ab</sup>	9,7 <sup>b</sup>	5,3 <sup>b</sup>
SE	0,53	3,1	2,0	3,4	4,5	6,9	4,2	0,42	1,1	0,06
Seuil de signification	***	***	***	***	***	***	***	**	***	***

MS: matière sèche; ADF: lignocellulose; NDF: paille; sucres: hydrates de carbones solubles dans l'éthanol; NADF/N total: azote insoluble par rapport à l'azote total; NEL: énergie nette pour la production laitière.

SE: erreur standard; n.s.: non significatif; \* p<0,05; \*\* p<0,01; \*\*\* p<0,001.

Des lettres minuscules différentes au sein d'une même colonne indiquent des moyennes significativement différentes entre les procédés au seuil de 5% (test Bonferroni).

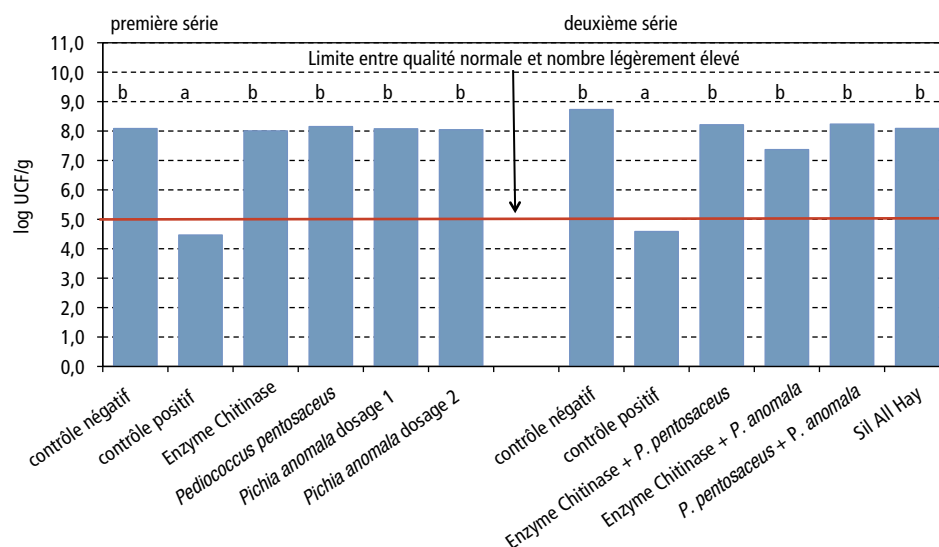
**Tableau 6 | Paramètres chimiques du foin humide pour la deuxième série après conservation**

	Teneur en MS %	Cendres g/kg MS	Matière azotée g/kg MS	Cellulose brute g/kg MS	ADF g/kg MS	NDF g/kg MS	Sucres g/kg MS	NADF/N total %	Pertes en MS %	NEL MJ/kg MS
Contrôle négatif	70,9 <sup>a</sup>	90 <sup>b</sup>	138 <sup>b</sup>	299 <sup>b</sup>	344 <sup>b</sup>	567 <sup>b</sup>	47 <sup>a</sup>	6,3	16,9 <sup>b</sup>	5,2 <sup>b</sup>
Contrôle positif	78,5 <sup>b</sup>	67 <sup>a</sup>	116 <sup>a</sup>	253 <sup>a</sup>	267 <sup>a</sup>	469 <sup>a</sup>	140 <sup>b</sup>	3,4	-0,7 <sup>a</sup>	5,6 <sup>a</sup>
Enzyme chitinase + <i>P. pentosaceus</i>	73,6 <sup>ab</sup>	84 <sup>ab</sup>	132 <sup>ab</sup>	302 <sup>b</sup>	342 <sup>b</sup>	563 <sup>b</sup>	64 <sup>a</sup>	4,3	11,9 <sup>ab</sup>	5,2 <sup>b</sup>
Enzyme chitinase + <i>P. anomala</i>	72,3 <sup>ab</sup>	81 <sup>ab</sup>	130 <sup>ab</sup>	312 <sup>b</sup>	351 <sup>b</sup>	579 <sup>b</sup>	63 <sup>a</sup>	5,3	14,9 <sup>b</sup>	5,1 <sup>b</sup>
<i>P. pentosaceus</i> + <i>P. anomala</i>	72,6 <sup>ab</sup>	83 <sup>ab</sup>	136 <sup>b</sup>	302 <sup>b</sup>	344 <sup>b</sup>	564 <sup>b</sup>	62 <sup>a</sup>	5,7	15,3 <sup>b</sup>	5,3 <sup>b</sup>
Sil All Hay	74,2 <sup>ab</sup>	76 <sup>ab</sup>	131 <sup>ab</sup>	299 <sup>b</sup>	339 <sup>b</sup>	561 <sup>b</sup>	73 <sup>a</sup>	4,7	9,5 <sup>ab</sup>	5,3 <sup>b</sup>
SE	1,35	3,8	3,4	3,1	4,9	6,6	5,4	0,99	2,6	0,05
Seuil de signification	*	*	**	***	***	***	***	n.s.	**	

MS: matière sèche; ADF: lignocellulose; NDF: paille; sucres: hydrates de carbones solubles dans l'éthanol; NADF/N total: azote insoluble par rapport à l'azote total; NEL: énergie nette pour la production laitière.

SE: erreur standard; n.s.: non significatif ; \* p<0,05; \*\* p<0,01; \*\*\* P<0,001.

Des lettres minuscules différentes au sein d'une même colonne indiquent des moyennes significativement différentes entre les procédés au seuil de 5 % (test Bonferroni).



**Figure 3 | Moisissures dans le foin humide (UFC: unité formant colonie).**

### Evaluation sensorielle et moisissures

Après la conservation d'une durée de 30 jours, le foin humide de toutes les variantes, sauf celui du contrôle positif des deux séries, était entièrement moisi. Il dégageait une forte odeur d'ammoniac.

Les analyses complémentaires portant sur les moisissures ont confirmé l'évaluation sensorielle. Selon les valeurs d'orientation de VDLUFA (2012), seules les valeurs pour le contrôle positif étaient au degré I, ce qui correspond à des valeurs normales. Pour toutes les autres variantes, les valeurs ont été classées au degré IV, ce qui est déjà considéré comme altéré (fig. 3).

### Conclusions

- Le foin humide non traité se conserve mal. Il s'échauffe et moisit.
- Le contrôle positif avec l'acide propionique a permis d'éviter l'échauffement et l'altération du foin.
- Les divers produits testés ne se sont pas révélés efficaces. Le foin humide traité s'est échauffé et était moisi à la fin des tests. Ceci s'explique d'une part par les conditions de stockage qui ne sont pas idéales pour les bactéries lactique et, d'autre part, par un dosage insuffisant.

**Riassunto****Test di efficacia di vari conservanti per il fieno umido**

Il fieno essiccato al suolo deve essere sufficientemente asciutto al momento del raccolto per garantire una conservazione senza problemi. Un'alternativa è l'utilizzo di conservanti per impedire il riscaldamento e il deterioramento del foraggio. È stata testata l'efficacia di vari microrganismi (batteri lattici, lieviti ed enzimi) e di un prodotto contenente diversi acidi su un fieno umido con un tenore in sostanza secca del 75 per cento sulla scala del laboratorio. Soltanto il controllo positivo a base di acido propionico ha consentito di evitare il riscaldamento e il deterioramento del fieno umido. Le varianti testate con diversi microrganismi o con un prodotto chimico non si sono rivelate efficaci. Il fieno umido si è riscaldato e al termine dei test è risultato decisamente ammuffito.

**Summary****Effect of preservatives in moist hay**

Field-dried hay must be sufficiently dry at harvest for problem-free storage. Alternatively, preservatives that prevent heating and spoilage may be added to the hay. In a trial, the efficacy of various microorganisms (lactic acid bacteria, yeasts and enzymes) as well as of a product containing various acids was tested in moist hay with a DM content of 75 % on a laboratory scale.

The positive control with propionic acid was the only one preventing the heating and deterioration of the hay. The variants with different microorganisms or a chemical product were not effective: the forage heated, and was highly mouldy at the end of the test.

**Key words:** hay, preservatives, lactic acid bacteria, yeasts, enzymes.

**Bibliographie**

- Adler A., Kiroje P., Reiter E. & Resch R., 2014. Einfluss unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Futterhygiene von Raufutter. Bericht über das 19. Alpenländische Expertenforum, 54-67.
- Meisser M., 2001. Conservation du foin humide. *Revue suisse d'Agriculture* **33** (2), 61–65.
- Weiss W. P., Conrad H. R. & St. Pierre N. R., 1992. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Anim. Feed Sci. Technol.* **39**, 95–110.
- Wyss U., 2012. Efficacité d'un agent conservateur du foin humide – résultats 2011. *Recherche Agronomique Suisse* **3** (6), 314–321.
- VDLUFA, 2012. Keimgehalte an Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzepilzen. Methodenbuch III, Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 8. Ergänzungslieferung 2012.