

Description des innovations visant l'amélioration de l'autonomie protéique mises en œuvre au sein d'exploitations agricoles innovantes ou des centres de recherche



Description des innovations visant l'amélioration de l'autonomie protéique mises en œuvre au sein d'exploitations agricoles innovantes ou des centres de recherche

Janvier 2021

© 2020

AutoProt

Le projet vise à diffuser des pratiques et innovations permettant d'améliorer l'autonomie protéique des systèmes laitiers de la Grande Région mais également de cette Région considérée dans sa globalité. L'implication des acteurs tout au long du projet doit permettre une évaluation critique et une appropriation de ces innovations par le secteur afin d'en accroître la compétitivité. Elle permettra aussi de pérenniser les échanges entre ces acteurs au-delà des limites du projet. Après avoir partagé et appliqué une méthodologie estimant l'autonomie et la durabilité des exploitations et territoires, un recensement des innovations mobilisables en vue d'améliorer ces dimensions sera effectué. Une attention particulière sera apportée aux leviers offerts par une gestion de la problématique à l'échelle de la Grande Région, ainsi qu'aux mesures permettant de réduire les freins limitant l'adoption des innovations et bonnes pratiques identifiées.

AutoProt est un projet du programme INTERREG VA de la Grande Région cofinancé par le Fonds européen de développement régional. Sous la présidence de CONVIS, une coopération entre 10 organisations partenaires de la Grande Région est établie.



INTERREG V A Grande Région

INTERREG, ou la « coopération territoriale européenne (CTE) », s'inscrit dans le cadre de la politique de cohésion européenne. Cette politique vise à renforcer la cohésion économique, sociale et territoriale en réduisant les différences de développement entre les différents territoires de l'Union européenne.

Financé par le « Fonds Européen de Développement Régional » (FEDER), INTERREG constitue depuis plus de 25 ans le cadre pour des coopérations transnationales, transfrontalières et interrégionales. 2014 était le point de départ de la 5e période de programmation INTERREG, qui se terminera en 2020. Le Programme INTERREG V A Grande Région soutient des projets de coopération transfrontalière entre acteurs locaux et régionaux issus des territoires qui composent la Grande Région.

Contact

CONVIS s.c.
4, Zone Artisanale et Commerciale
L-9085 Ettelbruck
Grand-Duché de Luxembourg
Tel : +352-26 81 20 – 0
Email : info@convis.lu

Pour le pdf de ce rapport, plus d'informations et de résultats, voir : www.autoprot.eu

Table des matières

Liste des tableaux.....	V
Liste des figures.....	V
1. Introduction.....	1
1.1. Objectif général et hypothèses	1
1.2. Objectifs spécifiques	1
1.3. Définition d'innovation	1
2. Méthodologie	2
2.1. Revue bibliographique	2
2.1.1. Littérature scientifique	2
2.1.2. Littérature grise	2
2.1.3. Sélection des innovations	2
2.2. Elaboration d'une typologie des innovations.....	3
2.3. Description des innovations.....	3
3. Typologie des innovations identifiées	7
4. Liste des innovations	9
5. Innovations sélectionnées	21
5.1. Production de luzerne et de trèfle violet.....	21
5.2. Pâturages sous couvert et fourrages sous couverts	28
5.3. Additifs pour ensilage	32
5.4. Vêlage précoce, vêlage groupé et saison de vêlage	36
5.5. Pâturage et robot de traite.....	42
5.6. Un silo unique	51
5.7. Séchage du foin en grange	54
5.8. Optimiser l'utilisation des pâturages.....	61
5.9. Récolte et séchage	65
5.10. Réduction de la taille du troupeau.....	68
5.11. Réduction de la part des protéines dans l'alimentation des vaches laitières	72
5.12. Equilibre de la ration en acides aminés	78
5.13. Produire un tourteau gras de colza à la ferme	82
5.14. Bonnes pratiques de gestion des troupeaux.....	85
5.15. Bonnes pratiques pour l'herbe et l'ensilage mixte.....	96
6. Conclusions.....	110
Annexe: Liste des mots utilisés dans la recherche de bibliographie scientifique.....	112

Liste des tableaux

Tableau 1: Explication du contenu de la canevas d'analyse des innovations	4
Tableau 2 : Liste des innovations. (TR : totalement pertinent, R : pertinent, M : je suis mitigé, I : non pertinent, TI : totalement non pertinent, DK : je ne sais pas, DA : je ne veux pas répondre ; échelle de mise en œuvre (ferme / expérimentale)).....	9
Tableau 3: Performances attendues de la luzerne et du trèfle violet (Autosysel s.d.)	21
Tableau 4: Qualité des tiges et des feuilles de luzerne au stade de la germination (Uijtewaal 2016). 24	
Tableau 5: Silos couloir et silo tour 25-35% MS (haché ou coupé)	33
Tableau 6: Balles rondes 30-50% DM	33
Tableau 7: Exemples de sous-produits produits dans la Grande Région qui pourraient être valorisés à la ferme en utilisant un silo unique avec leurs valeurs nutritionnelles (Matière sèche (MS), Énergie en VEM (VEM), Protéines digestibles (PD), Protéines brutes (PB)).....	51
Tableau 8: Impact de la réduction de la teneur en protéines dans le régime des vaches laitières (Broderick 2003).	72
Tableau 9: Gain d'efficacité protéique suite à une mise en œuvre dans différentes pratiques de gestion (Millet, Decruyenaere, Stilmant, et al. s. d.).....	86
Tableau 10 : Caractéristiques d'un bon ensilage d'herbe	104
Tableau 11: Critères d'évaluation sensorielle pour un bon ensilage (Cuvelier et Dufrasne, s.d.)	104
Tableau 12: Modélisation de la détérioration aérobie et de la conservation modérée des impacts de l'ensilage sur une exploitation laitière (van Schooten et Philipsen, n.d.)	106
Tableau 13: Comparaison d'un ensilage d'herbe de bonne et de mauvaise qualité dans le régime des vaches laitières (Cuvelier et Dufrasne, s.d.)	107
Tableau 14: Obstacles, leviers, avantages et inconvénients des différents types d'ensilage d'herbe	108

Liste des figures

Figure 1 : Etapes vers un système d'élevage plus durable utilisant l'approche ESR, adaptée de Rossing (2017)	6
Figure 2 : Représentation schématique de la typologie des innovations sélectionnées en relation avec l'autonomie protéique.	7
Figure 3: Gain d'autonomie associé à l'introduction de la luzerne dans l'alimentation (Férard et Carel 2017).....	22
Figure 4: Pertes de MS associées à la récolte et au stockage de la luzerne selon différentes techniques (Uijtewaal 2016).	24
Figure 5: lien entre production laitière et croissance de l'herbe	37
Figure 6: Organisation d'un robot de traite mobile dans un pâturage. (Guiocheau 2014)	43
Figure 7: Organisation des pâturages et du robot de traite dans l'étable (Lely 2016)	44
Figure 8: Différents systèmes de pâturage demandent des implications différentes	46
Figure 9: Relations entre l'ingestion de MS, la production de lait et le ratio entre les rejets azotés et l'azote du lait en fonction de la ration protéine/énergie du régime (Vérité et Delaby 1998).	73
Figure 10: Variation de la production laitière (kg de lait / jour) et de la teneur en protéines du lait (g / kg) en fonction du ratio DPI / UFL (Vérité et Delaby 1998).....	74
Figure 11: Réponse de la teneur en protéines du lait (g / kg) à une variation d'énergie (UFL / jour) à gauche, et réponse de la production laitière (kg / jour) à une variation d'énergie (UFL / jour) à droite. Les différentes courbes montrent une variation de la protéine par jour (Brun-Lafleur et al, 2009)	74
Figure 12: Efficacité protéique en fonction de la ration protéine/énergie de l'alimentation (Brun-Lafleur et al. 2009).....	76

Figure 13: Impact d'une diminution du ratio protéines/énergie sur l'ingestion, la production laitière et la teneur en protéines du lait (Institut de l'Elevage 2013).....	77
Figure 14: Représentation schématique de l'absorption et de l'utilisation de l'AA (Hérisset 2017). ...	78
Figure 15: différentes étapes de l'évolution de l'ensilage (Paragon et al.(2004))	98
Figure 16: Indications des pratiques de fauchage et de conditionnement de l'herbe et des légumineuses données par Arvalis (Uijtewaal, 2020)	100
Figure 17: Niveaux supérieur et inférieur cumulés de matière sèche (MS) et pertes totales d'énergie associées à chaque étape du processus d'ensilage (van Schooten et Philipsen, n.d.)	105

1. Introduction

1.1. Objectif général et hypothèses

L'objectif général de l'action 4 est d'identifier et de décrire les innovations mobilisées et/ou qui peuvent être mobilisées au sein d'exploitations laitières de la Grande Région afin de définir leur potentiel en termes d'autonomie et leurs performances en termes de durabilité économique et environnementale.

Sur la base de dire d'experts, quatre voies d'amélioration ont été préalablement définies :

- L'amélioration de la gestion des zones fourragères afin de réduire le besoin en complémentation du troupeau tout en conservant un chargement identique ;
- L'amélioration des techniques d'alimentation du bétail avec (a) le développement de méthodes permettant la mise en œuvre d'une alimentation de précision afin d'adapter au mieux les intrants aux besoins et (b) la définition de stratégies de substitution du soja importé par des ressources locales ;
- L'amélioration des techniques de gestion du troupeau en minimisant l'importance des phases improductives au cours de la vie de l'animal ;
- La complémentarité entre culture et d'élevage : le développement de cultures d'intérêt permettant une amélioration de l'autonomie des systèmes d'élevage présents sur l'ensemble du territoire.

1.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de l'action 4 sont les suivants :

- Identifier les innovations qui améliorent l'autonomie en protéines des systèmes laitiers de la Grande Région et à l'échelle de la Grande Région ;
- Identifier les freins et les leviers à la mise en œuvre de ces innovations au sein des exploitations laitières de la Grande Région et également au niveau de la Grande Région dans son ensemble ;
- Objectiver les performances et les bénéfices attendus de ces innovations.

1.3. Définition d'innovation

Afin de placer la recherche sur une base commune, une définition précise du concept d'innovation a été fixée. Dans ce projet, la définition suivante a été utilisée :

"L'innovation est l'introduction de quelque chose de nouveau ou d'amélioré dans quelque chose qui a un caractère bien établi, tel que des produits, processus, méthodes de marketing ou d'organisation. En d'autres termes, il s'agit d'appliquer des idées, des connaissances ou des pratiques nouvelles à un contexte particulier dans le but de créer un changement positif qui permettra de répondre aux besoins, de relever des défis ou de saisir des opportunités. L'innovation est généralement synonyme de prise de risque".

Pour synthétiser :

- Une innovation peut être quelque chose de neuf, mais elle peut aussi être une "redéfinition" ou une "transposition" d'une pratique, d'un mode d'organisation, etc. pratiquée ailleurs ;
- L'innovation peut concerner différents aspects tels que : l'organisation du travail, les pratiques agricoles, les animaux, l'alimentation, ... ;

- L'innovation doit conduire à un changement positif ;
- L'innovation est toujours synonyme de prise de risque (agir dans une situation de relative incertitude).

N.B. : Cette définition a l'avantage de ne pas exclure une innovation, en ce sens qu'elle ne serait innovante que pour une partie du territoire (par exemple, une technique qui est habituelle dans une seule sous-région peut être considérée comme innovante dans d'autres sous-régions).

2. Méthodologie

Afin d'élaborer une liste d'innovations pertinentes et de les décrire, deux actions principales ont été réalisées : une revue bibliographique et une série d'entretiens d'experts et d'élèves. Le présent rapport (4.1) décrit les résultats de la recherche documentaire (la liste élaborée, le processus de sélection et la description des innovations) tandis que le rapport 4.2 présente les résultats des entretiens.

2.1. Revue bibliographique

La première étape de l'action 4 a consisté en l'identification des innovations grâce à une analyse de la littérature grise et scientifique. Chaque partenaire a recherché et compilé des références, dans sa propre langue mais aussi en anglais. Les références ont été stockées dans une base de données bibliographique en ligne : ZOTERO¹ et partagée avec l'ensemble des partenaires.

2.1.1. Littérature scientifique

La recherche de littérature scientifique a été basée sur deux approches :

- Une recherche bibliographique basée sur des mots-clés (annexe 1) ;
- Une demande de références auprès des experts rencontrés lors des entretiens.

2.1.2. Littérature grise

La littérature grise concerne la presse professionnelle, les souvenirs et les actes de congrès. La recherche sur Internet se fait par mots-clés, tandis que les documents imprimés sont consultés manuellement. La revue de la littérature grise a été effectuée dans le corpus suivant :

- Presse professionnelle,
- Revues techniques,
- Site web de vulgarisation,
- Opérateurs de terrain et de formation continue (magazines, brochures, présentations lors de journées d'étude, colloques, ...)

La collecte de références s'est arrêtée lorsqu'aucune nouvelle innovation n'est apparue dans la littérature, bien que de nouvelles références aient été collectées dans une seconde approche afin de compléter les descriptions.

2.1.3. Sélection des innovations

Une fois la liste des innovations terminée, les innovations ont été notées et discutées par l'ensemble des membres du projet sur leur potentiel futur voir actuel d'amélioration de l'autonomie protéique.

¹ <https://www.zotero.org/>

La cotation a été faite selon sept niveaux :

- Totalement pertinent (TR) : 10 points
- Pertinent (R) : 5 points
- Je suis mitigé (M) : 0 point
- Hors sujet (I) : -5 points
- Totalement hors sujet (TI) : -10 points
- Je ne sais pas (DK) : 0 points
- Je ne veux pas répondre (DA) : 0 points

Les deux derniers critères ont été regroupés dans le tableau 2. Le score final de chaque innovation est la moyenne des votes de chaque niveau de notation. Les innovations ont ensuite été sélectionnées ou rejetées, sur la base d'une discussion globale du consortium composé de tous les membres du projet AUTOPROT (soit 14 membres).

2.2. Elaboration d'une typologie des innovations

Une fois la liste des innovations sélectionnées finalisée, une typologie théorique a été réalisée sur base des caractéristiques globales des innovations. L'avis des experts a également été pertinent et pris en compte afin de trouver de grandes tendances à l'élaboration de ces groupes.

2.3. Description des innovations

Les innovations sélectionnées ont ensuite été classées en fonction de leur applicabilité en ferme (innovation expérimentale ou technique) sur la base de l'expertise du consortium AUTOPROT. Seules les innovations directement applicables en ferme et qui n'étant pas encore décrites dans une brochure technique d'autres projets, récents et similaires (AUTOSYSEL² et PROTECOW³) ont été décrites plus en détail afin de créer un catalogue technique pour les agriculteurs. Le tableau 1 explique le contenu de chaque catégorie présente dans la canevas d'analyse afin de décrire les innovations techniques.

² <http://idele.fr/services/outils/autosysel.html>

³ <https://www.interreg-protecow.eu/>

Tableau 1: Explication du contenu de la canevas d'analyse des innovations

Titre	
Description	Quelle est cette innovation ? Décrivez-la!
Conditions de mise en oeuvre	Quelles sont les conditions préalables à la mise en œuvre de cette innovation au niveau : Le contexte pédoclimatique : où cette innovation est-elle actuellement pratiquée/testée ? Est-elle applicable à d'autres contextes pédoclimatiques, et plus particulièrement à ceux du projet AUTOPROT ? Structurel : au sein de quel type d'exploitation cette innovation est-elle actuellement pratiquée/testée ? Est-elle applicable à d'autres types (et en particulier à ceux sur lesquels nous travaillons) ? ... ?
Performances attendues et objectivation	Que pouvons-nous attendre de cette innovation en termes de performances ? Dans quelle mesure ces performances ont-elles été validées ? Existe-t-il des données qui permettraient de les rendre objectives ? À quel niveau cette objectivation a-t-elle eu lieu (exploitations agricoles, centres de recherche, etc.) ?
Évaluation du degré d'innovation	Cette innovation a-t-elle un caractère novateur au sens défini dans le projet ? Le caractère innovant est-il valable dans toutes les régions ou seulement dans certaines d'entre elles ? Lesquelles ? A quel niveau cette innovation est-elle actuellement pratiquée (dans les centres de recherche, dans les lycées agricoles, dans les exploitations agricoles) ? Dans quelle mesure est-elle déjà pratiquée ? Niveau de mise en œuvre sur le terrain (validation sur le terrain et diffusion)
Catégorisation	Cette innovation concerne-t-elle : - La gestion des zones fourragères ? - La gestion de l'alimentation du bétail (alimentation de précision, substituts locaux du soja) ? - La gestion des troupeaux ? - La complémentarité entre la culture et l'élevage ? - Autres ? Veuillez préciser.
Caractérisation basée sur la grille "ALARME"	Cette innovation a-t-elle un impact sur : - L'animal (A) - Logement (L) : c'est-à-dire bâtiments, équipements, matériels, ... - Aliments pour animaux (A) : c'est-à-dire le type d'aliment, la quantité, le stockage et la conservation, ... - La Régie (R) : c'est-à-dire l'organisation du travail, la gestion du troupeau - Microbisme (M) : c'est-à-dire la santé animale - L'éleveur (E) : en termes de compétences requises, de charge de travail, ...
Freins	Quels sont les éléments qui pourraient restreindre ou même empêcher l'adoption de cette innovation ?

	Par exemple : personnel, charge de travail, coût, cadre législatif ou réglementaire ou normatif, compétences requises, équipement nécessaire, rapidité de mise en œuvre, fiabilité de l'innovation par rapport aux résultats attendus (degré de prise de risque), conséquences sur la production laitière (en termes quantitatifs et qualitatifs), articulation avec les acteurs de la filière avale (cahier des charges), etc.
Leviers	Inversement, quels sont les éléments qui pourraient faciliter la mise en œuvre de cette innovation ? Ex : l'existence d'aides mobilisables pour l'innovation, la fiabilité de l'innovation (existence d'agriculteurs pionniers qui peuvent témoigner de la performance, objectivation de la performance), la valeur ajoutée pour la distribution (qualité différenciée, arguments marketing), etc.
Avantages	L'innovation présente-t-elle des avantages ? Par exemple : sur le plan économique, social, environnemental,...
Inconvénients	Y a-t-il des inconvénients à l'innovation ? Par exemple : sur le plan économique, social, environnemental,...
Caractérisation basée sur la grille « ESR »	Pour établir une typologie de l'innovation, nous avons décidé d'utiliser l'approche ESR. Ce cadre conceptuel est conçu afin de caractériser la transition des agriculteurs vers une agriculture durable en trois étapes : éco-efficacité, substitution et reconceptualisation (Estevez et al., 2000) ⁴ . L'innovation consiste-t-elle en : - Une amélioration de l'efficacité, - Une substitution, - Une reconceptualisation?

⁴ Estevez et al. (2000). Le modèle ESR (efficacité-substitution-reconceptualisation), un modèle d'analyse pour l'évaluation de l'agriculture durable applicable à l'évaluation de la stratégie phytosanitaire au Québec. Courrier de l'environnement de l'INRA n°41, octobre 2000, pp97 – 104.

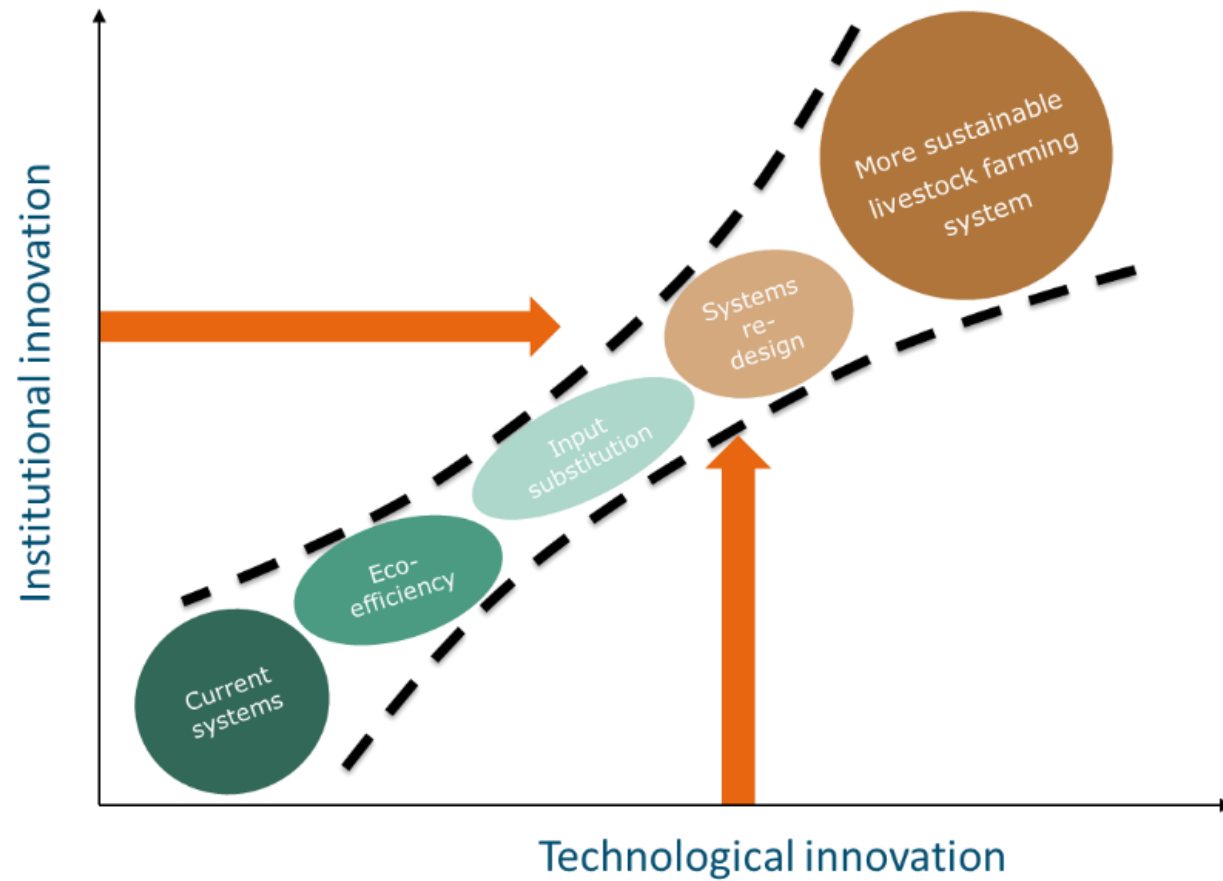


Figure 1 : Etapes vers un système d'élevage plus durable utilisant l'approche ESR, adaptée de Rossing (2017)⁵

Sources	Quelles sources avez-vous utilisées pour préparer cette fiche (bibliographie, entretien avec des experts, etc.) ?
Auteurs	Les personnes qui ont écrit cette fiche

⁵ Rossing W. (2017). Crop diversification in action. DiverIMPACTS, Co-innovation Workshop Round 1, unpublished.

3. Typologie des innovations identifiées

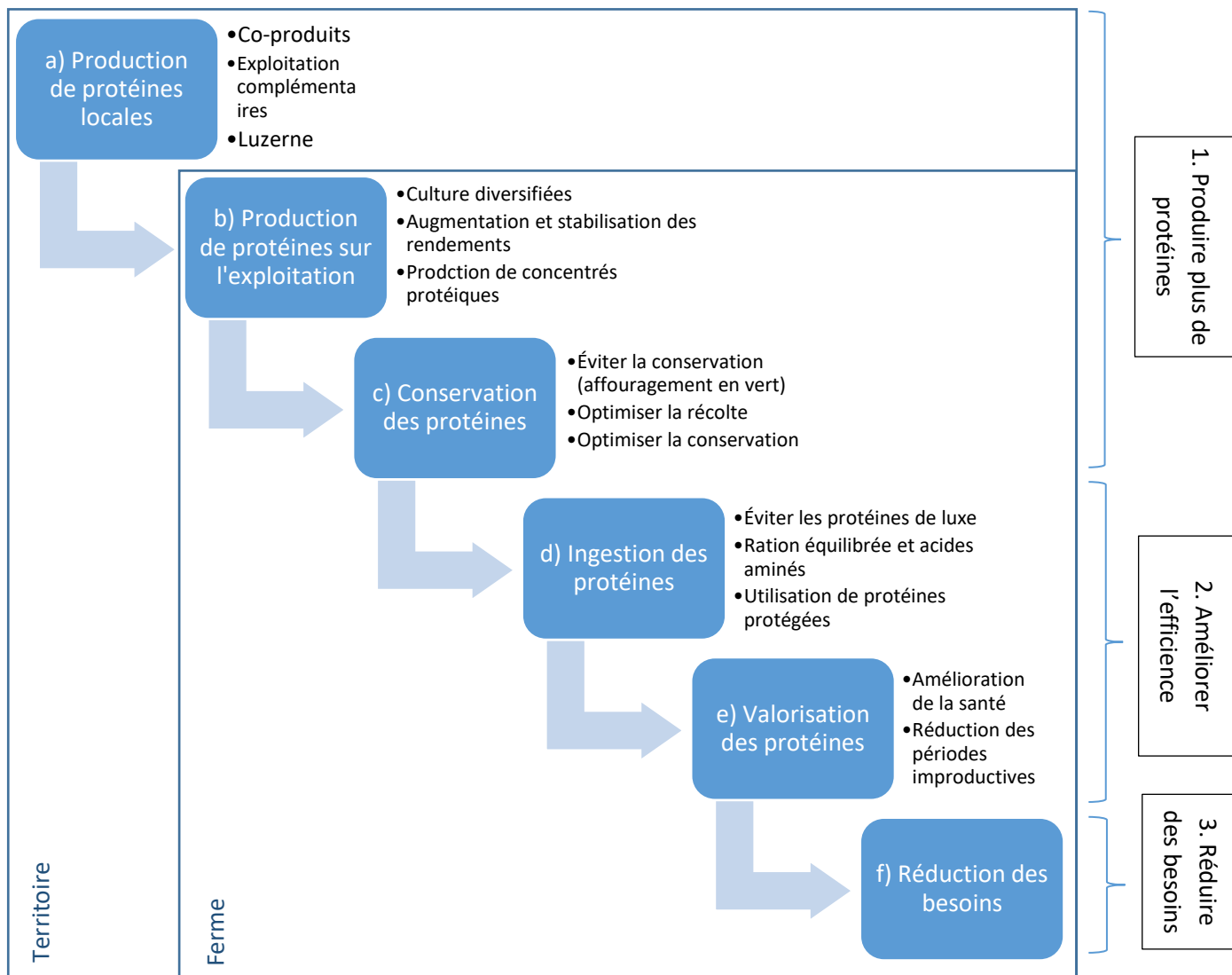


Figure 2 : Représentation schématique de la typologie des innovations sélectionnées en relation avec l'autonomie protéique.

Comme le montre schématiquement la figure 2, les avis des experts ont révélé l'importance de l'échelle, et ont classé les innovations en trois grandes catégories et en cinq étapes d'action dans l'élaboration d'une typologie liée aux innovations en matière d'autonomie protéique.

Selon l'objectif, deux échelles peuvent en effet être considérées : l'autonomie du territoire ou l'autonomie de l'exploitation. Si toutes les pratiques agricoles conduisant à une plus grande autonomie en protéines renforcent également l'autonomie en protéines à l'échelle régionale, certaines innovations sont spécifiques à la région (a). À l'échelle de l'exploitation, les innovations peuvent être classées en 5 étapes d'action : la production de protéines (b), la conservation des protéines (c), l'ingestion de protéines (d), la valorisation des protéines (e) et enfin la réduction des besoins en protéines (f). Ces actions peuvent être classées en trois grandes catégories afin d'améliorer l'autonomie protéique : produire plus de protéines (1), améliorer l'efficacité d'utilisation (2) et réduire les besoins (3).

Les actions a, b et c appartiennent à la première catégorie. En effet, elles améliorent la quantité de protéines autoproduites mises à disposition du champ à la distribution. À l'échelle régionale, les pratiques innovantes concernent principalement la production ou la meilleure valorisation de la matière riche en protéines⁶ en utilisant un processus industriel pour densifier les protéines des aliments de manière intentionnelle ou en utilisant les sous-produits existants d'un aliment principal ou d'une production de carburant (a). L'action b concerne la modification des pratiques agricoles (rotation, fertilisation, espèces de cultures, variétés, associations, etc.) afin de produire plus de protéines sur une surface donnée. Cela peut se faire en densifiant la teneur en protéines des quantités initialement produites ou en augmentant la matière sèche totale produite avec la même teneur en protéines ou une combinaison des deux. Étant donné que même la meilleure conservation des fourrages entraîne une perte de protéines, la troisième action (c) concerne l'augmentation des fourrages frais dans l'alimentation qui permet de réduire la quantité de fourrages à conserver ou l'utilisation des méthodes de conservation les plus respectueuses des protéines.

L'ingestion (action d) et la valorisation (action e) des protéines appartiennent à la deuxième catégorie, ce qui augmente l'efficacité d'utilisation, ce qui signifie que les mêmes productions de lait et de viande peuvent être obtenues avec moins d'apports en protéines. L'ingestion se concentre sur les innovations qui contribuent à réduire la quantité de protéines ingérées en nourrissant l'animal aussi précisément que possible en fonction de ses besoins ou en utilisant des formes de protéines qui seront mieux valorisées dans le rumen. D'autre part, la valorisation se concentre sur tous les paramètres qui auront un impact sur la production laitière, une fois les protéines ingérées. Par conséquent, cette action concerne principalement l'amélioration de certaines techniques de gestion des troupeaux qui conduisent à des productions laitières plus élevées avec les mêmes besoins en protéines. Dans le cas d'une production laitière stable, les innovations conduisent à une réduction de l'utilisation des protéines.

Enfin, pour atteindre l'autosuffisance en protéines, les besoins peuvent être réduits de manière absolue (3). Cette catégorie ne contient qu'une seule action, qui est la réduction des besoins (f). Celle-ci peut être réalisée soit en adaptant la charge des animaux aux capacités de production disponibles de l'exploitation, ce qui implique une réduction du nombre d'animaux, soit en réduisant les besoins individuels, ce qui implique une réduction de la productivité laitière.

⁶ Matière Riche en Protéines : Aliment possédant plus de 15% de protéines totales dans la matière sèche

4. Liste des innovations

Tableau 2 : Liste des innovations. (TR : totalement pertinent, R : pertinent, M : je suis mitigé, I : non pertinent, TI : totalement non pertinent, DK : je ne sais pas, DA : je ne veux pas répondre ; échelle de mise en œuvre (ferme / expérimentale))

Classi ficati on	Catégorie	Sous-catégorie	Vote						Score	Sélecti onnée	Ferme /exp.	Fiche technique existante
			TR 10	R 5	M 0	I -5	TI -10	DK DA 0				
Produire localement ses protéines	<u>Co-produits de l'industrie des fruits et légumes</u>	Valorisation du marc de pomme	6	25	19	13	13	26	-0,1	OUI	Expéri- mental	
		Utilisation des déchets de petits pois et haricots verts	13	38	25	0	0	26	3,2	OUI		
		Utilisation des racines d'endives forcées	13	19	19	6	13	31	0,65	OUI		
	<u>Co-produits de l'industrie de la pomme de terre</u>	Concentré protéique de pomme de terre	6	31	13	25	13	13	-0,4	OUI		
	<u>Co-produits de l'industrie des oléagineux</u>	Tourteau de chanvre	6	6	56	19	0	13	-0,05	OUI	Ferme	OUI
		Tourteau de colza	19	31	44	0	0	6	3,45	OUI		
		Tourteau de moutarde	0	25	44	13	0	19	0,6	OUI		
		Tourteau de caméline	6	19	44	13	0	19	0,9	OUI		
		Tourteau de tournesol	13	19	50	6	0	13	1,95	OUI		
	<u>Co-produits de l'industrie des bio-carburants</u>	Corn gluten feed	6	44	25	13	0	12	2,15	OUI	Ferme	OUI
		Drèches d'éthanol de blé	6	44	25	13	0	13	2,15	OUI	Ferme	OUI
	<u>Co-produits de l'industrie brassicole</u>	Drèches de brasserie	6	50	31	6	0	6	2,8	NON		
	<u>Co-produits de l'industrie sucrière</u>	Vinasse	6	19	38	13	0	26	0,9	NON		
	<u>Co-produits de l'industrie laitière</u>	Utilisation de caséine	0	25	19	25	6	25	-0,6	NON		
		Utilisation de lactosérum	0	13	38	19	13	19	-1,6	NON		

	<u>Co-produits d'industrie de la fermentation</u>	Protéine microbienne dérivée de la levure (bonne balance en acides aminés)	6	25	31	6	13	19	0,25	OUI	Expérimental	
	<u>Optimiser la valorisation des protéines de co-produits</u>	Présentation des co-produits : intérêts du processus de pelleting (température, pression) dans la protection des protéines.	6	19	19	0	13	44	0,25	NON	Ferme	OUI
		Traitements des tourteaux : chimique (lignosulfonate, formaldéhyde) ou thermique	6	31	19	0	13	31	0,85	OUI		
		Silo unique : stockage et conservation de co-produits locaux dans un silo unique.	6	50	13	0	0	31	3,1	OUI	Ferme	
	<u>Luzerne</u> : Production de pellets séchés de luzerne		0	75	19	6	0	0	3,45	OUI	Expérimental	
	<u>Ortie</u> : Production de pellets ou de farine d'ortie		6	25	25	0	13	31	0,55	OUI	Expérimental	
	<u>Pulp fibre</u> : Séparation du jus et la pulpe d'herbe pour obtenir un résidu riche en protéines		6	25	19	13	13	26	-0,1	NON		
	<u>Insectes</u> : Valorisation d'insectes en tant que concentré protéique dans l'alimentation des vaches laitières		6	0	50	25	13	6	-1,95	NON		
Produire ses protéines à la ferme	<u>Cultures dérobées</u> : Valorisation de cultures dérobées et CIPAN riches en protéines pouvant être pâturées ou ensilées		25	38	25	6	0	6	4,1	OUI	Ferme	
	<u>Semis sous couvert</u>	Semer des prairies sous couvert (prairie temporaire ou permanente sous couvert de pois ou d'orge de printemps) pour assurer le rendement fourrager en première coupe	38	19	25	19	0	0	3,8	OUI	Ferme	

	Semer une légumineuse pure ou en mélange sous couvert de céréales (ex : trèfle sous couvert de blé) pour accélérer la culture fourragère après moisson de la céréale	31	31	31	6	0	0	4,35	OUI		
<u>Agroforesterie</u> : Utiliser l'agroforesterie pour alimenter le bétail à partir d'essences arbustives riches en protéines (murier, saule, ...)		13	19	6	13	38	13	-2,2	OUI	Expéri- mental	
<u>Mélanges prairiaux</u> : Implantation de mélanges complexes dans les prairies	Introduction d'une part importante de légumineuses (trèfles, luzerne, lotier, ...)	44	50	6	0	0	0	6,9	OUI	Ferme	
	Introduction de plante à tannins (plantain, chicorée,...) pour une protection des protéines dans le rumen	13	25	31	13	13	6	0,6	OUI		
<u>Méteils</u> : Production de mélanges céréales-légumineuses immatures (méteils).		0	56	38	6	0	0	2,5	OUI	Ferme	
<u>Maïs fourrager</u> :	Utilisation et sélection de variétés de maïs plus riche en protéines	0	44	25	13	13	6	0,25	NON		
	Culture de maïs fourrager en association avec une légumineuse fourragère	6	31	63	0	0	0	2,15	NON		
	Optimisation du stade de récolte en fonction du taux de protéines	38	13	38	6	0	6	4,15	NON		
Fanes de betteraves : valorisation des fanes et collets de betteraves lors de la récolte.		6	6	44	19	0	26	-0,05	NON		
<u>Algues</u> : Production d'algues à la ferme pour l'alimentation des vaches laitières		25	56	13	0	0	6	5,3	OUI	Expéri- mental	

	<u>Protéagineux :</u>	Culture de protéagineux pour autoconsommation (féverole, pois, lupin)	13	38	44	0	0	6	3,2	OUI	Ferme	OUI
		Culture de soja locale	31	25	44	0	0	0	4,35	OUI		
		Traitement thermique des grains de protéagineux pour une meilleure assimilation des protéines (toastage, extrusion)	38	19	25	13	0	6	4,1	OUI		
	<u>Céréales :</u>	Traitement des céréales à l'urée et Aspergillus niger pour augmenter la teneur en protéines (le champignon transforme l'urée et l'amidon des céréales en protéines)	6	19	38	6	0	31	1,25	NON		
		Présentation des céréales : degré de mouture, aplatissement pour protéger les protéines, extrusion	19	38	31	6	0	6	3,5	NON		
	<u>Association céréales/protéagineux :</u> Culture de mélange céréales/légumineuses récoltés en grain pour sécuriser les rendements des protéagineux		19	44	31	6	0	0	3,8	OUI	Ferme	OUI
	<u>Tourteau de colza gras :</u> Pressage de colza fermier sur l'exploitation		25	44	13	13	0	6	4,05	OUI	Ferme	
Conservation des protéines	<u>Optimisation du pâturage</u>	Optimiser le temps de pâturage par une mise au pâturage précoce, un pâturage d'automne (colza fourrager, repousse de colza, radis fourrager) et un pâturage de sortie d'hiver (céréales)	38	50	13	0	0	0	6,3	OUI	Ferme	
		Optimiser la pousse et la qualité de l'herbe par les techniques de pâturage (pâturage tournant dynamique, pâturage au fil, pâturage ras)	56	44	0	0	0	0	7,8	OUI		
		Permettre le pâturage en présence d'un robot de traite	25	50	13	0	13	0	3,7	OUI		

	Complémenter au champs avec un fourrage riche en énergie pour mieux assimiler les protéines de l'herbe (silo maïs en libre-service).	0	31	38	25	0	6	0,3	NON		
	<u>Affouragement en vert</u> : lorsque le pâturage n'est pas possible	13	38	25	6	19	0	1	OUI	Ferme	OUI
	<u>Récolte et fanage</u> : Optimiser le stade de récolte par le fauchage précoce permettant une plus grande concentration en protéines. Accélérer le séchage au champs en réalisant des andains larges.	50	19	31	0	0	0	5,95	OUI	Ferme	
	<u>Séchage en grange</u> : Amélioration de la qualité du foin par le séchage de foin en grange.	25	38	38	0	0	0	4,4	OUI	Ferme	
	<u>Additifs à l'ensilage</u> : Ajout d'additifs de conservation lors de l'ensilage (bactéries, enzymes, tannins, acides).	6	44	44	0	0	6	2,8	OUI	Ferme	
	<u>Mélange ensilé</u> : optimiser la conservation des protéines par le type de mélange fourrager ensilé.	0	75	6	6	0	13	3,45	OUI	Ferme	
	<u>Type de silo</u> : améliorer la qualité de l'ensilage par le type de silo choisi, le silo boudin permet une bonne qualité.	6	31	25	0	0	38	2,15	NON		
	<u>Luzerne OGM</u> : la luzerne OGM contenant le gène pour l'enzyme polyphénol oxydase	6	25	6	13	44	6	-3,2	NON		

	permet de réduire la dégradation des protéines lors de l'ensilage.											
	<u>Luzerne Massaï</u> : Séparation des feuilles (riches en protéines) et des tiges de la luzerne par le procédé Massaï.		0	25	44	0	0	31	1,25	OUI	Ferme	
	<u>Urée</u> : Traitement du maïs ensilage à l'urée		0	19	19	31	13	19	-1,9	NON		
Ingestion des protéines	<u>Additifs</u> : Ajout d'additifs dans la ration pour améliorer le fonctionnement du rumen et l'absorption de protéines	Extraits de plantes : tannins, huiles essentielles, composés secondaires (saponines, composés organosulfurés) , ...	6	38	13	13	0	31	1,85	NON		
		Direct Fed Microbials (DFM) : levures vivantes, probiotiques, ...	0	19	50	6	0	25	0,65	NON		
	<u>Réduire le taux de protéines de la ration</u> : Ajuster les protéines aux besoins des animaux (suivre le surplus en protéines par analyse d'urée). Ajuster les protéines au niveau individuel.		19	44	19	6	0	13	3,8	OUI	Ferme	
	<u>Balance en acides aminés</u> : Veiller à un bon équilibre d'acides aminés (ajout de lysine et de méthionine rumino-protégées).		25	38	13	0	13	13	3,1	OUI	Ferme	
	<u>Ration Totale Mélangée</u> : Utilisation d'une ration totale mélangée compacte (TMR compact)		0	25	25	19	13	19	-1	NON		
	<u>Taille et densité des particules</u> : veiller à la bonne taille et		19	13	44	13	0	13	1,9	NON		

	densité des particules de la ration.											
	<u>Urée à libération contrôlée</u> : Utilisation d'urée à libération lente dans le rumen.		6	0	38	25	0	31	-0,65	NON		
Valorisation des protéines	<u>Choix de la race</u> : Choisir une race ou un croisement avec une meilleur efficience alimentaire (croisement pro-cross)		31	44	13	13	0	0	4,65	OUI	Ferme	
	<u>Sélection génétique</u> : Sélection des animaux sur l'efficience protéique		19	31	44	6	0	0	3,15	OUI		
	<u>Synchronisation des nutriments</u> : veiller à la synchronisation des nutriments dans le rumen (libération d'énergie et dégradation des protéines)		19	25	31	0	0	25	3,15	OUI	Ferme	
	<u>Optimiser la production laitière</u> : Optimiser les paramètres zootechniques du troupeau pour augmenter la production viagère, réduire les impacts environnementaux et les coûts au kg de lait produit sur base des productions de l'exploitation :	Amélioration de l'état sanitaire du troupeau (boiteries, maladies métaboliques, ...)	44	31	19	0	0	6	5,95	OUI		
		Réduction des périodes improductives (premier vêlage précoce, intervalle vêlage-vêlage de 12 mois ou de 18 mois)	56	25	6	13	0	0	6,2	OUI		

		Réduire la période de tarissement, évaluer la période de tarissement au niveau individuel	0	19	25	31	25	0	-3,1	OUI		
		Sélectionner sur la longévité des vaches	25	50	6	6	0	13	4,7	OUI		
	<u>Capacité d'ingestion :</u> Optimiser la capacité d'ingestion du troupeau par une bonne croissance des génisses et un bon développement du rumen permettant d'ingérer plus de fourrage.		25	56	13	0	0	6	5,3	OUI		
	<u>Synchroniser les besoins et l'offre :</u> Grouper les vêlages pour synchroniser le pic de lactation et la disponibilité en herbe et grouper les réformes avant l'hiver pour réduire les besoins en fourrages stockés.		25	44	19	6	0	6	4,4	OUI	Ferme	
Réduction des besoins	<u>Réduction du troupeau :</u> réduire le troupeau à la capacité de production de la SAU.		31	31	19	0	6	13	4,05	OUI	Ferme	
	<u>Réduction des besoins/animal :</u> utiliser des animaux moins intensifs pour réduire les besoins en aliments concentrés.		25	38	19	6	13	0	2,8	OUI		

Le **Error! Reference source not found.** résume le processus de création de la liste d'innovation sur la base de 740 publications, 318 articles scientifiques et 422 documents de littérature grise précédemment identifiés et collectés. Les colonnes "catégorie" et "sous-catégorie" représentent la liste initiale des innovations soumises au consortium pour évaluation. Les innovations des sous-catégories ont été regroupées en catégories principales pour la sélection et la description. Les innovations sont classées par catégorie de typologie. Le nombre de voix par réponse (TR : Totalelement pertinent, R : pertinent, M : Je suis mitigé, I : non pertinent, TI : totalement non pertinent, DK : Je ne sais pas, DA : Je ne veux pas répondre) sont également décrit, ainsi que le score global, la sélection ou non comme innovation pertinente, l'échelle de mise en œuvre (ferme/expérimentale) et l'existence d'une fiche technique sur le même sujet.

Les trois premières innovations ayant obtenues les meilleurs scores concernent toutes les prairies et le pâturage. L'optimisation de la croissance et de la qualité de l'herbe par des techniques de pâturage (pâturage rotatif dynamique, pâturage en fil, pâturage court) arrive en première position avec un score de 7,8. La deuxième place, avec une note de 6,9, est occupée par l'inclusion d'une part importante de diverses légumineuses fourragères (trèfle, luzerne, lotier, etc.) dans le mélange de prairie. Cette innovation a été regroupée dans une catégorie globale "mélange de prairie" avec l'introduction de plantes contenant du tanin (comme le plantain ou la chicorée) dans le mélange de prairie afin de renforcer la protection des protéines dans le rumen et d'atteindre une plus grande résilience face aux sécheresses (0,6). En troisième position, vient l'optimisation de la période de pâturage par le pâturage précoce, le pâturage d'automne (colza fourrager, repousse de colza, radis fourrager) et le pâturage d'hiver (céréales) avec une note de 6,3. Tant l'optimisation des techniques de pâturage que les périodes de pâturage ont été regroupées dans une innovation générale sur l'"Optimisation des pâturages".

Les innovations visant à optimiser la production laitière, soit en réduisant les périodes improductives du troupeau (premier vêlage précoce, intervalle entre vêlages de 12 ou 18 mois), soit en améliorant l'état de santé du troupeau (boiteries, maladies métaboliques, etc.) ont été sélectionnées avec des notes de 6,2 et 5,95 respectivement. Cependant, après discussion, elles ont été considérées comme des bonnes pratiques plus que comme des innovations telles que définies par le projet mais ont été consignées dans une fiche technique, avec le choix de la race (4,65), la sélection génétique (3,15), l'adaptation de la période de tarissement aux performances du troupeau (-3,1) et l'optimisation de la capacité d'ingestion (5,3), motivée par l'argument que ces pratiques étaient primordiales pour permettre l'amélioration de l'autonomie protéique. De même, les innovations sélectionnées sur les ensilages mixtes ont été ajoutées aux concepts de base de la fabrication d'ensilage dans une fiche technique sur le thème global des "bonnes pratiques d'ensilage". L'utilisation d'**additifs pour l'ensilage** (2,8) a cependant été évaluée comme étant trop innovante pour entrer dans les bonnes pratiques et est restée une innovation indépendante.

D'autres innovations sur le thème de la densification de la teneur en protéines du fourrage ont également été sélectionnées. Deux d'entre elles sont les deux dernières innovations sélectionnées avec un score supérieur à cinq points : l'**optimisation du stade de récolte de l'herbe** (5,95) décrivant comment trouver un optimum entre l'herbe jeune et riche en protéines et le rendement en matière sèche et la production à la ferme d'**algues** riches en protéines pour nourrir les vaches laitières (5,3). En ce qui concerne les méthodes de récolte, une autre innovation sélectionnée est la **technique Massai** de récolte de la luzerne (1,25), qui consiste à séparer les feuilles (plus riches en protéines) des tiges. Elle a été retenue comme innovation mais à la condition d'ajouter des informations générales sur la culture de la luzerne, qui est un préalable à une teneur riche en protéines, ainsi que sur la culture du trèfle violet, qui représente une alternative à la luzerne dans les sols acides. Un autre fourrage riche

en protéines qui a été choisi globalement comme innovation est la production d'**associations céréales-légumineuses immatures** avec une note de 2,5.

Certaines innovations visant à augmenter le rendement global en matière sèche du fourrage sur une même zone ont également été sélectionnées. La valorisation des **cultures dérobées** pour nourrir le troupeau et les deux techniques de **semis sous couvert** (semis de prairie sous couvert de pois ou d'orge de printemps pour assurer la première coupe et semis sous couvert d'une prairie temporaire sous couvert d'une céréale) ont été retenues avec des notes respectives de 4,1, 3,8, 4,35. L'**agroforesterie** et plus spécifiquement l'utilisation d'espèces d'arbres comme fourrage a obtenu un score contrasté avec 50% contre mais 30% en faveur conduisant à une note négative de -2,2. Nous avons convenu que cela pourrait être une bonne innovation pour l'agriculture extensive, mais le manque d'informations sur l'utilisation pratique comme fourrage (comme les espèces, l'appétence, les techniques ou les valeurs alimentaires ...) a été considéré comme un obstacle pour avoir une opinion claire sur cette innovation. Quoiqu'il en soit, l'agroforesterie a été maintenue comme une innovation mais a été classée comme expérimentale.

D'autres innovations sélectionnées concernaient la manière dont nous pouvons conserver les protéines produites. Le **séchage du foin en grange** était une innovation prometteuse et a été sélectionné avec un score de 4,4. Les innovations concernant l'optimisation de la production d'ensilage pour réduire les pertes de protéines ont déjà été décrites ci-dessus. Cependant, la meilleure façon de réduire les pertes de protéines est d'éviter la conservation. Dans cette optique, la pratique de **l'affouragement en vert** à l'étable lorsque le pâturage n'est pas possible a atteint une note faible (1) mais a tout de même été retenue comme innovation car elle évite d'appliquer une méthode de conservation à l'herbe et les pertes de protéines associées. Dans la même idée de valorisation du maximum d'herbe fraîche, une autre innovation sélectionnée est la **synchronisation des besoins et de l'offre** (4,4), qui fait référence au regroupement des vèlages au début de la saison de pâturage qui permet de nourrir les vaches au sommet de leur lactation avec de l'herbe.

En ce qui concerne les concentrés produits à la ferme, toutes les innovations concernant les plantes protéagineuses ont également été sélectionnées. Le score le plus élevé a été atteint par la **production locale de soja** (4,35), suivie par le **traitement thermique des légumineuses grains** (4,1) et la **culture à la ferme de légumineuses à grains** (3,2). Elles ont été regroupées dans une innovation globale concernant les protéagineux. Le **tourteau gras de colza** est un autre concentré riche en protéines qui peut être produit à la ferme et qui a été conservé comme innovation (4,05).

Les notes des différents sous-produits industriels varient entre -1,6 et 3,45. Les sous-produits du secteur industriel n'augmentent pas directement l'autonomie en protéines des exploitations agricoles. Cependant, l'utilisation de sous-produits locaux est un moyen intéressant d'accroître l'autonomie régionale. Une grande partie des sous-produits ont obtenu un score neutre (de -0,4 à 0,9), souvent en raison du fait qu'ils sont bien connus et utilisés depuis longtemps ou/et qu'il n'y a qu'une quantité définie disponible. La valorisation des tourteaux d'oléagineux : **tourteau de colza** (3,45), de **tournesol** (1,95), de **moutarde** (0,6), de **chanvre** (-0,05) et de **caméline** (0,9), des co-produits de biocarburants : **drêche de blé** (2,15) et de **gluten de maïs** (2,15), co-produits de la pomme de terre : **concentré de protéines de pomme de terre** (-0,4), co-produits de l'industrie de la fermentation : **protéines microbiennes dérivées de la levure** (0,25) et co-produits de légumes et de fruits : **déchets de pois et de haricots verts** (3,2), **marc de pomme** (-0,1), **racines d'endive** (0,65) ont été sélectionnés comme innovations. D'autres innovations sélectionnées en relation avec l'autonomie régionale en protéines sont la production de **luzerne séchée** (3,45) et d'**orties séchées** (0,55).

En revanche, les **drêches de brasserie** (2,8) et les co-produits de l'industrie sucrière : la **vinasse** (0,9) n'ont pas été identifiés comme de véritables innovations car ils étaient déjà largement utilisés dans l'alimentation des bovins laitiers. Les co-produits de l'industrie laitière : le **lactosérum** (-1,6) et la **caséine** (-0,6) n'ont pas été sélectionnés non plus parce que la menace de concurrence avec les monogastriques a été jugée trop élevée.

Outre les co-produits bruts, des méthodes de conservation et de traitement qui augmentent la facilité d'utilisation ou la digestibilité des protéines ont été sélectionnées : le **traitement thermique des co-produits** (0,85) et l'utilisation d'un **silo unique** (3,1) afin de stocker les co-produits bruts de manière plus facile ont tous deux été retenus comme des innovations pertinentes. En revanche, la manière dont les co-produits sont présentés et l'intérêt du **procédé de granulation** (0,25) pour la conservation des protéines n'a pas été considérés comme suffisamment différente du procédé de chauffage et n'a donc pas été sélectionné comme une innovation à part entière.

Les deux innovations du type réduction des besoins ont également été sélectionnées : la **réduction de la taille du troupeau** (4,05) et la **réduction des besoins par animal individuel** (2,8). La **réduction de la teneur en protéines** de la ration, par une meilleure adaptation aux besoins individuels et une alimentation de précision, a été sélectionnée avec un score de 3,8. La **complémentation spécifique en acides aminés** des régimes, qui permet de réduire la complémentation globale en protéines, a été conservée en tant innovation (3,1).

Quoi qu'il en soit, certaines innovations ont été rejetées. C'est le cas des **insectes** comme aliment qui obtient un score négatif de -1,95 même si la majorité (50%) des votes sont d'un avis neutre (score 0). Les principaux obstacles cités sont l'acceptation sociétale, un plus grand intérêt pour l'alimentation humaine et la production monogastrique et la législation sur l'utilisation de farine animale dans la production bovine.

Le traitement de l'**ensilage de maïs avec de l'urée** (-1,9) a obtenu la cinquième note la plus basse en raison de l'opposition à l'autonomie car cette technique importe de l'urée de l'extérieur de l'exploitation. L'utilisation de l'**urée à libération lente** n'a pas été retenue pour la même raison (-0,65). Toutes les autres propositions concernant le maïs fourrager : l'**utilisation de variétés plus riches en protéines** (0,25), la **culture du maïs en association** avec un fourrage riche en protéines (2,15) et l'**optimisation du stade de la récolte** en fonction du niveau de protéines (4,15) ont été rejetées car ces techniques compromettraient le contenu énergétique du maïs. Les deux innovations concernant les céréales ont également été rejetées pour des raisons équivalentes. Il s'agit du **traitement des céréales avec de l'urée et des champignons** afin de recréer des protéines fongiques sur la base de l'amidon des céréales (1,25) et du **traitement thermique des céréales** (3,5).

D'autres innovations qui n'ont pas été retenues sont les « **pulpe fibre** » (-0,1), qui consistent à séparer la pulpe et les fibres dans l'herbe afin d'obtenir un substrat plus riche en protéines. La raison en est principalement le manque d'information. La **valorisation des collets et des feuilles de betteraves** dans l'alimentation des vaches laitières (-0,05) n'a pas non plus été sélectionnée car elle a été évaluée comme étant trop compliquée à récolter et à conserver.

L'innovation ayant obtenu la note la plus basse (-3,2) est l'utilisation de **luzerne OGM** contenant le gène de l'enzyme polyphénol oxydase qui réduit la dégradation des protéines dans l'ensilage. Les principales raisons de ne pas retenir cette innovation concernent l'acceptation sociale de l'utilisation des OGM, la légalité de la pratique dans certains pays et la volonté de développer une agriculture sans OGM en Europe.

Au final, 29 innovations et 2 bonnes pratiques, qui pourraient contenir une fusion de différentes sous-innovations, ont été sélectionnées comme décrit ci-dessus parmi les 49 innovations "principales" et 62 sous-innovations proposées à l'origine. Parmi celles-ci, 6 innovations ont été évaluées comme étant trop expérimentales pour une application directe à la ferme (agroforesterie, orties séchées, algues, luzerne séchée, sous-produits de fruits et légumes, co-produits de l'industrie de la fermentation). Sur les 23 innovations restantes, 10 ont déjà été décrites dans des fiches techniques par d'autres projets locaux (AUTOSYSEL et PROTECOW). Au total, 13 innovations et 2 bonnes pratiques ont été sélectionnées pour recueillir des informations et créer des fiches (les fiches techniques seront complétées par les résultats du WP5 : groupes de discussion et du WP6 : mise à l'échelle et produisent dans WP7 : communication).

5. Innovations sélectionnées

5.1. Production de luzerne et de trèfle violet

Production de luzerne et de trèfle violet

Description	Luzerne et trèfle violet pour le bétail laitier
Conditions de mise en œuvre	Le contexte pédo-climatique : - Luzerne : sol sain, bien drainé, assez profond avec une bonne réserve d'eau, une fertilisation adéquate (apport suffisant en P, K, S). Le sol doit être bien chaulé et le pH minimum doit être de 5,8 (David Knoden et Crémer 2014). - Le trèfle violet est adapté aux sols acides (pH > 5,5) moins drainés que la luzerne mais pourrait souffrir de sécheresses (Hérisset et al. 2015).

Performances attendues et objectivation	<i>Tableau 3: Performances attendues de la luzerne et du trèfle violet (Autosysel s.d.)</i>
--	---

	Luzerne	Trèfle violet
Utilité	Fauche (ensilage, balles, foin, déshydraté) Le pâturage est possible sous certaines conditions.	Fauche (ensilage, balles, foin) Le pâturage est possible sous certaines conditions.
Perennité	5 ans	2 ans
Fauche	4 à 5 par an	3 à 4 par an
Rendement	Jusqu'à 15 t MS / ha	Jusqu'à 10 t MS / ha

La luzerne et le trèfle violet produisent tous deux de grandes quantités de protéines par ha : 2,6 et 2,2 t de PB / ha en raison d'une teneur élevée en protéines et d'un rendement élevé en MS. La luzerne est plus performante dans les sols profonds et de bonne qualité, tandis que le trèfle violet peut supporter des sols au pH plus faible (Hérisset et al. 2015). Avec plus de protéines dans les fourrages, les aliments concentrés excédentaires peuvent être réduits dans l'alimentation. Le tourteau de colza a été réduit de 49 % et 65 % respectivement pour les rations comportant 15 % et 30 % de luzerne enrubannée dans un régime des vaches laitières à base de maïs (du blé aplati a été introduit dans le régime afin de densifier la teneur énergétique). Les coûts d'alimentation pour 1 000 litres de lait associés à 15 % de luzerne ont été réduits de 10 euros et de 5 euros pour 30 % de luzerne. Globalement, il sera économiquement intéressant d'introduire la luzerne dans l'alimentation si le rapport prix du colza / prix du blé est supérieur à 1 (Férard et Carel 2017).

LUZERNE ENRUBANNÉE : efficace pour augmenter l'autonomie

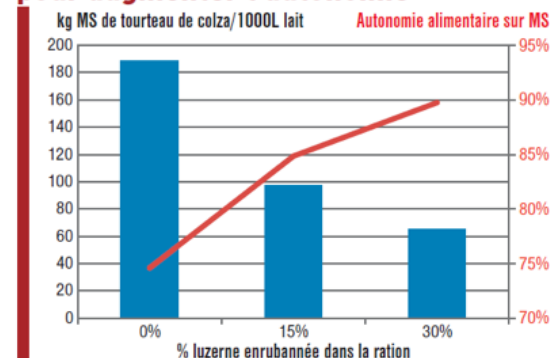


Figure 1: Consommation de tourteau de colza et autonomie alimentaire des régimes à base de maïs fourrage et luzerne enrubannée.

Figure 3: Gain d'autonomie associé à l'introduction de la luzerne dans l'alimentation (Férard et Carel 2017).

Peu de résultats existent concernant le trèfle violet sur les performances des vaches laitières. Mais l'introduction d'un ensilage de trèfle violet à 35% de MS dans l'alimentation des vaches laitières semble induire de meilleures performances qu'avec la même quantité d'ensilage de luzerne. Cependant, une autre expérimentation montre qu'un ensilage de trèfle violet à 19 % de MS réduit les performances laitières, ce qui montre l'importance d'une teneur relativement élevée en MS dans l'ensilage. Les résultats économiques montrent un avantage de 6€ / 1000 L selon le prix de la ration de colza / prix du blé. La réduction de la fertilisation azotée réduit l'entrée de 1,8 t d'azote dans une ferme de 45 vaches laitières (Beauchamp 2013).

Évaluation du degré d'innovation

La production de luzerne et de trèfle violet est possible sur tout le territoire de la "Grande Région" pour autant que les conditions de mise en œuvre soient respectées.

Tous deux ont déjà été étudiés par des centres de recherche depuis plusieurs années. De nombreux essais ont été mis en œuvre. On trouve de nombreuses informations diffusées sur le sujet. Cette innovation est déjà mise en œuvre par de nombreux agriculteurs. D'autre part, ces cultures sont exigeantes en matière de techniques liées à la récolte et au stockage. Si ces techniques ne sont pas bien maîtrisées, la teneur potentielle en protéines n'est pas atteinte.

Catégorisation	- Gestion des zones fourragères : Cette innovation a un impact sur la gestion des cultures. La luzerne modifie profondément les systèmes de rotation (Uijtewaal et al. 2020) - Gestion de l'alimentation : Les fourrages de légumineuses présentent un meilleur équilibre entre l'énergie, les protéines et les minéraux pour les vaches à haut rendement (Buxton et al. 2003)
Caractérisation basée sur la grille "ALARME"	Cette innovation a-t-elle un impact sur : - Aliments (A) : La luzerne et le trèfle violet sont riches en protéines mais pauvres en énergie. Un complément énergétique doit être apporté. - Microbisme (M) : son effet tampon compense les risques acidogènes de l'alimentation (Baumont et al. 2016) - Eleveur (E) : la gestion technique nécessite certaines connaissances.
Freins	Le succès de la mise en œuvre de la luzerne dépend du contrôle des adventices (très sensibles à la concurrence) et peu de produits de protections des plantes sont disponibles (Hérisset et al. 2015). Il est difficile de limiter les pertes de récolte et de conservation (Baumont et al. 2016). En effet, pour le foin, les pertes de rendement dues aux opérations mécaniques varient entre 15% et 30% et concernent principalement les feuilles qui sont les parties les plus riches de la plante (Uijtewaal 2016). Le fanage est l'opération qui est responsable de la majorité des pertes lorsqu'elle est appliquée à des feuilles non-humides (Uijtewaal et al. 2020).

MODE DE RÉCOLTE : l'ensilage réduit significativement les pertes de MS au champ

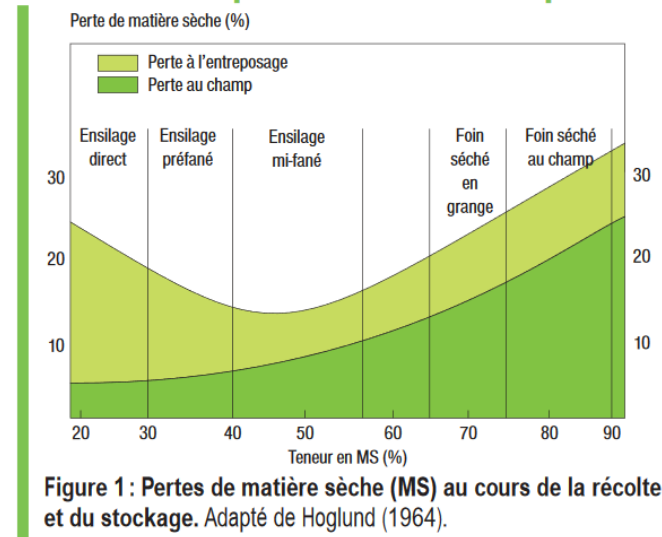


Figure 4: Pertes de MS associées à la récolte et au stockage de la luzerne selon différentes techniques (Uijtewaal 2016).

Sur la figure 4, on peut voir que la qualité de la luzerne est mieux préservée grâce à l'ensilage. Cependant, la luzerne pure fermente plus difficilement car elle contient moins de sucres solubles nécessaires à l'acidification du silo et une forte teneur en composants azotés qui ont des propriétés tampon. Afin d'obtenir une bonne conservation de l'ensilage, il est recommandé d'utiliser des additifs pour l'ensilage (voir la brochure sur les additifs pour l'ensilage et les bonnes pratiques d'ensilage pour plus d'informations). L'enrubannage, qui est récolté à une teneur plus élevée en MS, peut constituer un bon compromis (Uijtewaal et al. 2020).

Le trèfle violet est compliqué à sécher et sera principalement utilisé pour l'enrubannage (Beauchamp 2013).

Les légumineuses fourragères avec tiges, ce qui est le cas de la luzerne et du trèfle violet, présentent une teneur en protéine brute plus élevée que l'herbe mais une digestibilité moindre en raison de la faible digestibilité des tiges (Baumont et al. 2016).

Tableau 4: Qualité des tiges et des feuilles de luzerne au stade de la germination (Uijtewaal 2016).

	Energie (UFL / kg MS)	Energie (MJ NEL/kg MS)	Protéine (g CP / kg DM)
Feuilles	1,00 – 0,95	7,14 - 6,79	280 – 250
Tiges	0,70 – 0,65	5,00 - 4,64	140 - 120

Le trèfle violet et la luzerne ont un faible contenu énergétique, qui doit être complétés pour les vaches laitières (Beauchamp 2013). 300 g de céréales sont nécessaires pour compenser le déficit énergétique de 1 kg de MS de luzerne. Le pourcentage de luzerne dans le fourrage ne doit pas dépasser 50 %, sinon les céréales ne compenseront plus le déficit énergétique (Baumont et al. 2016).

Leviers

Pour gérer les mauvaises herbes, la lutte mécanique contre les mauvaises herbes donne de bons résultats (Hérisset et al. 2015). Un mélange avec des variétés de graminées (comme le dactyle) est également possible. Les associations de luzerne ou de trèfle violet avec de l'herbe permettent de produire des rendements élevés d'un fourrage équilibré (protéines - énergie) bien réparti sur la saison (D Knoden, Hautot, et Decamps 2016). Le trèfle violet, en culture pure, est plus agressif à l'implantation et sera un meilleur concurrent contre les mauvaises herbes (Beauchamp 2013).

En Wallonie, la culture de la luzerne est considérée comme une culture respectueuse de l'environnement. Sous certaines conditions, une subvention peut être accordée (Natagriwal 2014). Il en va de même en France : la luzerne est considérée comme une culture à faible impact par l'Agence de l'eau Rhin Meuse et il existe des subventions dans le cadre de la PAC (Agence de l'eau Rhin Meuse 2014).

Pour maximiser la qualité du fourrage, la luzerne et le trèfle violet doivent être récoltés au stade de la germination (MAURON 2015).

Il est important de réduire le fanage et de réaliser l'andainage et la mise en balles le matin, pour profiter de la rosée (Hérisset et al. 2015). Le fanage doit se faire à faible vitesse (350 - 400 tours / min) afin de laisser les feuilles intactes. Cependant, pour de faibles rendements et de bonnes conditions de séchage, le fanage peut être évité (Uijtewaal et al. 2020).

La méthode massai, qui exploite la dissociation entre les feuilles qui contiennent près de 3/4 des protéines et le reste de la plante, permet de produire deux produits différents (en même quantité) :

- Le "PAREP" a une teneur très élevée en protéines (27 % de protéines/DM) et une faible teneur en fibres (<18 %).
- Le "Alfib" qui peut être utilisé pour nourrir les génisses ou d'autres ruminants (Juncker 2016).

La luzerne et le trèfle violet peuvent être semés en été, pas trop tard, car ces deux cultures sont sensibles au froid l'année de leur implantation (entre le 15 août et le 15 septembre). L'implantation au printemps est également possible. Bien que, dans ce cas, l'implantation doit également être en début de saison afin de prévenir le risque d'une période sèche (à partir du 1/03). Le semis sous couvert d'orge de printemps ou d'avoine d'hiver est possible (voir la fiche semis sous couvert) (Hérisset et al. 2015).

Avantages

- Diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires dans l'exploitation. Réduction des pertes d'azote dans l'environnement et de l'utilisation de combustibles fossiles pour la production d'engrais azotés. La luzerne améliore la structure du sol grâce à son système d'enracinement profond (Hérisset et al. 2015).
- La luzerne est riche en minéraux et en acides gras essentiels (Uijtewaal 2016)
- La luzerne est plus productive et plus résistante aux risques climatiques (Uijtewaal 2016). Pendant les sécheresses, la luzerne et les associations sont plus productives que les graminées seules (D Knoden, Hautot, et Decamps 2016)

	- La luzerne et le trèfle violet réduisent les émissions de méthane des vaches laitières par rapport aux régimes à base d'herbes et de céréales fourragères (Baumont et al. 2016) - Le trèfle violet est principalement récolté sous forme d'ensilage, auquel il est bien adapté grâce à sa teneur en sucre de 8 à 10% et contient une enzyme qui limite la dégradation des protéines (PPO), ce qui les rend stables dans le temps (Beauchamp 2013). - A digestibilité égale, les fourrages de légumineuses présentent une ingestibilité plus élevée (+10 à 15%) que les fourrages d'herbe (Baumont et al. 2016) - La luzerne peut contribuer à réduire le risque d'acidose des régimes alimentaires à base de concentré de maïs par l'introduction de fibres (Baumont et al. 2016)
Inconvénients	Ces fourrages sont exigeants en matière de techniques pour atteindre leur potentiel de haute qualité
Caractérisation basée sur la grille "ESR"	Substitution des fourrages par la culture de la luzerne ou du trèfle violet
Sources	Agence de l'eau Rhin Meuse, 2014 : « Les aides aux agriculteurs Agence de l'Eau Rhin-Meuse ». 2014. https://www.eau-rhin-meuse.fr/aides_agriculteurs. Autosysel. s. d. « Des légumineuses - luzerne et trèfle violet- pour augmenter l'autonomie protéique ». Consulté le 11 avril 2019. http://idele.fr/services/outils/autosysel/stockage-fiches/bl/des-legumineuses-luzerne-et-trefle-violet.html. Baumont R., D. Bastien, A. Férard, G. Maxin, et V. Niderkorn, 2016 : « Les intérêts multiples des légumineuses fourragères pour l'alimentation des ruminants », 12. Beauchamp, J., 2013 : « Le trèfle violet ». Chambres d'agriculture Normandie. http://partage.cra-normandie.fr/fichiers/cult-trefle-violet.pdf. Buxton, Dwayne R., Richard E. Muck, Joseph H. Harrison, Kenneth A. Albrecht, et Karen A. Beauchemin, 2003: « Alfalfa and Other Perennial Legume Silage ». In Agronomy Monograph. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c14. Férard A. et Y. Carel, 2017 : « Association maïs et herbe : Jouer la carte de la complémentarité ». Perspectives Agricoles, no 442 (mars): 4. Hérisset R., A. Guillaume, D. Le Pichon, et A. Estebanez, 2015 : « Luzerne et trèfle violet: la performance protéine ». http://www.bretagne.synagri.com/ca1/PJ.nsf/TECHPJPARCLEF/24777/\$File/PO%20MAURON%202015%20d%C3%A9f.pdf?OpenElement. Juncker E., 2016 : « MASSAï ou comment récolter et conserver la “crème” de la luzerne (et autres légumineuses fourragères) pour valoriser de manière différenciée et sécurisée une fraction riche en protéines et une fraction riche en fibres ». In , 230-31. Paris: AFPP. Knoden D., M. Hautot et C. Decamps, 2016 : « Essais multilocaux en Belgique sur les potentialités de production et de valeur alimentaire des associations graminées - luzerne », 4.

Knoden D. et S. Crémer, 2014 : « Vademecum: la culture de luzerne ». Fourrages Mieux.
http://www.fourragesmieux.be/Documents_telechargeables/vademecum_luzerne.pdf.
Natagriwal, 2014 : « LES METHODES AGROENVIRONNEMENTALES ET CLIMATIQUES DU PwDR [2014 - 2020] ».
Uijtewaal A., 2016 : « Ensilage de luzerne : la qualité se joue à la récolte ». Perspectives Agricoles, no 429 (janvier): 38-41.
Uijtewaal A., D. Le Pichon, S. Guibert, F. Guillois, J.-M. Seuret, S. Bourrin, B. Rouillé et al. 2020 : « La luzerne : comment mieux la cultiver, la récolter et la valoriser dans les exploitations de Pays de la Loire et Bretagne »

Auteurs

Lisa Arnould, Pierre Laugs, Alexandre Mertens, Caroline Battheu-Noirfalise

5.2. Pâturages sous couvert et fourrages sous couverts

Pâturage sous couvert et fourrages sous couverts

Description L'innovation temporaire ou permanente dans une culture principale (légumineuses, céréales ou mélange légumineuses - céréales) récoltée à maturité ou sous forme d'ensilage. La prairie doit s'établir après la récolte de la culture principale. Le principe est de gagner du temps et de produire davantage en réalisant deux cultures simultanément (Schoy 2018a).

Pour les prairies temporaires :

Dans le cas d'une implantation printanière, l'orge de printemps (récoltée sous forme de grain ou d'ensilage) et un mélange de pois et de fèves (récolté sous forme d'ensilage) semblent les meilleures cultures principales à utiliser. La prairie temporaire peut alors être un mélange de variétés de pâturages (Metivier et al. 2018). La luzerne peut également être utilisée sous l'orge de printemps. Il existe deux périodes de semis :

- En même temps que l'orge (début mars). Les prairies temporaires risquent d'être trop compétitives par rapport à l'orge et de devenir un problème au moment de la récolte de l'orge. Mais de cette manière, les coûts de travail et de mécanique sont réduits.
- Lorsque l'orge est au stade 3 feuilles - début du tallage : attention à ne pas semer les légumineuses après ce stade ou l'orge sera trop agressive sur les jeunes prairies. De cette façon, il n'y a pas de réduction des coûts ni du travail.

Dans le cas d'une implantation en automne, l'orge d'hiver semble être la meilleure option en combinaison avec des variétés comme le trèfle blanc ou violet semées 4 mois après l'orge. Les plus grandes variétés de fourrage comme le trèfle persan ou le trèfle d'Alexandrie risquent d'entraîner des difficultés lors de la récolte (Metivier et al. 2018).

Pour les prairies permanentes :

Les prairies permanentes peuvent également être semées en combinaison d'une culture principale. Cela permet de conserver le rendement fourrager total de l'année dans le cas d'un renouvellement complet grâce à une première coupe d'ensilage provenant de la culture principale. Là encore, le semis est effectué au printemps (mars - avril) en même temps. La culture principale peut être une céréale (orge ou avoine), semée à 60 % de sa densité normale, mais l'utilisation d'un pois (pois consiste à semer une prairie fourrager ou protéagineux) peut garantir une meilleure teneur en protéines de l'ensilage et un besoin réduit en fertilisation azotée. Le pois peut être semé avec une céréale qui servira de tuteur et le mélange peut être récolté sous forme d'ensilage pour faire place à la prairie. En cas de forte pression des sangliers, la culture principale pourrait être un trèfle de Perse ou d'Alexandrie (Widar, Cremer, et Knoden 2017).

	Dans des conditions plus chaudes, la même opération est possible en automne. Le blé, l'orge ou le triticale peuvent être utilisés comme culture principale à une densité réduite de 200gr/m² (GNIS s. d.). Mais le blé est le plus faible concurrent des prairies (Deniel s. d.). Le principal avantage d'une implantation en automne est que si le printemps est sec, la prairie sera déjà bien implantée (GNIS s. d.). Mais au printemps, les légumineuses ont une meilleure chance de s'implanter alors que la concurrence entre la culture principale et la prairie est réduite (Deniel s. d.).
Conditions de mise en œuvre	Il y a certaines contraintes liées aux contextes pédoclimatiques. Le semis de telles cultures sous couvert suppose, notamment, qu'il y ait suffisamment de précipitations. En ce qui concerne les conditions structurelles, il n'y a pas de contraintes spécifiques. Les semis sous couvert peuvent être implanté partout sans aucune restriction, mais le climat aura une influence sur les périodes d'implantation et les variétés à utiliser.
Performances attendues et objectivation	Il semble que cette innovation ait un intérêt pratique. Il n'y a que le climat qui limite l'ampleur de croissance et donc le succès. Les performances attendues dépendent également de la méthode utilisée. Dans le cas d'un semis d'une prairie permanente sous couvert d'un mélange pois/céréales, la culture principale peut produire 7 à 10 t MS d'ensilage par ha (David Knoden 2016). Dans le cas d'une récolte en céréales, il semble que les rendements soient un peu plus faibles qu'une culture sans fourrage en raison de la densité de semis plus faible de 5 ou 5,5 t de céréales par ha (Gouérec 2011). Le pâturage à la fin de l'été, au début de l'automne est déjà possible la première année après une implantation de printemps (GNIS s. d.).
Évaluation du degré d'innovation	L'innovation n'a pas vraiment un caractère novateur. C'est plutôt une résurrection d'une ancienne méthode traditionnelle.
Catégorisation	Gestion des zones fourragères
Caractérisation basée sur la grille "ALARME"	Cette innovation a-t-elle un impact sur : - Animal (A) : Non - Logement (L) : Non - Aliments pour animaux (A) ○ Augmentation de la production de fourrage (David Knoden 2016) ○ Production potentielle de fourrage riche en protéines (David Knoden 2016) ○ Si la culture principale n'est pas la plus importante mais seulement une couverture pour l'implantation de la prairie, le stade de la récolte peut ne pas être optimal et l'ensilage obtenu peut être de moindre qualité. - Régie (R) ○ Semis avec des techniques et des machines spéciales ○ Peut-être un autre contrôle des mauvaises herbes (Deniel s. d.)

	- Microbisme (M) - o La méthode de semis sous couvert conduit à l'utilisation d'un ensemble plus diversifié de variétés de plantes et d'une plus grande durée de couverture du sol qui améliorent le microbiote du sol (Deniel s. d.) - Eleveurs (E) - o Potentiellement plus de travail si le semis est fait en deux fois - o Il est nécessaire de mieux comprendre la complexité de l'optimisation de la croissance des deux cultures en même temps
Freins	- Travail et coûts élevés : nécessité de deux passages si l'agriculteur ne dispose pas d'une machine qui peut semer à deux profondeurs différentes en même temps (Widar, Cremer, et Knoden 2017) - Méthode risquée les années sèches, il peut y avoir une compétition pour l'eau (Widar, Cremer, et Knoden 2017) - Possibilité de difficultés de récolte pendant les années humides - Lorsque le printemps est humide, l'implantation peut être difficile (GNIS s. d.)
Leviers	- Une densité de semis réduite de la culture principale peut contribuer à réduire la compétition pour l'eau et les nutriments vers la culture fourragère (Widar, Cremer, et Knoden 2017) - Le maintien de la production de fourrage dans le cas d'un resemis une prairie permanente (David Knoden 2016). - Le verdissement des lois agricoles encourageant l'utilisation d'une culture de couverture après la récolte d'une culture principale
Avantages	- Amélioration de la structure des sols (Deniel s. d.) - Réduction du travail du sol : pas besoin de retravailler le sol après la culture principale pour installer la prairie (GNIS s. d.) - Réduction de l'érosion (Deniel s. d.) - Promotion des microorganismes (Deniel s. d.) - Moins de développement des mauvaises herbes dans la prairie temporaire (Schoy 2018a) - Protection du fourrage par la culture principale contre le vent et le froid (Widar, Cremer, et Knoden 2017) - Meilleure praticabilité dans les années humides pour le maïs
Inconvénients	- En cas d'années extrêmes (humides ou sèches), le risque est plus élevé pour l'implantation, la croissance et la récolte des deux cultures - Le contrôle des mauvaises herbes peut être compliqué car les mêmes produits ne peuvent pas être utilisés (Deniel s. d.)

Caractérisation basée sur la grille "ESR	Amélioration de l'efficacité - Plus de production dans la même zone tout en améliorant l'état des sols Substitution - L'herbe jeune, la luzerne ou le trèfle remplacent un peu d'aliment protéique concentré dans les pâturages - Différentes légumineuses peuvent être battues et utilisées comme aliments protéiques concentrés Re-Design - Il s'agit d'une refonte d'une ancienne méthode
Sources	Deniel L., n.d. : Des prairies temporaires sous couvert de cultures annuelles [WWW Document]. URL http://www.bretagne.synagri.com/ca1/PJ.nsf/ATWEB0101/091917641BCC9663C12583D000498061/\$FILE/Des%20prairies%20temporaires%20sous%20couvert%20de%20cultures%20annuelles.pdf (accessed 4.9.20). GNIS, n.d. : « Tous les ans, je sème 10 à 15 ha de prairie sous couvert » [WWW Document]. URL https://herbe-actifs.org/eleveurs/tous-les-ans-semis-de-prairie-sous-couvert (accessed 4.9.20). Gouérec N., 2011 : Réussir ses semis de prairies. Knoden D., 2016 : Rénovation d'une prairie permanente : VADE MECUM. Metivier T., J. Girard, D. Delbecque, C. Tostain, A. Guimas et T. Jeulin, 2018 : Reine Mathilde : Bilan de 8 ans d'essais 2011 à 2018. Chambre d'Agriculture Normandie. Scohy D., 2018 : Autonomie alimentaire Sous quels couverts semer une prairie temporaire ? [WWW Document]. Web-Agri. URL http://www.web-agri.fr/conduite-elevage/culture-fourrage/article/sous-quels-couverts-semer-une-prairie-temporaire-1178-142293.html (accessed 5.3.19). Widar J., S. Cremer et D. Knoden, 2017: Rénovation des prairies, Livret de l'agriculture.
Auteurs	<i>Robert Zimmer, Damien Godfroy, Caroline Battheu-Noirfalise</i>

5.3. Additifs pour ensilage

Additifs pour ensilage

Description

"Les additifs sont des produits naturels et industriels ajoutés en assez grande quantité aux fourrage ou grains. Les additifs contrôlent ou empêchent certains types de fermentation, ce qui réduit les pertes et améliore la stabilité de l'ensilage" (Yitbarek & Tamir, 2014)

Derrière le terme d'additif d'ensilage se cachent différents produits aux actions différentes. Certains améliorent la vitesse d'acidification dans le processus d'ensilage tandis que d'autres aident à stabiliser l'ensilage une fois ouvert. Ces deux actions permettent de préserver la matière organique dans le silo et de maintenir sa qualité nutritionnelle (Uijtewaal 2019).

L'amélioration de la vitesse d'acidification dans le processus d'ensilage réduit la prolifération de certaines bactéries nocives (tel que les bactéries butyriques) et la protéolyse qui se produit entre-temps. En réduisant la protéolyse, la teneur en protéines est mieux préservée. Pour ce faire, on utilise des acides organiques (acides formique ou propionique) et des bactéries lactiques homo-fermentescibles. Les bactéries transforment le sucre en acide lactique qui diminue rapidement le pH jusqu'à 4, ce qui permet d'obtenir des conditions de stockage stables (Nadeau 2019). Des enzymes peuvent être ajoutées aux bactéries pour prédigérer les fibres et libérer des sucres pour aider la fermentation lactique (Uijtewaal 2019).

Une fois l'ensilage ouvert, un contact est établi avec de l'oxygène et différents micro-organismes (moisissures et levures) au premier plan. Cela peut entraîner un échauffement et une dégradation de la qualité. Les acides propionique, benzoïque, sorbique et acétique ont des propriétés antifongiques. Les acides peuvent également être utilisés sous forme de sel, qui libère l'acide au contact de l'ensilage. Des bactéries hétérofermentescibles peuvent également être utilisées. Elles transforment le sucre en acide acétique et lactique, tandis que l'acide acétique empêche le réchauffement (Nadeau 2019).

Les additifs commerciaux contiennent généralement un mélange de ces différents types de produits à des concentrations différentes assurant un large spectre d'activité (Nadeau 2019).

Un fourrage de meilleure qualité améliore l'autonomie en protéines car il faut acheter moins d'aliments complémentaires pour compléter l'animal.

Tableau 5: Silos couloir et silo tour 25-35% MS (haché ou coupé)

Conditions	Actions nécessaires		Types d'additifs
Ensilage d'herbe et de trèfle	Faible teneur en MS < 25 % de MS	Inhiber le clostridium	Acide ou sel
	Légumineuses dominantes (faible teneur en sucre et effet tampon)	Diminuer rapidement le pH	Acide ou inoculant avec des bactéries lactiques homofermentescibles (BAL)
	Retard de la récolte, faible teneur en sucre	Diminuer rapidement le pH, inhiber les clostridies, les levures et les moisissures	Acide ou sel
	Période de récolte normale, teneur en sucre élevée, bonnes conditions, environ 30 % Ms	Diminution rapide du pH, inhibition de la levure	Acide, sel ou inoculant à double usage avec homo- et hétérofermentescibles BAL
Céréales complètes/maïs	Céréales complètes récoltées à la position	Diminution rapide du pH, inhibition de la levure	Acide, sel ou inoculant à double usage avec homo- et hétérofermentescibles BAL
	Céréales complètes récoltées au stade immature et maïs	Empêcher le réchauffement de l'ensilage	Sel ou inoculant avec BAL hétérofermentescibles

Tableau 6: Balles rondes 30-50% DM

Conditions	Actions		Types d'additifs
Ensilage d'herbe et de trèfle	Faible teneur en MS et/ou dominance des légumineuses	Inhiber le clostridium	Acide, sel ou inoculant avec BAL homofermentescibles
	Retard de la récolte, faible teneur en sucre	Inhiber les clostridies, les levures et les moisissures	Acide ou sel
	Période de récolte normale, teneur en sucre élevée, 40-50% MS	Inhiber la levure	Sel ou inoculant à double usage avec BAL homo- et hétérofermentescibles
Céréales complètes	Céréales complètes récoltées à l'épiaison	Diminution rapide du pH, inhibition de la levure	Acide, sel ou inoculant à double usage avec homo- et hétérofermentescibles BAL
	Céréales complètes récoltées au stade immature	Diminution rapide du pH, inhibition de la levure	Sel ou inoculant avec homo- et hétérofermentescibles

(Nadeau 2019)

Conditions de mise en œuvre	Les additifs pour l'ensilage ne se substituent pas aux bonnes pratiques lors de la récolte de l'herbe et de la conception de l'ensilage. Il pourrait être nécessaire d'utiliser des additifs pour l'ensilage lorsque : - La teneur en sucre du fourrage est très faible. L'ensilage de légumineuses (luzerne, trèfle,...), les mélanges céréales/légumineuses immatures, l'ensilage d'herbe provenant de pâturages permanents ou l'ensilage fané par temps de pluie peuvent être concernés (Nadeau 2019). - La matière sèche du fourrage est trop faible. Il est donc conseillé de récolter l'herbe de 28 à 40 % de la matière sèche et de 31 à 34 % de la matière sèche pour l'ensilage de maïs. - La quantité d'aliments prélevée chaque jour dans le silo est insuffisante, ce qui entraîne une fermentation aérobie.
------------------------------------	--

Performances attendues et objectivation	Sur la fermentation : - Diminution du pH (acide) - Augmenter la proportion de bactéries lactiques (homofermentescibles) - Réduire l'ammoniac : augmentation de l'efficacité en fonction de la teneur en protéines du fourrage (Herremans et al, 2018) - Diminution de la proportion d'acide acétique et d'acide butyrique (Charley et al, 2017) - Réduire les pertes par fermentation (Borreani et al. 2018) Certains auteurs s'accordent à dire que les additifs d'ensilage améliorent (Yitbarek et al, 2014 ; Charley et al, 2017) : - la digestibilité des fourrages (+7%) (Muck et al. 2018) - l'ingestion en MS (+ 1 kg par jour par vache) (Muck et al. 2018) - Production de lait (+0,37 kg de production de lait cru par jour par vache) (Muck et al. 2018)
Évaluation du degré d'innovation	De nombreux agriculteurs utilisent déjà des additifs d'ensilage pour préserver la qualité de l'ensilage. Chaque agriculteur produisant de l'ensilage peut utiliser cette technique
Catégorisation	Cette innovation concerne : - La gestion des zones fourragères - Gestion de l'alimentation du bétail
Caractérisation basée sur la grille "ALARME"	Cette innovation a-t-elle un impact sur : - Animal (A) : oui, en améliorant la qualité des aliments pour animaux - Logement (L) : non - Alimentation (A) : oui, - Régie (R) : oui, l'ensileuse doit être équipée d'une cuve pour les additifs d'ensilage - Microbisme (M) : non
Freins	Coûts : 10 à 20 € par tonne de matière sèche (Uijtewaal, 2019) Matériel nécessaire : cuve à additifs d'ensilage de la récolteuse de fourrage
Leviers	La fiabilité de l'innovation : l'existence d'agriculteurs qui peuvent témoigner
Avantages	- Améliorer le processus de fermentation - Réduire les pertes (si les bonnes pratiques pour l'ensilage sont respectées) - Réduire la fermentation aérobie à la sortie des aliments - Améliorer la stabilité aérobie

Inconvénients	- Coûteux - Équipement spécial nécessaire - Une vaste gamme d'additifs pour l'ensilage est proposée par les entreprises d'alimentation : il est difficile pour les agriculteurs de choisir celui qui convient le mieux à leur fourrage - Les acides peuvent être dangereux pour l'opérateur
Caractérisation basée sur la grille "ESR	Cette innovation consiste en une amélioration de : - Efficacité
Sources	Yitbarek, Melkamu Bezabih et Birhan Tamir: « Silage Additives: Review ». Open Journal of Applied Sciences 04, no 05 (2014): 258-74. https://doi.org/10.4236/ojapps.2014.45026. Herremans S., V. Decruyenaere, Y. Beckers et Eric Froidmont: « Silage Additives to Reduce Protein Degradation during Ensiling and Evaluation of in Vitro Ruminant Nitrogen Degradability ». Grass and Forage Science, 22 novembre 2018. https://doi.org/10.1111/gfs.12396. Uijtewaal A., « Rôle et mode d'action des conservateurs d'ensilage d'herbe », 4 avril 2019. https://www.arvalis-infos.fr/les-conservateurs-d-ensilage-d-herbe-comment-ca-marche--@/view-27210-arvarticle.html. Muck R.E., E.M.G. Nadeau, T.A. McAllister, F.E. Contreras-Govea, M.C. Santos et L. Kung : « Silage Review: Recent Advances and Future Uses of Silage Additives ». Journal of Dairy Science 101, no 5 (mai 2018): 3980-4000. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839. Charley, Renato Schmidt, Tony Hall and Bob: « The Pickle of High-Acetic Acid Silages ». Progressive Dairyman: Canada. Consulté le 22 février 2019. https://www.progressivedairyman.com/topics/feed-nutrition/the-pickle-of-high-acetic-acid-silages. Méline Bertrand : « Dérive fermentaire au silo. Comment faire ? » PLM, novembre 2017. Borreani G., E. Tabacco, R.J. Schmidt, B.J. Holmes et R.E. Muck, 2018 : Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. J. Dairy Sci. 101, 3952–3979. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837 Muck R.E., E.M.G. Nadeau, T.A. McAllister, F.E. Contreras-Govea, M.C. Santos et L. Kung, 2018: Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. J. Dairy Sci. 101, 3980–4000. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839 Nadeau E., 2019: Reducing nutrient losses - use of additives in silage production. Uijtewaal A., 2019 : Rôle et mode d'action des conservateurs d'ensilage d'herbe [WWW Document]. URL https://www.arvalis-infos.fr/les-conservateurs-d-ensilage-d-herbe-comment-ca-marche--@/view-27210-arvarticle.html (accessed 4.30.19).
Auteurs	Alice Berchoux, Caroline Battheu-Noirfalise, Audrey Feyder

5.4. Vêlage précoce, vêlage groupé et saison de vêlage

Vêlage précoce, vêlage groupé et saison de vêlage

Description

Certains éleveurs regroupent les vêlages pour diminuer la charge de travail quelques semaines par an. La plupart du temps, ils choisissent une période de vêlage groupée à la fin de l'été ou au début du printemps. Parfois, ils choisissent de maintenir deux périodes de vêlage groupé qui donnent une seconde chance aux vaches vides. Cette innovation concerne la synchronisation du vêlage au printemps (mars) pour permettre de produire le maximum de lait à partir de l'herbe pâturée efficacement considérée comme l'aliment le moins cher pour les vaches laitières (Dillon et al. 1995). Cette pratique est courante en Irlande, en Nouvelle-Zélande, dans les Alpes et en Suisse.

Une correspondance plus étroite entre le mode de croissance des pâturages et la courbe de lactation pourrait conduire à une meilleure autonomie en protéines car les besoins nutritionnels les plus élevés des vaches sont couverts uniquement par l'herbe pâturée.

Avec un vêlage en mars (ligne pointillée), 74% du lait pourrait être produit entre avril et septembre alors qu'avec un vêlage en janvier (ligne pleine) seulement 62% du lait peut être produit dans cette période sans différence dans la production totale de lait (Dillon et al. 1995).

Pour ce faire, les vaches doivent être capables d'une bonne valorisation de l'herbe et de vêler dans une période de temps réduit (fin de l'hiver). Les coûts liés à l'augmentation des réformes (%), au décalage de la date de vêlage (jour), à l'augmentation de l'insémination artificielle et aux coûts d'intervention (0,1 insémination supplémentaire), ainsi qu'à l'augmentation des coûts de main-d'œuvre (10 %) ont été quantifiés à 13,68, 3,86, 4,56 et 29,6 €/vache par an (Shalloo, Cromie, et McHugh 2014). Cela est en partie difficile pour les souches Holstein nord-américaines qui présentent des problèmes de fertilité (par exemple en France, 20 % de la lactation est supérieure à 395 jours) (Trou et al. 2010). Ainsi, le lien entre cette innovation et la question de la race est tel que les souches Holstein de Nouvelle-Zélande ou Fleckvieh pourraient être mieux adaptées en raison de leur meilleure fertilité (respectivement 66 % et 81 % des vaches gestantes 6 semaines après insémination contre 48 % pour la souche Holstein nord-américaine) (Piccand 2013).

Avec une seule période de vêlage par an, les vaches qui ne sont pas gestantes sont réformées. Cela peut potentiellement conduire à un taux de réforme élevé. Dans ce cas, le vêlage groupé peut également être associé à une longue lactation. En effet, les vaches qui ne sont pas gestantes au début pourraient être inséminées pour un vêlage 6 mois plus tard, ce qui implique une lactation de 18 mois (Valérie Brocard et al. 2013). Si les vaches sont persistantes dans leur lactation, cette technique montre des gains économiques potentiels et une réduction des besoins totaux du troupeau grâce à la réduction du taux de réforme et de l'élevage des génisses (+11€/1000L de lait) (Valérie Brocard et al. 2013).

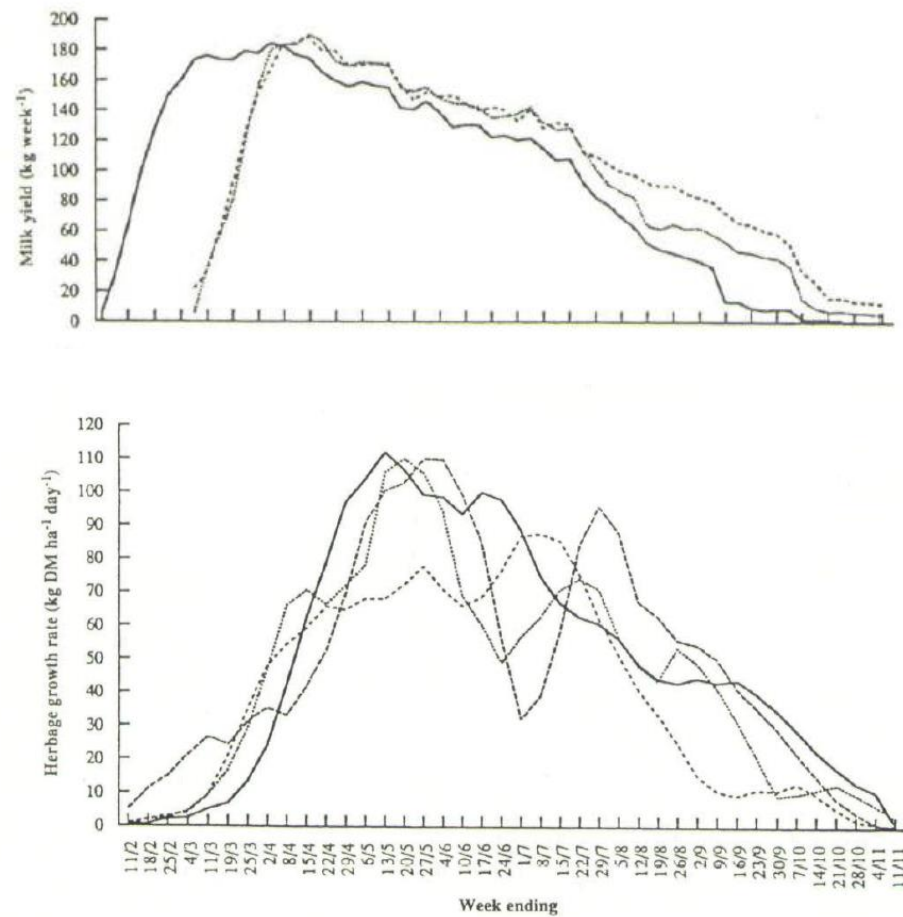


Figure 5: lien entre production laitière et croissance de l'herbe

Conditions de mise en œuvre	Cette innovation est recommandée pour les systèmes extensifs et basés sur les pâturages (Bignon 2018). Il n'y a pas de différence entre la performance laitière et l'apport en matière sèche pour les vaches qui vèlent au printemps si elles sont nourries avec un pâturage de haute qualité en début de lactation (Kennedy et al. 2005).
Performances attendues et objectivation	Des centres de recherche, des fermes (essentiellement biologiques) de notre région et une majorité de fermes d'autres pays (Irlande, Nouvelle-Zélande, Alpes, Suisse...) ont montré les avantages de cette stratégie sur la charge de travail et les coûts d'alimentation. Barash et al. (1995) ont déterminé que la production de lait dans les groupes de vêlage de fin d'été est augmentée et est diminuée dans les groupes de vêlage de printemps. Même si la production laitière totale de ce dernier groupe semble plus faible, la teneur en protéines et en graisses semble plus élevée, ce qui conduit à une même quantité de matière totale produite (Dillon et al. 1995). Il semble que cet effet ne soit pas seulement dû à la façon de s'alimenter en début de lactation, mais plutôt à d'autres facteurs comme le stress thermique et la photopériode (Barash 1995 ; Coulon und Pérochon 2000). Lorsque l'accès aux pâturages est autorisé, les vaches laitières vèlées au printemps présentent une production laitière plus élevée (Kennedy et al. 2005). L'herbe pâturée sera renouvelée et sera de bonne qualité si elle est bien gérée (O'Donovan 2004). Le risque d'une mauvaise gestion des pâturages est que l'herbe vieillisse, perde en qualité et ait un impact négatif sur la production laitière (Kennedy et al. 2007). La gestion de l'herbe est donc très importante dans une ferme où les vêlages sont groupés au printemps. En Irlande, le bénéfice net par ha a été amélioré de + 268 €/ha par tonne de MS récoltée, grâce à l'allongement des saisons de pâturage. Les exploitations laitières qui ont acheté davantage d'aliments pour animaux ont enregistré une augmentation du rendement laitier par hectare, mais le bénéfice net par hectare a diminué de 78,2 €/ha pour chaque tonne de MS achetée par hectare (Ramsbottom et al. 2015). En Irlande, une fois encore, les vaches laitières vèlées au printemps ont pu produire 5513 kg de lait entre mai et novembre avec seulement 130 kg de concentré et un pâturage de précision à plein temps (O'Donovan et al. 2015). Globalement, il semble que pour chaque augmentation de 10 % de l'herbe pâturée dans le système d'alimentation, le coût de production du lait est réduit de 2,5 cents/litre (Dillon, 2005).
Évaluation du degré d'innovation	Si vous pouvez trouver quelques troupeaux avec des périodes de vêlage groupées, ce n'est pas du tout courant dans la région d'Autoprot. Cette technique est déjà utilisée dans d'autres systèmes basés sur les pâturages (Irlande, Nouvelle-Zélande, Alpes et Suisse).
Catégorisation	Cette innovation ne concerne que la gestion des troupeaux avec un impact sur la gestion des surfaces fourragères et de l'herbe.
Caractérisation basée sur la grille "ALARME	Les stratégies (vêlage groupé) de cet impact sur l'innovation : - Animal (A): Les vaches sont regroupées au vêlage.

-
- Logement (L): nécessité d'un meilleur accès aux pâturages autour de l'exploitation (en cas de vêlage au printemps) et de plus de places pour les jeunes veaux, de plus de boxes de vêlage, de plus de place pour la conservation du fourrage (en cas de vêlage à la fin de l'été).
 - Alimentation et santé (A): L'alimentation est principalement basée sur l'herbe des pâturages en été.
 - Régie (R): Le système d'alimentation change dans le cadre d'un pâturage ce qui conduit à l'adaptation de la gestion du troupeau. La fertilité doit être très bien gérée pour obtenir un vêlage groupé.
 - Microbisme (M) : l'éleveur pourrait organiser certaines périodes de l'année avec moins (ou pas) de travail quotidien. Il pourrait avoir des jours de congé ou des travaux saisonniers sur le terrain. L'éleveur doit gérer au mieux les performances de reproduction, d'alimentation et de santé.
-

Freins

- Les variations périodiques de la production pourraient être un problème pour la filière.
 - La naissance de tous les veaux dans un court laps de temps nécessite des compétences techniques pour gérer la distribution du colostrum et du lait pendant les premiers mois de la vie et le logement doit potentiellement changer totalement.
 - Le vêlage groupé pourrait être mis en œuvre au sein d'exploitations non robotisées. Le robot de traite est un système de production coûteux. Pour cette raison, ils doivent fonctionner tous les jours. Un autre problème sera que si un grand groupe de vaches vêlent ensemble, le robot sera saturé. Si le troupeau est équilibré (début et fin de lactation), les robots seront également mieux valorisés. La période de vêlage groupée au printemps est plus adaptée aux systèmes basés sur les pâturages extensifs.
 - Le changement climatique pourrait modifier la période de croissance de l'herbe et la possibilité de pâturage.
 - La race et l'intensité du système d'élevage pourraient représenter une barrière (Piccand 2013) :
 - Les Holsteins n'étaient pas adaptés aux systèmes de production de vêlage saisonnier basés sur les pâturages en raison de leur faible performance reproductive (Piccand 2013). La race Fleckvieh a rempli les objectifs de reproduction par vêlage groupé. Cette race devrait être davantage considérée dans les systèmes de vêlage saisonnier, malgré son potentiel de production laitière plus faible (Piccand 2013).
 - La Holstein ne peut pas exploiter tout son potentiel dans les systèmes laitiers basés sur les pâturages. Il en résulte également que leurs faibles performances de reproduction dues à leurs besoins ne sont pas couvertes par les pâturages (Harris et Kolver 2001).
 - Dahl et Petitclerc (2003) ont déterminé que la saison de vêlage influence la production de lait des vaches laitières. Cet effet n'appartient pas seulement à l'alimentation en début de lactation mais dépend également d'autres facteurs comme le stress thermique et la luminosité (Dahl et Petitclerc 2003).
 - Un vêlage groupé en fin d'été est plus recommandé pour les systèmes intensifs car il permet d'adapter l'alimentation aux besoins de chaque vache individuellement et surtout en début de lactation avec des fourrages conservés de haute qualité (Froidmont et al. 2010). En effet, la ration totale mixte permettra d'atteindre des performances laitières plus élevées par rapport aux systèmes de traite basés sur les pâturages (Kolver und Muller 1998).
-

Leviers	- Organisation de la charge de travail au niveau de l'année (les congés sont possibles !). - Comme cette innovation est étroitement liée aux pâturages, il serait souhaitable d'envisager également une meilleure gestion des pâturages et des races mieux adaptées à un système d'alimentation au pâturage (Dillon et al. 2003) . - Sélection pour les vaches ayant un pic de lactation limité mais une bonne persistance (Bignon 2018). - Compétences adaptées aux pâturages
Avantages	- Moins de coûts de fourrage (moins de récolte nécessaire, moins de qualité nécessaire pour la fin de la lactation en hiver). - Diminution de la charge de travail à certaines périodes de l'année. Une traite par jour possible en fin de lactation et un tarissement groupé permettent des congés. - L'augmentation de la luminosité permet d'augmenter la production de lait (Dahl et Petitclerc 2003)
Inconvénients	- Si une seule période de vêlage, nécessité de réformer chaque vache vide pour éviter une lactation de deux ans - Répartition hétérogène du volume de lait tout au long de l'année - Répartition hétérogène des veaux tout au long de l'année. Cela peut entraîner des problèmes de gestion (hygiène, ...) s'il n'y a pas assez de places pour eux dans le bâtiment d'élevage. - Hygiène : il y aura beaucoup de veaux en même temps. De ce fait, la pression infectieuse augmente. Il faut donc un très bon système d'hygiène et les éleveurs ont besoin de beaucoup de places dans les étables pour les veaux. - Gestion du troupeau : il faut une très bonne gestion pour fournir des vaches fraîches vêlées et des veaux nouveau-nés, car il y aura beaucoup de veaux en peu de temps. - Il n'est pas facile de suivre le vêlage dans les pâturages et la croissance des veaux (un plus grand nombre d'agriculteurs ont géré le vêlage dans l'étable avant de commencer à pâturer et certains utilisent des vaches de réforme pour nourrir les veaux au pâturage) (Bignon 2018). - Beaucoup d'incertitudes sur le climat et la période de croissance de l'herbe (printemps tardif, été sec...)
Caractérisation basée sur la grille "ESR"	Cette innovation est : Une reconceptualisation de l'ensemble du système de gestion du troupeau afin d'améliorer son efficacité et sa durabilité
Sources	Barash, 1995: Effect of season of Birth on milk, fat, and protein Production of Israeli Holsteins. J. Dairy Sci. 79, 1016–1020. Bignon E., 2018 : Tirer le meilleur parti possible des resQuellenangaben du milieu. RéussirLait 33–35. Brocard V., B. Portier, J. Francois, E. Tranvoiz et T. Brun, 2013 : Conséquences techniques et économiques de l'allongement à 18 mois de l'intervalle entre vêlages chez les vaches laitières. Renc Rech Rumin. 273–276. Coulon und Pérochon, 2000 : Evolution de la production laitière au cours de la lactation: modèle de prédiction chez la vache laitière. INRA Prod. Anim. 13, 349–360.

-
- Dahl and Petitclerc, 2003:** Management of photoperiod in the dairy herd for improved production and health. *J. Anim. Sci.* 81, 11–17.
- Dillon P., F. Buckley, P. O'Connor, D. Hegarty et M. Rath, 2003:** A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production. *Livest. Prod. Sci.* 83, 21–33. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00041-1](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00041-1)
- Dillon P., S. Crosse, G. Stakelum et F. Flynn, 1995:** The effect of calving date and stocking rate on the performance of spring-calving dairy cows. *Grass Forage Sci.* 50, 286–299. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1995.tb02324.x>
- Dillon P., J.R. Roche, L. Shalloo et B. Horan, 2005:** Optimizing financial return from grazing in temperate pastures, in: *Utilisation of Grazed Grass in Temperate Animal Systems: Proceedings of a Satellite Workshop of the XXth International Grassland Congress, July 2005, Cork, Ireland.* Wageningen Academic Publishers, pp. 131–147.
- Froidmont E., P. Mayeres, C. Bertozzi, P. Picron, A. Turlot N. Bartiaux-Thill, 2010:** Influence de l'âge et de la saison au premier vêlage sur la production des vaches laitières. *Renc Rech Rumin.* 253.
- Harris B.L. et E.S. Kolver, 2001:** Review of Holsteinization on Intensive Pastoral Dairy Farming in New Zealand. *J. Dairy Sci.* 84, E56–E61. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70197-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70197-X)
- Kennedy E., M. O'Donovan, J.P. Murphy, L. Delaby et F.P. O'Mara, 2007:** Effect of Spring Grazing Date and Stocking Rate on Sward Characteristics and Dairy Cow Production During Midlactation. *J. Dairy Sci.* 90, 2035–2046. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-368>
- Kennedy et al., 2015 :** Effects of grass pasture and concentrate based feeding systems for spring calving dairy cows in early spring on lactation performance. *Grass Forage Sci.* 60, 310–318.
- O'Donovan, 2004:** Effect of time of initial grazing date and subsequent stocking rate on pasture production and dairy cow performance. *Anim. Res.* 53, 489–502.
- O'Donovan M., E. Ruelle, F. Coughlan et L. Delaby, 2015:** Achieving high milk production performance at grass with minimal concentrate supplementation with spring-calving dairy cows : actual performance compared to simulated performance. *Grassl. Sci. Eur.* 20, 113–115.
- Piccand, 2013:** Production and reproduction of Fleckvieh, Brown Swiss and 2 strains of Holstein-Friesian cows in a pasture-based, seasonal-calving dairy system. *J. Dairy Sci.* 96, 5352–5363.
- Ramsbottom G., B. Horan, D.P. Berry et J.R. Roche, 2015:** Factors associated with the financial performance of spring-calving, pasture-based dairy farms. *J. Dairy Sci.* 98, 3526–3540. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8516>
- Shalloo L., A. Cromie et N. McHugh, 2014:** Effect of fertility on the economics of pasture-based dairy systems. *animal* 8, 222–231. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000615>
- Trou G., B. Piquemal, V. Brocard, C. Disenhaus, R. Herisset, D. Jouanne, M. Le Guénic et B. Portier, 2010 :** Caractérisation de 90 000 lactations “longues” de vaches de race Prim Holstein. *Renc Rech Rumin.* 165–166.
-

5.5. Pâturage et robot de traite

<i>Pâturage et robot de traite</i>	
Description	Dans les pays concernés par le projet, l'utilisation d'un robot de traite entraîne généralement une diminution du pâturage (V. Brocard et al. 2017). "Cependant, le pâturage a un faible coût d'alimentation, avec un impact positif sur la santé animale et l'environnement. [...] En outre, le pâturage est à la base d'une conduite visant à l'autonomie alimentaire, en particulier l'azote". (V. Brocard et al. 2017) (p.18). De plus, lorsque les vaches parurent encore, l'utilisation d'un robot de traite peut changer la façon dont elles paissent. L'innovation réside dans la combinaison du pâturage avec les robots de traite automatique pour réduire en partie l'utilisation de concentrés protéiques par de l'herbe jeune.
Conditions de mise en œuvre	Il n'y a pas de contre indications par rapport aux contextes pédoclimatiques. Toutefois, le fonctionnement de cette combinaison peut varier d'une région agricole à l'autre, en fonction des conditions pédoclimatiques. En effet, les conditions pédoclimatiques influencent le pâturage et donc la ration des vaches, car elles influencent notamment la croissance de l'herbe, la période de pâturage (pâturage limité et pâturage complet) et la possibilité de faire pousser des cultures (V. Brocard et al. 2017). Vous trouverez également différentes situations et conditions structurelles. La principale contrainte est que les pâtures doivent être situées à proximité de l'étable. Ainsi, le projet Autograssmilk a montré que "le premier critère pouvant influencer la quantité d'herbe ingérée reste l'accessibilité des parcelles, qui est cruciale pour le pâturage" (V. Brocard et al. 2017) La société Lely, spécialisée dans les robots de traite, cite 1 km comme étant la plus grande distance possible entre le robot de traite et le pâturage, tandis que 800m est également mentionné dans la littérature (Lely 2016 ; V Brocard, Carles, et Follet 2013). De plus, il est important que les chemins d'accès entre les pâtures et le robot soient suffisamment larges pour permettre aux vaches de se croiser et facilement praticables (plats, non glissants, ...) (Julien s. d.). Les grandes exploitations, en particulier celles qui comptent un grand nombre de vaches, ont besoin de grandes surfaces pour que les vaches puissent paître. Alors qu'en Allemagne du Nord, par exemple, sur la côte, de grands pâturages sont disponibles dans les zones rurales, les conditions dans la zone de division réelle sont mauvaises en raison de la structure agricole et de la situation topographique. L'utilisation d'un robot de traite mobile peut permettre de combiner un robot de traite et pâturage même en l'absence d'une grande parcelle à proximité de la ferme (V. Brocard et al. 2017). C'est même une opportunité de valoriser des parcelles éloignées par le pâturage (V. Brocard, Carles, et Follet 2013). Toutefois, elle n'empêche pas la nécessité de disposer d'une grande parcelle d'un seul tenant.

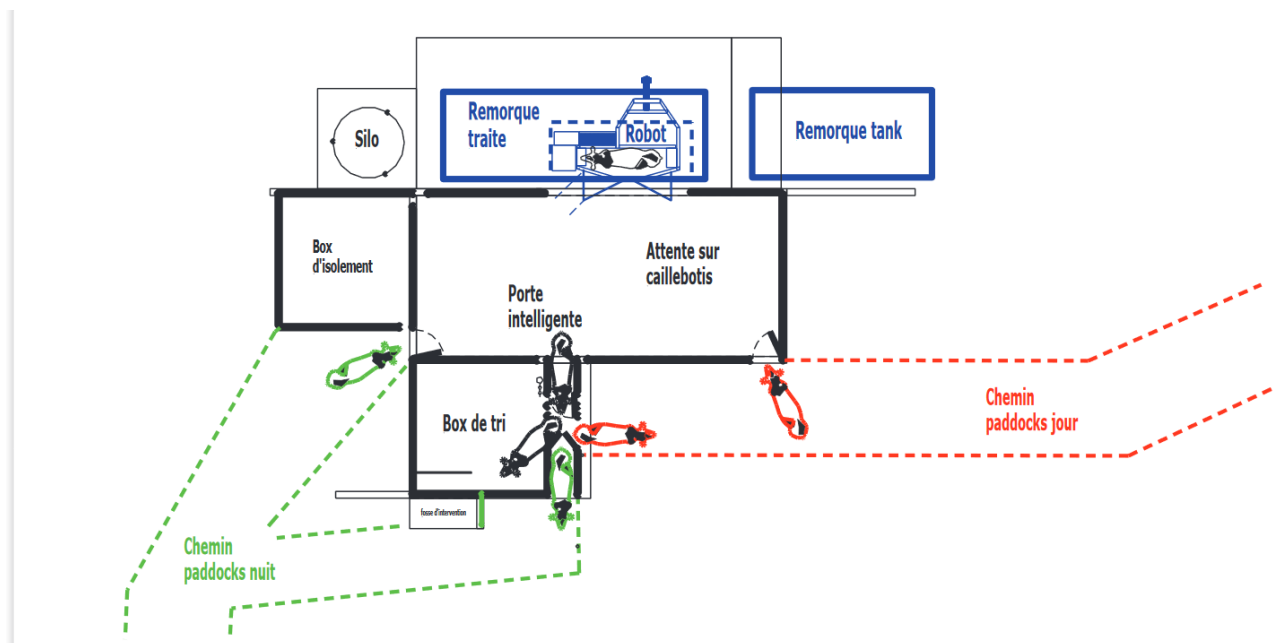


Figure 6: Organisation d'un robot de traite mobile dans un pâturage. (Guiocheau 2014)

Le succès de cette technique repose sur une bonne ingestion d'herbe dans les pâtures et sur une utilisation adaptée du robot par les vaches afin qu'un système de pâturage dynamique soit privilégié. Robot et production laitière peuvent aller de pair. Si la production de lait augmente, les vaches se rendront plus souvent au robot et, étant traites, elles seront stimulées pour produire plus de lait. D'un autre côté, cela peut également conduire à un cercle vicieux : les vaches qui vont moins souvent au robot, réduiront leur production de lait, etc : (« Robotic Milking and Grazing: The Combination of Automatic Milking and Grazing » s. d.). Afin d'améliorer l'ingestion d'herbe, les agriculteurs peuvent :

- Multiplier le nombre et réduire la taille des parcelles, à au moins une parcelle de jour et une de nuit ou ajouter de l'herbe fraîche chaque jour sur les mêmes parcelles en utilisant une clôture amovible déplacée chaque jour. Les vaches seront attirées par l'herbe fraîche.
- Donner la moitié ou le tiers de l'alimentation le matin pour que les vaches quittent l'étable en ayant faim.

Afin d'assurer le retour des vaches dans l'étable pour être traites, les agriculteurs peuvent :

- Laisser de l'eau dans l'étable, même si cela peut entraîner une réduction de la production de lait si le pâturage est trop éloigné.
- Utiliser une porte de tri qui obligera les vaches qui n'ont pas été traites depuis trop longtemps à passer par le robot.

- Favoriser le pâturage d'herbe courte et jeune comme dans un système de pâturage en rotation (Ketelaar-de Lauwere et al. 2000).

La maximisation de l'ingestion au pâturage et de l'utilisation du robot peut également se faire sans portes de tri. Les vaches maximiseront leur ingestion si elles sont laissées dans les pâturages pendant un temps réduit (10 kg de MS en 4 heures). Ce faisant, les vaches peuvent être sorties 2 à 3 heures le matin et l'après-midi ("Valoriser le pâturage avec un robot de traite non saturé | FIDOCL Conseil Elevage " s. d.).

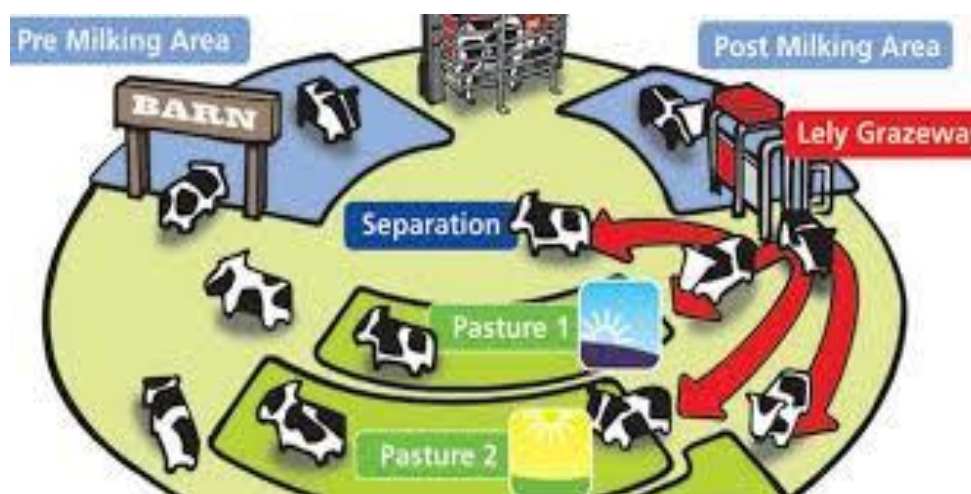


Figure 7: Organisation des pâturages et du robot de traite dans l'étable (Lely 2016)

Performances attendues et objectivation

Le robot de traite combiné au pâturage est adapté aussi bien aux systèmes intensifs qu'extensifs (V Brocard, Carles, et Follet 2013) :

Dans les systèmes les plus intensifs, le nombre de visites au robot diminuera probablement légèrement, passant de 2,6 - 2,8 par jour en hiver à 2,2 - 2,4 en période de pâturage. La production de lait sera probablement plus variable par jour, mais elle sera probablement constante sur une base hebdomadaire. Atteindre les 10000 litres de lait par an et par vache n'est pas impossible avec une bonne gestion du pâturage et une précision dans la distribution des concentrés (Julien s. d.).

Dans les systèmes biologiques ou plus extensifs, la station expérimentale de Trévarex montre une production de 20 kg de lait par jour par vache avec 40 ares d'herbe (22 ha pour 54 vaches réparties dans 26 enclos) et 1 kg de concentré énergétique par jour au niveau du robot. La fréquence de traite est de 1,8 - 1,9 dans ce cas (François et Brocard 2014).

En général, la complémentation des vaches peut être réduite par rapport à l'utilisation d'herbe conservée (s'il y a des risques de maladies métaboliques liées au pâturage) et 0,5 - 1 kg de concentré énergétique sous forme de céréales pouvant être produites par l'éleveur lui-même. Des recherches ont montré qu'une supplémentation d'ensilage ad libitum aux vaches au pâturage n'améliorait pas la production laitière (Sporndly et Nilsdotter-Linde 2011). Afin de permettre la conservation des fourrages et des pâturages, 20-25 ares doivent être disponibles par vache (V Brocard, Carles, et Follet 2013).

Comme mentionné précédemment, un système de pâturage dynamique augmente le nombre de visites au robot et la quantité de lait produite. Un système à deux enclos par jour est recommandé, mais un système à trois enclos augmente la fréquence de traite de 40 % et la production de lait de 20 % par rapport au système à deux enclos (Lyons, Kerrisk, et Garcia 2013).

On ne sait pas exactement comment la distance par rapport à la parcelle de pâturage diminue la production laitière. Certaines recherches ne montrent aucune différence à 360m alors que d'autres remarquent déjà une différence à 260m (Sporndly et Nilsdotter-Linde 2011 ; Ketelaar-de Lauwere et al. 2000).

Résultats des éleveurs interrogés dans le cadre d'AUTOPROT :

- Ferme laitière biologique en Haute Ardenne : 8500 litres / vache / an (uniquement avec de l'herbe et du concentré (16%)). La race est un croisement entre Holstein x Montbéliarde. Gestion des pâturages : Système ABC, c'est-à-dire que la parcelle est divisée en 3 blocs eux-mêmes divisés en micro parcelles. Les vaches changent de micro parcelles toutes les 8 heures. 120 vaches, 60 ha de pâturages/ pas de supplémentation en fourrage (sauf conditions particulières).
- Ferme laitière biologique en Ardenne : 7000 litres/vache/an (uniquement avec de l'herbe et des concentrés). La race est un croisement entre la Holstein et la Montbéliarde, la Brune suisse, la Fleckvhie, la Jersey. Gestion des pâturages : rotation des pâturages (changement de parcelle tous les 2-3 jours) : 77 vaches laitières, 12 ha de pâturages jusqu'en juillet (= première récolte), puis 20 ha. Complément de fourrage (1 balle d'herbe ensilée/jour en moyenne) depuis le 1er juillet.

L'utilisation d'un robot mobile, placé directement dans le pâturage, a été testée par la station expérimentale de Trévarex (France). L'installation a coûté au total 95000€, dont 45000€ pour adapter la mobilité du robot et 50000€ pour adapter la plateforme à l'électricité, au recyclage des effluents, etc. Le coût de fonctionnement était de 7600 € par an, ce qui représentait 26,3 €/1000 litres de lait dans un système entièrement basé sur l'herbe, atteignant 18 kg de lait par jour et par vache (Julien s. d.).

En termes de charge de travail, les différents systèmes demandent des implications différentes pour l'agriculteur (Fig. 8):

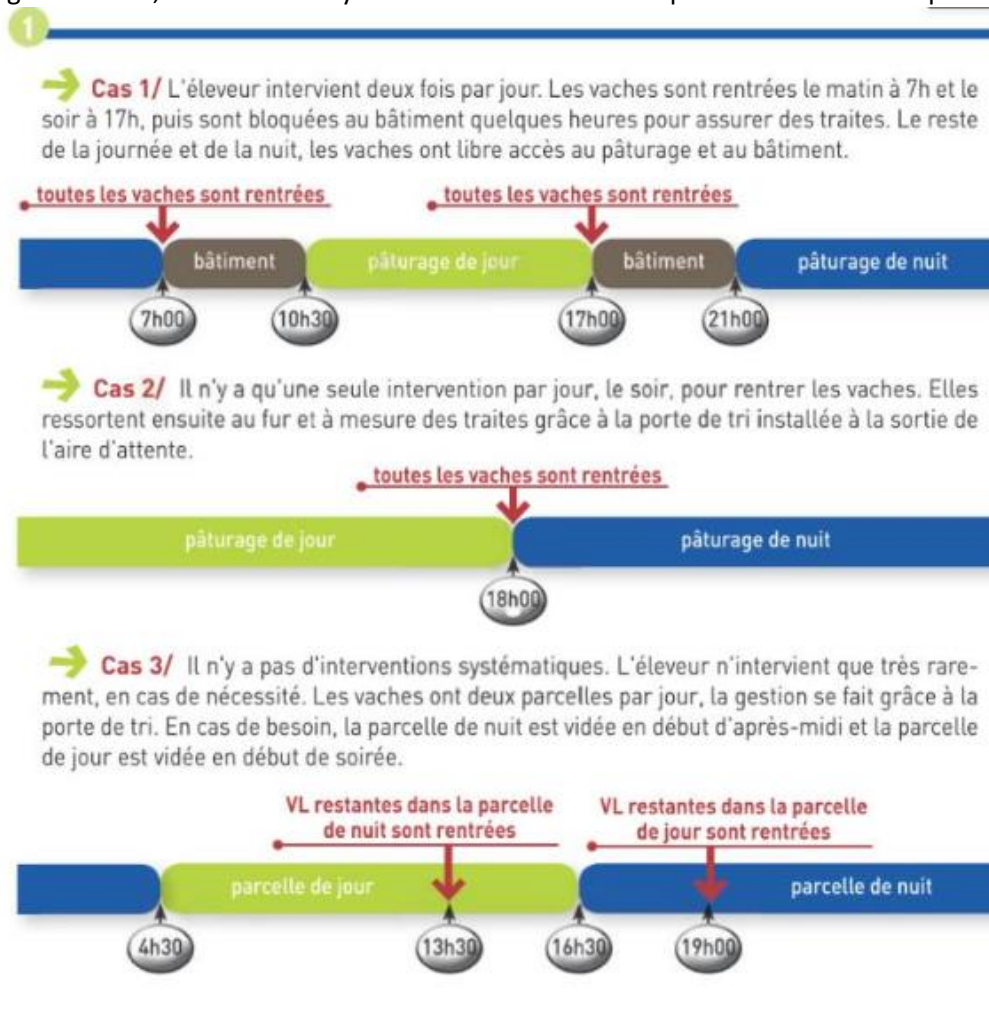


Figure 8: Différents systèmes de pâturage demandent des implications différentes

Dans 14 fermes françaises, la charge de travail de l'été était supérieure de 1h25 à celle de l'hiver. Mais dans ce temps est également inclus toute la charge de travail de gestion du pâturages et des fourrages (V Brocard, Carles, et Follet 2013).

Évaluation du degré d'innovation	L'innovation n'a pas vraiment un caractère novateur. Il s'agit de la combinaison de deux systèmes éprouvés dans l'élevage laitier. Le niveau de mise en œuvre de la combinaison d'un robot de traite et du pâturage est encore faible dans les régions concernées par le projet. En effet, si en Belgique, 90 % des exploitations laitières pâturent, seulement 10 % des exploitations laitières qui disposent d'un robot de traite, pâturent encore en 2011. En Allemagne (nord de l'Allemagne) : 30 % des fermes laitières paturent, mais seulement 2 % des fermes laitières qui ont un robot de traite paturent encore. En France : 92 % des fermes laitières paturent, mais seulement 50 % des fermes laitières équipées d'un robot de traite paturent encore (V. Brocard et al. 2017).
Catégorisation	Cette innovation concerne principalement la gestion des pâturages et des zones fourragères. Gestion des zones fourragères : - Achats en complément de l'herbe jeune Gestion de l'alimentation du bétail : - Difficultés dans l'alimentation de précision Gestion des troupeaux - Possible avec logiciels par le biais de portes de sélection - Difficile de contrôler visuel, car les vaches sont à l'extérieur dans les pâturages Complémentarité entre culture et élevage - Pas de complément
Caractérisation basée sur la grille "ALARME"	- Animal (A) : ○ Les vaches peuvent aller au pâturage (bien-être animal) ○ Plus de mouvement ○ Les vaches doivent "apprendre" au début - Logement (L) : ○ Trafic de vaches dirigé ○ Portes de tri pour le pâturage ○ Proximité entre l'étable et les pâtures ○ Couloirs (accessibilité aux parcelles) et clôtures (cela dépend du type de pâturage) ○ Points d'eau sur chaque micro parcelle - Alimentation (A) : ○ Herbe fraîche/jeune sur les pâturages ○ Complémentation dans l'étable ○ Pas de ration mélangée possible

	- Régie (R) : ○ Contrôle des vaches par ordinateur (les données recueillies avec le collier/robot peuvent aider les éleveurs dans la gestion du troupeau) ○ Parurage au file - Microbisme (M) : ○ Fourrage (pature) propice au bon fonctionnement du rumen ○ Manque de structure dans la ration en cas de pâturage qui favorise de l'herbe jeune. → fèces liquides - Éleveur (E) : ○ Vaches vitales et agiles ○ Besoin de compétences spécifiques en matière de gestion des pâturages (apprentissage) ○ Temps de cloturage ○ Il n'y a pas toujours besoin de travail supplémentaire, il suffit de chercher les vaches qui restent au pâturage, mais c'est aussi un bon moment pour observer le troupeau (V Brocard, Carles, et Follet 2013)
Freins	- Travail complémentaire - Modification de l'étable en raison de la circulation des vaches - Frein "psychologique" : les éleveurs peuvent avoir peur en termes de performances - Frein à la formation : en Belgique, il y a un manque de formation dans la gestion du pâturage - Les conditions structurelles (étable/parcelle de proximité) Un robot saturé provoquera des temps d'attente qui peuvent entraîner une diminution du nombre de visites par vache et une réduction de la production laitière ("Robotic Milking and Grazing " : The Combination of Automatic Milking and Grazing " s. d.). Les vaches ont un instinct grégaire ce qui signifie qu'elles ont tendance à se déplacer toutes en même temps et à rester en troupeau, ce qui peut être problématique si elles décident d'aller toutes ensemble au robot en même temps (" Robotic Milking and Grazing : The Combination of Automatic Milking and Grazing " s. d.)
Leviers	- Promotion agricole fédérale pour le lait de pâturage - Rémunération du lait issu du pâturage par les laiteries - Témoignage d'éleveurs qui utilisent encore le robot de traite
Avantages	- Alimentation provenant d'un environnement proche sans utilisation de machines de récolte - Avantage économique : diminution des achats d'aliments pour animaux / augmentation de l'autonomie (V. Brocard et al. 2017) - Avantage social : le robot de traite libère du temps - Bien-être animal : le pâturage a un impact positif sur la santé des vaches (V. Brocard et al. 2017)

	- Avantage pour l'environnement : le pâturage a un impact positif sur l'environnement (V. Brocard et al. 2017) - Les robots permettent d'obtenir des données détaillées sur la production et les besoins des vaches, ce qui permet d'adapter l'alimentation beaucoup plus variables suite aux contraintes du pâturage (quantité et qualité de l'herbe, météo, distance de marche par an, ...) (" Robotic Milking and Grazing: The Combination of Automatic Milking and Grazing " s. d.)
Inconvénients	- Elle dépend de la proportion de terres disponibles autour de l'exploitation et du nombre de vaches - la circulation de vaches au sein de l'étable
Caractérisation basée sur la grille "ESR	- Amélioration de l'efficacité - o L'utilisation d'un robot de traite augmente la performance du lait - o Cette combinaison conduit à l'optimisation de l'utilisation de l'herbe - o L'utilisation d'un robot peut contribuer à optimiser la gestion du troupeau : grâce aux données recueillies avec le robot (le collier qui identifie chaque vache), l'éleveur gère mieux les phases improductives (détection précoce des chaleurs, des maladies). Il contribue également à une alimentation de précision (alimentation individuelle en termes de concentrés) - Substitution - o L'herbe jeune, la luzerne ou le trèfle remplacent un peu d'aliments protéiques concentrés, mais pas trop - Reconceptualisation - o Il n'y a pas de véritable reconceptualisation, mais la combinaison de deux systèmes éprouvés dans l'élevage laitier. Parfois, cela conduit à une reconception, c'est-à-dire à un changement de l'ensemble du système : race, gestion des pâturages, ration, gestion du vêlage ...
Sources	Brocard V., F. Lessire, E. Cloet, T. Huneau, I. Dufrasne et C. Déprés : « Pâture avec un robot de traite: une diversité de stratégies... », Fourrages, no 229, p. 17-24, 2017. LELY : « Mise au pâturage », juin 08, 2016. https://www.lely.com/be/fr/farming-insights/mise-au-paturage/ (consulté le mai 13, 2020). Brocard V., A. Carles et D. Follet, « Robot et pâturage sont compatibles », TERRA, no 401, p. 23-32, 2013. Julien C. : « Pâturage et robot de traite Un parcellaire adapté au robot ou un robot qui s'adapte au parcellaire ? », Web-agri. http://www.web-agri.fr/conduite-elevage/culture-fourrage/article/paturage-et-robot-de-traite-parcellaire-groupe-ou-robot-mobile-1178-137129.html (consulté le mai 13, 2020). Guiocheau S.: « Concilier robot et pâturage », TERRA, no 444, p. 28-29, août 29, 2014. « Robotic milking and grazing: the combination of automatic milking and grazing », De Heus. https://www.deheus.com/news/knowledge/robotic-milking-and-grazing-770 (consulté le mai 13, 2020).

Ketelaar-de Lauwere C.C. et al. : « Effect of sward height and distance between pasture and barn on cows' visits to an automatic milking system and other behaviour », *Livestock Production Science*, vol. 65, no 1-2, p. 131-142, juill. 2000, doi: 10.1016/S0301-6226(99)00175-X.

« Valoriser le pâturage avec un robot de traite non saturé | FIDOCL Conseil Elevage ». <http://www.fidocl.fr/content/valoriser-le-paturage-avec-un-robot-de-traite-non-sature> (consulté le mai 13, 2020).

François J. et V. Brocard : « Les vaches au robot grâce à l'herbe », *TERRA*, no 444, p. 25-27, août 29, 2014.

Sporndly R. et N. Nilsdotter-Linde : « The success story of grass and legume silage in Sweden », présenté à Journées AFPF - Récolte et valorisation des fourrages conservés, Paris, mars 2011, p. 43-53.

Lyons N.A., K. L. Kerrisk, et S. C. Garcia: « Comparison of 2 systems of pasture allocation on milking intervals and total daily milk yield of dairy cows in a pasture-based automatic milking system », *Journal of Dairy Science*, vol. 96, no 7, p. 4494-4504, juill. 2013, doi: 10.3168/jds.2013-6716.

Dufresne I. et F. Lessire : « Combiner robot de traite et pâturage. Les réponses du projet européen Autograssmilk. », p. 30-33, juin 2017. Interviews zweier belgischer Züchter

Auteurs

Annick Melchior, Caroline Battheu-Noirfalise, Robert Zimmer

5.6. Un silo unique

Un silo unique

Description

Différents sous-produits existent dans la Grande Région. La plupart d'entre eux ont des valeurs nutritionnelles élevées et peuvent être trouvés à un prix intéressant. La seule complication est que certains ont une forte humidité ou sont même liquides, ce qui rend la conservation difficile car il faut de grandes cuves avec des mélangeurs étant donné que le liquide se sépare potentiellement par phases. Par exemple, les drêches de distillerie avec solubles (DDGS) issues des industries de l'éthanol du blé et du maïs, les pulpes de betterave issues des industries sucrières, les protéines de pomme de terre, les pelures, la purée, les frites précuites issues de l'industrie de la pomme de terre et les drêches de brasserie issues de l'industrie brassicole sont autant de sous-produits présents dans la Grande Région qui présentent un fort taux d'humidité (tableau 1).

Tableau 7: Exemples de sous-produits produits dans la Grande Région qui pourraient être valorisés à la ferme en utilisant un silo unique avec leurs valeurs nutritionnelles (Matière sèche (MS), Énergie en VEM (VEM), Protéines digestibles (PD), Protéines brutes (PB)).

	MS	VEM	PD	PB
Pulpe de pomme de terre (18%MS)	18	1.039	19	71
DDGS (32,5%MS)	33	950	250	300
Drêche de brasserie (28%MS)	28	976	234	285
Pulpe de betterave sucrière (22,5%MS)	23	1.025	58	95

L'association de ces sous-produits liquides avec les fourrages de l'exploitation et les produits secs dans un silo unique facilite leur conservation. De plus, l'alimentation distribuée peut alors être composée de fourrages de l'exploitation et de ce "silo unique", ce qui rend la distribution de l'alimentation plus facile et plus rapide.

La MS d'un silo unique est comprise entre 40 et 55 %. Un seul silo peut être composé afin d'atteindre la qualité d'une ration totale équilibrée ou d'un concentré. (Interview de Luc Marlier)

Conditions de mise en œuvre

- Accès aux co-produits et au fourrage au même moment (La France agricole 2007)
- Besoin d'une mélangeuse de grande capacité (travail d'entreprise) : coût : 4€/t (C Reibel 2014 ; Neige 2013)
- Besoin de trésorerie pour acheter l'entiereté des ingrédients (C Reibel 2014)
- Espace dans la ferme pour le mélange et l'ensilage

Performances attendues et objectivation	- Réduction du coût des rations (La France agricole 2007 ; Neige 2013 ; C Reibel 2014) - Stabilisation de la ration pendant une longue période (Neige 2013 ; C Reibel 2014) - Diminution du travail quotidien : 15-20 minutes/jour (La France agricole 2007) - Éviter certaines maladies métaboliques (acidose) (Neige 2013) - Utilisation d'aliments liquides pour animaux (Vanderstraeten 2018) - Réduction de 20-30€ du coût des aliments pour animaux / 1000 l de lait en fonction du prix des co-produits (C Reibel 2014)
Évaluation du degré d'innovation	- Possible en fonction de la disponibilité des entreprises et des co-produits - Besoin de plus d'informations sur l'évolution du silo
Catégorisation	Cette innovation concerne : - Ration - Ensilage - Silo
Caractérisation basée sur la grille "ALARME"	Cette innovation a-t-elle un impact sur : - Animal (A) : oui une ration unique pendant une longue période - Logement (L) : non - Aliments pour animaux (A) : oui une ration unique pendant une longue période - Régie (R) : besoin d'un grand silo (grande quantité en une fois) - Microbisme (M) : oui éviter certaines maladies du lait grâce à la stabilisation de l'aliment (Neige 2013) - Eleveur (E) : oui, gagner du temps pour l'alimentation
Freins	- Trésorerie : de gros investissements d'un seul coup - Grande quantité en une fois (200t) (La France agricole 2007 ; Neige 2013), nécessite 3 camions de co-produits liquides (90t) + autres produits (produits secs et fourrages de l'exploitation) (Interview Luc Marlier) - Disponibilité des co-produits - Besoin de place à la ferme pour réaliser le mélange et le silo (Interview Luc Marlier)
Leviers	- Stabilisation de la ration pendant une longue période (C Reibel 2014) - Mélange et conservation ration des aliments liquides pour animaux (Vanderstraeten 2018) - Diminution du travail quotidien (C Reibel 2014)

Avantages	- Tout le régime dans un silo unique (La France agricole 2007 ; Neige 2013) : un seul front d'attaque, un seul plastique, un seul chantier - Utilisation de la paille : incorporation direct via le silo unique s'il y a un manque de fibrosité dans la ration (La France agricole 2007) - Peut être fait pour l'alimentation de tous les animaux (vaches, veaux, génisses) (La France agricole 2007) - Gain de temps : 15-20 minutes par jour (La France agricole 2007) - En Belgique, les industries de co-produits ne sont jamais vraiment loin (Interview Luc Marlier) - Les sous-produits locaux de ces types ne contiennent pas d'OGM (Interview Luc Marlier) - Réduit la concurrence entre aliments pour animaux et alimentation humaine (Interview Luc Marlier)
Inconvénients	- Pas d'utilisation complète du foin : perte de la fibrosité (La France agricole 2007) - Charge de travail concentrée en une journée : un énorme silo à recouvrir - Synchroniser les approvisionnements (La France agricole 2007)
Caractérisation basée sur la grille "ESR"	Cette innovation est une amélioration de l'efficacité.
Sources	La France agricole : « : Toute la ration dans un silo « sandwich » ». La France Agricole, 25. Januar 2007, http://www.lafranceagricole.fr/article/toute-la-ration-dans-un-silo-sandwich--1,0,56618252.html. Neige, Dominique : « Pollen mélange la nourriture locale ». L'est Agricole et Viticole, Nr. 50, Dezember 2013, S. 30. Reibel C. : « Viser une ration stable en mélangea ses concentrés aux drêches ». RéussirLait, Nr. 279, April 2014, S. 76-77. Vanderstraeten Antoon : « Des ensilages composés sur mesure ». Lait et Elevage, Nr. 2, Februar 2018, S. 14-15.
Auteurs	<i>Sylvain Hennart, Caroline Battheu-Noirfalise</i>

5.7. Séchage du foin en grange

Séchage du foin en grange

Description

Cette innovation consiste à récolter l'herbe à un stade précoce de maturation et à la ventiler avec de l'air chauffé dans une grange jusqu'à une teneur en matière sèche de 87 % (Delaite et al. 2018).

Le séchage du foin en grange permet une fauche plus continue et adaptée de chaque parcelle, ce qui se traduit par une meilleure qualité et un meilleur rendement de l'herbe, car de petites quantités de fourrage sont amenées plus continuellement à l'installation de séchage. Le séchage sur le terrain est réduit à 48-60h (alors qu'il dure 3 à 5 jours lorsqu'il est complètement séché au soleil) et ne se fane que 2 à 3 fois (Baumont, Aufrère, et Meschy 2009). Comme l'herbe est apportée à une teneur en matière sèche de 45 à 65 %, les pertes de feuilles sont fortement réduites, en particulier pour les légumineuses (Delaite et al., 2018 ; Knoden, s.d.). En raison du processus de séchage plus court en grange (de quelques heures à 3 jours) et de l'exposition plus faible au soleil, la dégradation des protéines et de l'énergie pendant le stockage s'en trouve réduite, ce qui se traduit par des teneurs plus élevées en protéines digestibles dans l'intestin (DVE) et en énergie par rapport à l'ensilage classique et la vitamine A est conservée (Delaite et al., 2018). Le risque de contamination bactérienne est fortement réduit. Le foin de haute qualité et très appétissant qui en résulte peut réduire la quantité de concentrés, en particulier de compléments riches en protéines dans l'alimentation des vaches laitières. Ainsi, l'autonomie en protéines des exploitations laitières peut être améliorée.

Le principe est le même que celui du soufflage d'air à travers le foin pour le faire sécher, mais deux types d'installations existent (Delaite et al. 2018) :

- Le séchage en vrac : le foin est conditionné en vrac dans une ou plusieurs cellules ventilées. Des couches de foin sont accumulées jusqu'à une hauteur optimale de 6 m et la manipulation se fait à l'aide d'une griffe (Delaite et al. 2018).
- Séchage des balles : le foin est conditionné en balles rondes ou carrées à 50 % minimum de MS. Le système de séchage peut être fixe ou mobile. Ce système est adapté aux petites exploitations qui ont un investissement moindre mais une charge de travail plus importante.

Le réchauffement et/ou le séchage de l'air n'est pas nécessaire mais permet de produire de meilleurs fourrages avec une consommation d'énergie et un impact sur les émissions de CO₂ (Delaite et al. 2018). Différentes possibilités existent :

- Réchauffement solaire
 - Chauffage au bois
 - Chauffage électrique
 - Co-générateur de transfert de chaleur (principalement en présence d'une unité de biométhanisation)
 - Séchoir à air
-

Conditions de mise en œuvre	Le séchage du foin en grange est originaire des régions montagneuses de Suisse, d'Autriche et de certaines régions de France, caractérisées par des hivers longs et un contexte pédoclimatique qui entrave la culture du maïs (Delaite et al., 2018). Ces sites sont typiquement dominés par les prairies. Cependant, le séchage du foin en grange est en principe possible dans différentes régions climatiques, ce qui signifie qu'il peut être facilement pratiqué dans les régions traitées dans la présente étude (D Knoden, s. d.) Le séchage du foin en grange est actuellement pratiqué dans les exploitations laitières de 30 à plus de 100 vaches. Comme il faut plus d'espace pour le stockage du foin que pour l'ensilage d'herbe, le séchage du foin en grange peut atteindre ses limites logistiques pour les grands troupeaux. Cependant, comme la taille moyenne des troupeaux des exploitations de la région du projet est d'environ 60 vaches, la mise en œuvre du séchage du foin en grange devrait être possible ici. En outre, nos régions sont plutôt dominées par les prairies, ce qui se traduit par des ratios dominés par l'herbe. Dans ce contexte, le séchage du foin en grange permet une meilleure valorisation des fourrages donnés aux vaches laitières (Agreste 2016).
Performances attendues et objectivation	En permettant de faucher l'herbe en dehors des conditions climatiques optimales, l'utilisation des prairies peut être optimisée et adaptée à chaque parcelle. Ce faisant, les pertes d'herbe sont réduites et le rendement est augmenté (D Knoden, s. d.). Lors du flétrissement, la réduction du temps de séchage du foin en plein champ entraîne une diminution des pertes de feuilles (jusqu'à 20-25% lorsque le champ est séché et 40% lorsque les fourrages sont exposés à la pluie) (Wyss et al. 2011). Le foin traditionnel (séché au soleil sur le champ) est généralement récolté au stade de l'épiaison précoce, qui présente une teneur élevée en matière sèche (>30 % de MS), une forte teneur en cellulose, une faible teneur en protéines (<10 % de MAT) et une faible teneur en énergie (<800 VEM). Le séchage du foin en grange permet de récolter l'herbe à un stade plus précoce et plus humide (stade du jointement), ce qui peut facilement conduire à des valeurs supérieures à 850 VEM et 14% MAT (Delaite et al. 2018) Le temps de séchage plus court qui réduit la respiration de la plante et les activités enzymatiques réduit la perte de protéines de -16g MAT/kg de MS à -8g MAT/kg de MS. Pour la luzerne, c'est la réduction de -42 g/kg de MS à -16 g/kg de MS qui montre clairement l'intérêt de la méthode pour les légumineuses (Delaite et al. 2018). Par rapport à l'ensilage d'herbe, qui peut également être fabriqué à partir d'herbe à un stade précoce, il n'y a pas de risque de dégradation des protéines (DVE) sous forme d'azote non protéiques par fermentation, qui sont moins favorables pour la santé et la production animales. Le sucre (+/- 15 % en MS) et les vitamines sont également conservés. Il n'y a pas non plus de risque de pertes provenant du front d'ouverture du silo qui peuvent aller jusqu'à 30 % (Delaite et al. 2018). Certains ensilages d'herbe présentent une forte teneur en cendres (>10% / kg de MS), signe de contamination du sol. Lors du séchage, l'adhérence du sol à l'herbe se détériore et la terre tombe, laissant une herbe plus appropriée. Cela réduit le risque de contamination butyrique et la listeria tout en améliorant l'appétence du foin séché en grange (Delaite et al. 2018). En conséquence, l'appétence est améliorée jusqu'à 18-20 kg de MS/jour par ingestion de foin pour les vaches laitières (D Knoden, s. d.), ce qui implique un coût réduit des concentrés (maximum 100 g/L de lait de compléments énergétiques comme les céréales) (Delaite et al. 2018). En raison de sa forte ingestion volontaire, le foin séché en grange peut même présenter des valeurs alimentaires plus élevées que les fourrages frais dans le cas des prairies permanentes (Andueza et al. 2019).

	Certains agriculteurs font état d'une meilleure santé et d'une meilleure fertilité des vaches laitières et d'une incidence plus faible des troubles des pattes, mais les recherches scientifiques sur les performances du foin séché en grange sont rares à l'heure actuelle (D Knoden, s. d.).
Évaluation du degré d'innovation	Même si le séchage du foin en grange est une longue tradition dans certaines régions montagneuses d'Europe, il n'a été mis en œuvre que récemment dans nos régions. En ce sens, il a un caractère innovant et peut être mis en œuvre dans toutes les régions traitées dans le cadre du projet. Le séchage du foin en grange est considéré comme une innovation puisqu'il permet de produire un fourrage de haute qualité et donc de réduire les compléments protéiques achetés pour les rations des vaches laitières. Depuis 10 ans, le séchage du foin en grange se développe dans les régions couvertes par le projet. En 2018, il y avait 6 fermes utilisant le séchage du foin en grange en Wallonie et 4 au Luxembourg. En France, on estime le nombre de séchoirs en vrac entre 2000 et 3000 et le nombre de séchoirs à balles entre 150 et 200. En Allemagne, 850 producteurs sont membres de Heumilch, un consortium d'exploitations agricoles utilisant uniquement le foin comme fourrage. Il existe également une association pour la Wallonie, qui s'appelle Prolafow (Delaite et al., 2018).
Catégorisation	Cette innovation concerne : - La gestion des ressources fourragères
Caractérisation basée sur la grille "ALARME"	- Animal (A) : ○ Un apport plus élevé en matière sèche ○ une teneur plus élevée en matières utiles dans le lait ○ Les effets positifs sur la santé animale ○ Une meilleure fécondité - Logement (L) : non - Alimentation (A) : ○ Alimentation sèche ○ Une meilleure qualité de fourrage ○ Besoin de plus d'espace pour le stockage ○ Pas de pertes de conservation ○ Moins de concentrés - Régie (R) : non - Microbisme (M) : ○ Une meilleure santé animale globale ○ Effets positifs sur les microorganismes ruminiaux

	○ Réduction de la contamination butyrique et la listeria - Eeveur (E) : ○ Manipulation plus facile de l'aliment ○ L'apprentissage de nouvelles techniques ○ Le travail de fenaïson est plus réparti dans le temps mais sur une plus longue période
Freins	Les coûts d'investissement constituent l'un des principaux obstacles au séchage du foin en grange (Delaite et al., 2018 ; Knoden, s.d. ; Conter, 2018) : - La possibilité d'obtenir un prix plus élevé pour le lait de foin n'est pas présente dans toutes les régions (Conter, 2018). - En outre, les investissements pour les équipements nécessaires peuvent être élevés si la récolte de l'herbe a été effectuée par un entrepreneur auparavant. - Les coûts de séchage du foin en grange varient entre 50€-80€/1000L avec un surplus de 5€-6€/1000L pour l'énergie (Pruilh, 2017) ou 4€-6€/t de foin DM (Knoden, n.d.). Le séchage du foin en grange peut être compliqué à appréhender pour les agriculteurs : - Par rapport à la fabrication d'un ensilage d'herbe, la charge de travail peut être accrue en raison de la nécessité de couper de plus petites quantités mais plus souvent (Delaite et al. 2018). - Le séchage du foin en grange nécessite l'apprentissage de nouvelles techniques comme le rythme de remplissage des cellules, le temps de ventilation, la fréquence de coupe ... (Knoden, s.d.). Le séchage du foin en grange nécessite parfois un changement dans les variétés de pâturage : - Toutes les variétés ne sont pas séchées aussi facilement dans ce système. Par exemple, le ray-grass a besoin de plus de temps pour sécher que la fléole des prés ou le brome (Wyss et al. 2011). Tous les systèmes ne sont pas adaptés au séchage du foin en grange : - Le prix élevé de certaines terres arables rend difficile une exploitation aussi extensive que celle qui utilise actuellement cette technique (Knoden, n.d.). - La localisation des parcelles à distance peut augmenter le temps de travail (Rattier, Verdenal, et Zehr 2017)
Leviers	Afin de réduire le coût d'installation et d'utilisation : - Les agriculteurs peuvent co-investir dans une unité de séchage (Wyss et al. 2011) - L'auto-construction est en partie possible (Conter, 2018) - L'énergie nécessaire au séchage du foin est élevée. Il est important de voir si l'énergie peut être partiellement produite à la ferme (Knoden, s.d.). - Il existe un certain soutien financier selon la région.

Afin d'augmenter la rentabilité :

- La valorisation du lait peut être améliorée par une meilleure perception des consommateurs, une meilleure qualité sanitaire (moins de bactéries butyriques et de listeria) qui peut être intéressante pour la production de fromage et l'augmentation des teneurs (Delaite et al., 2018).
- Cette méthode est intéressante pour la production biologique (Delaite et al., 2018)
- Les effets positifs sur la santé des vaches et la réduction des coûts vétérinaires qui en découlent peuvent être un autre argument qui facilite la mise en œuvre du séchage du foin en grange (Delaite et al., 2018).

Il existe déjà des organisations de producteurs de foin et de lait qui peuvent être utiles pour obtenir des conseils et des informations (Heumilch (<https://www.heumilch.at/>) en Allemagne, Prolafow (<https://www.laitdefoinwallonie.com/prolafow-association>) en Wallonie).

Avantages

Le séchage du foin en grange améliore la qualité du fourrage :

- Le séchage du foin en grange permet de couper de petites quantités à chaque instant avec des fenêtres de beau temps très courtes. L'utilisation et la croissance de l'herbe peuvent être optimisées au mieux (Knoden, n.d.).
- Étant donné que le séchage du foin en grange est principalement effectué par les agriculteurs eux-mêmes, la dépendance vis-à-vis de l'entrepreneur est réduite, ce qui s'accompagne d'une plus grande souplesse pour récolter l'herbe au meilleur stade de maturation.
- Le séchage du foin en grange est un très bon moyen de conserver la luzerne et d'autres légumineuses (Knoden, s.d.).
- Le foin est plus riche en protéines digestibles dans l'intestin (DVE/kg MAT) et en énergie que le foin conventionnel et une meilleure conservation des feuilles de légumineuses est permise (Rattier et al., 2017 ; Delaite et al., 2018 ; Knoden, n.d.)
- Le risque d'avoir des bactéries listeria et butyriques est fortement réduit (intéressant pour le fromage au lait cru) par rapport à l'ensilage d'herbe (Delaite et al., 2018)
- Comme la teneur en cendres du foin séché en grange est très faible et qu'il ne devrait pas y avoir de plaques de mauvaise qualité dans le stock, les refus sont très faibles (Delaite et al., 2018 ; Knoden s.d.).

Le séchage du foin en grange peut avoir un impact positif sur l'environnement :

- Le séchage du foin en grange entraîne une modification des variétés de pâturage (présence accrue de légumineuses), ce qui améliore la biodiversité des prairies (Delaite et al., 2018).
- Le fait de nourrir les animaux avec du foin séché au lieu de l'ensilage a des effets positifs sur l'environnement car il n'est plus nécessaire d'utiliser des films plastiques. En outre, l'ensilage ne produit pas d'eau de lixiviation susceptible de polluer les eaux de surface (Delaite et al., 2018).

Le séchage du foin en grange est perçu positivement par les consommateurs, ce qui est bénéfique pour l'image des agriculteurs dans la société (Delaite et al. 2018).

Le foin séché en grange permet d'améliorer la santé animale et la production :

- La production de lait peut atteindre les 8000 litres par an sans aucun complément difficile à produire à la ferme (Knoden, n.d.).
- Moins de problèmes de santé pour le troupeau : le foin en grange offre une fibrosité suffisante et réduit le risque de problèmes de fermentation (Delaite et al. 2018).

Le séchage du foin en grange implique une autre organisation du travail :

- Dans le cas du séchage en vrac, la griffe existante permet une alimentation facile du troupeau (Knoden, n.d.).
- La manipulation aisée du foin réduit la charge physique des personnes travaillant dans l'exploitation (Knoden, n.d.).

Si l'investissement pour l'installation peut être élevé, le séchage du foin en grange présente également un intérêt économique :

- Les coûts d'achat de concentrés sont plus faibles, la complémentation énergétique est inférieure à 100 gr/l de lait (Delaite et al., 2018).
- Potentiellement une meilleure valorisation du lait (Conter 2018 ; Delaite et al. 2018 ; Christophe Reibel 2018).

Inconvénients

Diminution du rythme lors la récolte de l'herbe : les besoins en matière premières (herbe) sont moindres au vue de capacité de séchage et donc les chantiers de récoltes doivent être plus petits mais plus fréquents. Si l'entreprise était mobilisée lors d'une récolte complète, celle risque d'être moins disponible pour de petits chantiers.

Le risque d'acidose est toujours présent en raison de la palatabilité et de la forte teneur en sucre du foin (Delaite et al. 2018).

L'émission de gaz à effet de serre de la production de fourrage peut être augmentée par la méthode utilisée pour sécher le foin. Par exemple, le séchage à l'aide d'un combustible peut entraîner une augmentation de 30 % de l'équivalent CO2 de la production de fourrage (Kristensen et al. 2015).

Caractérisation basée sur la grille "ESR

Cette innovation est plutôt une refonte du système agricole complet. Cette innovation se traduit par une optimisation des prairies (variétés de pâturages, stade de fauche...), une adaptation de l'alimentation et des niveaux de production du troupeau, un changement de matériel et d'infrastructure et une recherche d'une meilleure valorisation du lait.

Sources

Agreste, 2016 : La production laitière de la Grande Région transfrontalière. Chiffres Données 1–2.

Andueza D., F. Picard, P. Pradel et K. Theodoridou, 2019 :. Feed Value of Barn-Dried Hays from Permanent Grassland: A Comparison with Fresh Forage. Agronomy 9, 273. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060273>

Baumont R., J. Aufrère et F. Meschy, 2009 : La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation 21.

Conter G., 2018 : Séchage en grange : une alternative à l'ensilage de l'herbe. Journ. Prairie 47–50.

Delaite B., C. Meurice, D. Knoden, J. Quiryren et V. Sépult, 2018 : Sechage et lait de foin (No. 7), Carnet du Réseau. Réseau wallon de Développement Rural.

Knoden D. : n.d. Le sechage du foin en grange 5.

Kristensen T., K. Sjøgaard, J. Eriksen et L. Mogensen, 2015: Carbon footprint of cheese produced on milk from Holstein and Jersey cows fed hay differing in herb content. J. Clean. Prod. 101, 229–237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.087>

Pruilh C., 2017 : En bio, l'autonomie en concentré prime sur l'autonomie fourragère. RéussirLait N°139. Pp. 40-41

Rattier S., A. Verdenal et M. Zehr, 2017: Le séchage en grange du fourrage en vrac. Journ. Prairie 117–120.

Reibel C., 2018 : Nous avons investi pour passer en gruyère IGP. RéussirLait 78–83.

Wyss U., Y. Arrigo, M. Meisser, F. Nydegger, S. Boéchat et M. Boessinger, 2011 : Les facteurs de réussite du foin séché en grange à partir de l'expérience suisse. Presented at the Journées AFPP - Récolte et valorisation des fourrages conservés, AFPP, Paris, pp. 33–42.

Auteurs

Audrey Feyder, Caroline Battheu-Noirfalise

5.8. Optimiser l'utilisation des pâturages

<i>Optimiser l'utilisation des pâturages</i>	
Description	Une augmentation de la consommation d'herbe pâturée par une meilleure gestion des prairies et du pâturage permet d'améliorer l'autonomie protéique. L'élément clé de la gestion du pâturage est la synchronisation des besoins quotidiens des animaux avec l'offre en herbe. Les mesures hebdomadaires de la croissance de l'herbe par herbomètre à plateau permettent d'adapter soit la supplémentation alimentaire dans un système de pâturage à temps partiel, soit la surface de pâturage dans un système de pâturage à temps plein. L'extension de la saison de pâturage au printemps (pâturage précoce) et à l'automne (pâturage tardif) permet d'augmenter la consommation d'herbe des vaches laitières. Dans le même esprit, la culture et le pâturage d'autres fourrages comme les navets fourragers ou les plantes de couverture, en fin de saison, permettent d'allonger la saison de pâturage. Différents systèmes de pâturage peuvent être utilisés en fonction des objectifs de l'exploitation. Si la charge de travail doit être réduite, un pâturage ras sur des parcelles très productives est adapté (petite fréquence de rotation, pâturage continu sur une parcelle). Si l'éleveur laitier souhaite obtenir une production laitière élevée par vache, un système de rotation avec de petites parcelles ou un système de pâturage en bandes est mieux adapté.
Conditions de mise en œuvre	Les fermes laitières pilotes de la région (Wallonie, Luxembourg, France) optimisent actuellement la gestion de leur pâturage pour augmenter l'utilisation de l'herbe. - Cette innovation est applicable à toutes les régions pédoclimatiques où l'herbe pousse à un rythme élevé, notamment au printemps. - L'innovation est applicable aux exploitations laitières de taille moyenne (taille du troupeau < 200 vaches laitières) qui ont un accès aux prairies à proximité de l'exploitation (salle de traite) - La taille minimale d'accès aux pâturages doit être de 15 ares/vache - L'innovation s'adresse aux exploitations dont le rendement laitier est inférieur à 9000 kg de lait/vache - Un couvert de haute qualité est nécessaire pour permettre une forte consommation d'herbe : il faut s'assurer que des herbes adaptées aux pâturages soient semées dans les parcelles de pâturage.
Performances attendues et objectivation	Les exploitations agricoles qui adaptent cette innovation peuvent s'attendre à une réduction des coûts d'alimentation et à une plus grande autonomie protéique et énergétique grâce à une moindre complémentation en concentrés durant la saison de pâturage. Kohnen et al (2009) montrent que jusqu'à une production de 22 kg de lait par jour, un régime alimentaire complet à base d'herbe pâturée est possible. Ces performances ont été validées dans des fermes pilotes luxembourgeoises. Avec des productions supérieures à 22 kg de lait par jour, une complémentation en maïs ou en concentrés est nécessaire. Ainsi, des productions laitières de 30 kg/jour/vache

	sont possibles dans des fermes dans un système bien organisé avec 10 heures de pâturage et une complémentation précise. L'efficacité des concentrés pendant la saison des pâturages est de 1 kg / kg de lait supplémentaire (Delaby, Peyraud, et Delagarde 2003). Pour chaque tranche de 10 % d'herbe ajoutée dans l'alimentation des vaches laitières, le coût total de production est réduit de 2,5 cents (Dillon et al. 2005). Les émissions totales de GES ont été presque divisées par deux lorsque l'on compare le pâturage à un régime à base de céréales de la RTM (0,84 et 1,53 kg d'équivalent CO₂ / kg de lait) (Van der Nagel, Waghorn, et Forgie 2003).
Évaluation du degré d'innovation	Cette innovation a un caractère novateur car elle décrit l'utilisation du pâturage dans le système laitier actuel. Elle est innovante et a un potentiel d'acceptation car elle peut être adaptée par toutes les exploitations laitières ayant des vaches laitières de production moyenne (production < 9000 kg/vache). L'innovation est valable pour toutes les régions. Le critère principal pour l'exploitation est un accès aux prairies d'au moins 15 ares/vache. L'innovation est pratiquée par des exploitations commerciales dans les 4 régions Interreg.
Catégorisation	Cette innovation concerne : - La gestion des zones fourragères : produire de l'herbe de haute qualité - Gestion de l'alimentation du bétail : adapter la complémentation à l'offre des prairies - La clé de la gestion du pâturage est la synchronisation des besoins quotidiens de l'animal avec l'offre des prairies
Caractérisation basée sur la grille "ALARME"	Cette innovation a un impact sur : - Animal (A) - o L'alimentation à l'herbe fraîche est une alimentation saine - o Santé animale - Alimentation (A) : - o Des aliments pour animaux de bonne qualité - o Pas de stockage nécessaire - o Une supplémentation précise est nécessaire - Régie (R) : - La gestion du pâturage concerne principalement la synchronisation des besoins quotidiens de l'animal avec l'offre des prairies
Freins	- Compétences de gestion concernant l'adaptation de la complémentation à la croissance de l'herbe - Zone de pâturage à proximité de l'exploitation trop petite (< 15 ares / vache laitière) - La taille du troupeau

	- Production laitière élevée par vache - Charge de travail pour déplacer les clôtures, ramener les vaches
Leviers	- Transfert de connaissances des exploitations pionnières aux exploitations qui veulent adapter l'innovation - Prix élevés pour les concentrés protéiques / bas prix du lait - Valeur ajoutée pour le lait de pâturage - Paiements publics pour le pâturage des vaches laitières (Prime à l'herbe) - Si la taille du troupeau est trop importante, la superficie des pâturages trop petite ou la production laitière trop élevée, le troupeau peut être divisé en différents groupes de production - Les applications mobiles comme PaturNet peuvent aider l'agriculteur à prendre des décisions quotidiennes - Le « pasture Ruler » (Kohnen, 2009) est un outil important pour fournir des informations sur le pâturage quotidiens et le rendement laitier éventuel
Avantages	- Economique : - o Réduction des coûts des aliments pour animaux - o Réduction des coûts matériels - Environnemental : diminution des émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac, plus grande autonomie en protéines - Bien-être animal pour les vaches laitières - La société : Le pâturage est bien accepté par la société - Moins de boiterie et de mastites
Inconvénients	L'innovation exige des compétences en matière de gestion. Si la gestion des pâturages n'est pas bonne, l'avantage économique disparaît directement. L'herbe devient vieille, la consommation d'herbe diminue et le rendement laitier diminue. Le rendement laitier est plus fluctuant dans un système basé sur le pâturage.
Caractérisation basée sur la grille "ESR"	Cette innovation permet d'accroître l'efficacité protéinique et énergétique de la ferme laitière. L'herbe jeune et fraîche a une forte teneur en énergie et en protéine. Par rapport à l'ensilage d'herbe, les protéines sont moins dégradées et permettent donc une meilleure efficacité alimentaire. L'utilisation d'herbe pâturée permet de remplacer les concentrés protéiques et l'ensilage d'herbe.

Sources	Delaby L., J.L. Peyraud et R. Delagarde : Faut-il compléter les vaches laitières au pâturage ? INRA Prod. Anim., 2003, 16 (3), 183-195 H. Kohnen : L'abaque pâturage : un outil pour déterminer et optimiser la quantité d'herbe pâturée à partir de la production laitière et de la complémentation, Revue Fourrages Nr 199, 2009, Pasture Projects of the Lycée Technique Agricole (Fill Weed, Autograssmilk project) Delaby L., J.-L. Peyraud et R. Delagarde, 2003: Faut-il compléter les vaches laitières au pâturage ? INRA Prod. Anim. 16, 183–195. Dillon, P., J.R. Roche, L. Shalloo et B. Horan, 2005: Optimizing financial return from grazing in temperate pastures, in: Utilisation of Grazed Grass in Temperate Animal Systems: Proceedings of a Satellite Workshop of the XXth International Grassland Congress, July 2005, Cork, Ireland. Wageningen Academic Publishers, pp. 131–147. Van der Nagel L.S., G.C. Waghorn et V.E. Forgie, 2003: Methane and carbon emissions from conventional pasture and grain-baised total mixed rations for dairying, in: Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. pp. 128–132.
Auteurs	Jeff Boonen, Olivier Vanwarbeck

5.9. Récolte et séchage

<i>Récolte et séchage</i>	
Description	Cette innovation consiste à produire un fourrage de jeunes herbes à plus forte teneur en protéines.
Conditions de mise en œuvre	Quelles sont les conditions préalables à la mise en œuvre de cette innovation - Superficie : en raison d'une diminution du rendement ("Autosysel" s. d.) - Pas de coupe trop courte pour permettre une bonne repousse de l'herbe (Danin 2014) - Matière sèche : 35-40% (Danin 2014) - Temps de récolte : de 1 à 3 coupes supplémentaires (jusqu'à 6 coupes par an avec de bonnes conditions climatiques) (Le Coeur 2017) ○ Préférer 2 coupes précoces (le rendement des coupes suivantes est faible par rapport à la valeur ajoutée pour la protéine) et 2 coupes classiques pour assurer un bon rendement (Le Coeur 2017 ; Pruilh 2018) - Récolte entre 19 et 10 jours avant épiaison (Le Coeur 2017) ○ Plus l'herbe est jeune, plus elle est riche en protéines, mais plus le rendement est faible - Fenêtres de prévision : le temps pour une récolte précoce est court. Le temps doit être beau en peu de temps (Danin 2014)
Performances attendues et objectivation	Lors d'une récolte précoce, l'herbe est récoltée au stade "tallage" ou « montaison ». La gestion conventionnelle se concentre sur une récolte au stade "épiaison" avec l'apparition des pointes. La première coupe est avancée à 20 jours par rapport à une gestion traditionnelle. Le nombre de coupes par an est augmenté de une à trois (Le Coeur 2017). Augmentation de la teneur en protéines du fourrage (augmentation de 10 % de la teneur en protéines) ("Autosysel" s. d. ; Le Coeur 2017). Avec une récolte précoce testée sur différents mélanges de prairie, le protéine brute (PB) est en moyenne 1,8 point plus élevé et le rendement en matière sèche -555kg MS/ha. Cependant, globalement, +100 kg de PB/ha ont été produits. Globalement, la production d'herbe récoltée précocement se situe autour de 14,5 %. La valeur énergétique a également augmenté. La récolte précoce présente également un pourcentage plus élevé de légumineuses (+ 10 %). La perte de rendement est partiellement compensée par une coupe supplémentaire (Leherissey 2020). Les coûts sont plus élevés en raison du nombre plus élevé de récoltes (Leherissey 2020). Il semble que ce serait un bon compromis de faire une récolte précoce de l'herbe les premiers mois d'avril à août. Après le mois d'août, le rendement diminue et le coût de la récolte, même si l'herbe est de meilleure qualité, ne semble pas rentable. Ainsi, à partir de la fin de l'été, il semble préférable d'espacer les coupes (Le Coeur 2017). Un rendement plus faible par coupe permet un séchage plus rapide (Leherissey 2020), tandis qu'une gestion normale conduit à une réduction de 3 à 6 t de MS/ha ; une récolte précoce conduit à une réduction de 1 à 3,5 t de MS/ha (Le Coeur 2017). Diminution de l'utilisation du concentré protéique. Il faut parfois ajouter de la fibrosité au régime des vaches laitières (Danin 2014)

Évaluation du degré d'innovation	Testé dans des fermes expérimentales (Bretagne-Suède - Norvège) Utilisé dans les exploitations agricoles
Catégorisation	Cette innovation concerne : - Fourrage herbager - Teneur protéique
Caractérisation basée sur la grille "ALARME"	Cette innovation a-t-elle un impact sur : - Animal (A) : Oui Changement du régime alimentaire (moins de concentré) ("Autosysel" s. d. ; Danin 2014) - Logement (L) : Non - Aliments pour animaux (A) : Oui, en remplacement du concentré (Le Coeur 2017 ; Pruilh 2018) - Régie (R) : Oui période de récolte ("Autosysel" s. d. ; Le Coeur 2017 ; Pruilh 2018) - Microbisme (M) : pas d'estimation - Eleveur (E) : Oui charge de travail (de 1 à 3 coupes en plus) (Le Coeur 2017 ; Pruilh 2018)
Freins	- Rendement : diminution potentielle du rendement sur l'année (jusqu'à 2t de MS/ha) ("Autosysel" s. d. ; Le Coeur 2017) - Enquête : surveillance de la prairie à faucher au bon stade de végétation ("Autosysel" s. d.) - Météo : faucher lors de bonnes fenêtres météo ("Autosysel" s. d.) - Augmentation du nombre de coupes (de 1 à 3 coupes) - o Impact sur l'environnement : plus de carburant utilisé ("Autosysel" s. d.) - o Perte potentielle de biodiversité ("Autosysel" s. d. ; Baumont, Aufrère, et Meschy 2009) - o Augmenter le coût de la récolte ("Autosysel" s. d.) - o Charge de travail ("Autosysel" s. d. ; Pruilh 2018)
Leviers	- Moins de dépendance en concentrés (essentiellement le soja) (Le Coeur 2017)
Avantages	- Augmenter la teneur protéique (jusqu'à 10%) ("Autosysel" s. d. ; Le Coeur 2017)
Inconvénients	- Diminution du rendement annuel ("Autosysel" s. d. ; Le Coeur 2017)
Caractérisation basée sur la grille "ESR"	Cette innovation augmente l'efficacité de la ferme laitière
Sources	« <i>Autosysel</i> ». s. d. : Consulté le 5 septembre 2019. http://idele.fr/services/outils/autosysel.html?tx_atolideleautosysel_autosysselfiche%5Baction%5D=motivations&tx_atolideleautosysel_autosysselfiche%5Bcontroller%5D=Fiche&cHash=919aba6da223d03ed80bff903d71ec1b .

Baumont R., J. Aufrère et F. Meschy. 2009 : « La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation », 21.

Danin Jacques, 2014 : « De l'ensilage d'herbe haut de gamme pour réduire la complémentation azotée ». RéussirLait, mars 2014.

Le Cœur Pascal, 2017 : « Faucher l'herbre au stade précoce ». TERRA, 14 avril 2017.

Leherissey Solen, 2020 : « Améliorer la production, récolte et conservation de fourrages riches en protéines et prolonger la longévité des prairies pâturées productives ». Présenté à Colloque final 4AGEPROD, Webinar, juin 5.

Pruilh Costie, 2018 : « La fauche précoce : rentable sous conditions ». RéussirLait, août 2018.

Auteurs

Sylvain Hennart, Caroline Battheu-Noirfalise

5.10. Réduction de la taille du troupeau

Réduction de la taille du troupeau	
Description	L'innovation consiste à améliorer l'autonomie protéique grâce à une réduction de la taille totale du troupeau en fonction du potentiel de production de l'exploitation. L'objectif principal de cette stratégie est de réduire la dépendance alimentaire (économique et environnementale) en étant en accord avec les ressources disponibles sur l'exploitation. Définition du taux de chargement : Il est défini comme le nombre d'animaux par unité de surface agricole durant une période définie (vaches ou unité de bétail/ha). Le niveau d'alimentation est conservé pour maintenir la même productivité laitière individuelle.
Conditions de mise en œuvre	- Contexte pédoclimatique : zone de prairie - pas de restriction pour la mise en œuvre. - Opérationnel : Les systèmes de production laitière basés sur l'herbe nécessitent un vêlage compact au printemps pour adapter l'offre alimentaire et la demande du troupeau (Coffey et al. 2017 ; Kennedy et al. 2007 ; McCarthy et al. 2012) - Bonne gestion et bonne pratique d'épandage (Coffey et al. 2017 ; McCarthy et al. 2012) - Bonne génétique du troupeau (McCarthy et al. 2012) - Réduire le nombre de vaches en essayant de maintenir la quantité de lait (McCarthy et al. 2011) - Acceptation de la réduction de la taille du troupeau par l'exploitation - Agriculture biologique
Performances attendues et objectivation	Production laitière élevée : - 22 kg/vache (Coffey et al. 2017 ; McCarthy et al. 2012 ; Kennedy et al. 2007) - Augmentation de 1,23 kg/jour pour 1UGB/ha (de 1 à 10UGB/ha) (McCarthy et al. 2011) - Augmentation de 4,9 % du lait quotidien, 5,6 % des matières grasses, 5,9 % des protéines, 8,6 % du lactose 5 % du lait solide pour une diminution de 1 UGB/ha (de 1 à 10 UGB/ha) (McCarthy et al. 2011) Poids corporel le plus élevé : 489 kg (Coffey et al. 2017) Consommation élevée d'herbe : 17 kg/jour (Coffey et al. 2017) Haute énergie disponible : 11,9UFL/jour (Coffey et al. 2017). Disponibilité de l'herbe : allocation plus élevée (McCarthy et al. 2012)
Évaluation du degré d'innovation	Pratiqué en Irlande (Coffey et al. 2017 ; McCarthy et al. 2012 ; Kennedy et al. 2007) La réduction de la taille des troupeaux pourrait être innovante, si l'aspect économique n'est pas ignoré (aucune référence trouvée sur l'économie - voir le résultat du WP6).

Beaucoup d'agriculteurs seraient choqués d'entendre qu'ils devraient réduire de leur troupeau. Les entreprises ne prennent de telles mesures que si elles n'aggravent pas leur situation financière. Les études disponibles n'ont été réalisées que dans des centres expérimentaux. L'application pratique dans l'entreprise n'est pas encore suffisamment testée.

Catégorisation	Cette innovation concerne : - La gestion des zones fourragères : ○ Les études ont été réalisées uniquement dans des systèmes basés sur l'herbe ou plutôt sur les pâturages. Il n'y a pas de résultats d'entreprises de logement intérieur pour les vaches laitières avec un ratio mixte total. ○ La gestion du troupeau : ○ La réduction de la taille du troupeau est associée à un changement dans la gestion du troupeau
Caractérisation basée sur la grille "ALARME	- Animal (A) : ○ La reproduction (la réduction de la taille du troupeau entraîne une diminution du nombre de traitements dans le mode de reproduction). Néanmoins, elle ne permet pas d'obtenir un meilleur taux de reproduction pour un troupeau de grande taille (McCarthy et al. 2012) ○ Carcasse (poids corporel plus élevé, score de condition corporelle plus élevé, meilleur état métabolique en début de lactation (Coffey et al. 2017 ; McCarthy et al. 2012) ○ Augmentation de la production laitière quotidienne/vache (Coffey et al. 2017 ; MacDonald et al. 2008 ; McCarthy et al. 2011) ○ Le cycle de reproduction sera plus court (MacDonald et al. 2008 ; McDougall et al. 1995) ○ La pertes d'embryons (embryons implantés 30 jours après l'insémination (échographie) mais absents 30 jours plus tard) augmente avec la réduction du chargement (McCarthy et al. 2012) ○ Faibles concentrations de BHBA, concentrations maximales d'IGF et concentrations d'insuline (les BHBA sont des corps cétoniques et indiquent une maladie métabolique (cétose) (McCarthy et al. 2012) - Logement (L) : ○ La réduction du troupeau signifie plus de place dans l'étable (pas de référence - remarque d'expert) - Alimentation (A) : ○ L'apport en matière sèche augmente en raison d'une plus grande quantité de pâturages/vache (Coffey et al. 2017 ; Kennedy et al. 2007) ○ Les prairies sont moins détériorées vu la densité de peuplement est faible (Coffey et al. 2017) ○ Augmente l'apport énergétique total/jour (il y a donc plus d'énergie pour la production de lait) (Coffey et al. 2017) - Régie (R) : Na - Microbisme (M) : Na - Eleveur (E) : Na

Freins	- L'innovation est associée, dans l'esprit de l'agriculteur, à des pertes économiques (pas de référence - remarque d'expert) - La réduction de la taille du troupeau est également associée aux émotions des agriculteurs. - L'étable existante n'est pas utilisée au maximum de ses capacités. - La réduction de la taille du troupeau est également associée à une perte de la race/des descendants. Dans notre région, de nombreuses exploitations agricoles vendent une partie de leur génétique. C'est donc aussi une source de revenus pour de nombreuses exploitations. (pas de référence - remarque d'expert)
Leviers	- Si l'agriculteur attache de l'importance à l'amélioration de son autonomie protéique, il prendra également de telles mesures. Tout d'abord, cela dépend de l'intention de l'agriculteur. - Les exemples pratiques de collègues sont importants pour convaincre d'autres agriculteurs. - Moins de personnel nécessaire pour s'occuper des animaux - La charge de travail de l'exploitation peut s'en trouver améliorer. - La réduction de la taille du troupeau n'a pas de conséquences économiques négatives pour l'exploitation agricole. Néanmoins, il est difficile d'expliquer aux agriculteurs comment réduire la taille de leur troupeau. (pas de référence - à tester avec le WP6) - Avec une législation de plus en plus stricte sur le bien-être des animaux, la réduction de la taille du troupeau sera également bénéfique pour l'exploitation. - Aucun achat de machines ou autre matériels nécessaire pour mettre en œuvre l'innovation - Augmentation de la production laitière/vache - Les opérateurs en aval (tels que les laiteries) utiliseront cet aspect comme une mesure publicitaire dans la commercialisation du lait. - Moins d'animaux dit de moins de surface pour la production d'aliments. Soit l'exploitation a besoin de moins de surface au total, soit les surfaces libérées pourraient être utilisées à d'autres fins, par exemple pour la production de cultures. (commentaire de Jeff Petry)
Avantages	- Moins de frais vétérinaires par exemple parce que le nombre de traitements pour la reproduction diminue. - Meilleure gestion des pâtures - Meilleure connaissance individuelle des animaux (gestion du troupeau) - Moins d'espace requis - moins de frais de location - Moins de travail - Publicité pour la commercialisation du lait - Possibilité d'éliminer la surpopulation dans l'étable, accompagnée d'une amélioration du bien-être et de la santé des animaux et donc d'une augmentation de la production laitière (commentaire de Jeff Petry)

	- Une réduction des coûts pourrait être obtenue grâce à la diminution de l'ensilage de maïs nécessaire pour fournir suffisamment de fourrage grossier et à l'augmentation des réserves d'herbe, ce qui entraînerait une diminution des besoins en protéines provenant de l'extérieur de l'exploitation (commentaire de Jeff Petry)
Inconvénients	- Pas d'utilisation de l'étable existante - Moins de races/génisses - peut-être une source de revenus pour de nombreuses exploitations - Diminution de la production laitière/ha - Pas de label et de valeur ajoutée pour le lait de pâturage : Il y a quelques mois, les laiteries régionales ont mis fin aux contrats de lait de pâturage parce qu'il n'y a pas de demande et donc pas de ventes pour ce produit. Dans ce contexte, l'innovation ne trouvera pas d'enthousiasme dans notre région.
Caractérisation basée sur la grille "ESR	Il s'agit d'une refonte du système.
Sources	Coffey E. L., L. Delaby, S. Fitzgerald, N. Galvin, K. M. Pierce et B. Horan, 2017: « Effect of Stocking Rate and Animal Genotype on Dry Matter Intake, Milk Production, Body Weight, and Body Condition Score in Spring-Calving, Grass-Fed Dairy Cows ». Journal of Dairy Science 100(9):7556-68. Dillon P., S. Crosse, G. Stakelum et F. Flynn, 1995: « The Effect of Calving Date and Stocking Rate on the Performance of Spring-Calving Dairy Cows ». Grass and Forage Science 50(3):286-99. Kennedy E., M. O'Donovan, J. P. Murphy, L. Delaby et F. P. O'Mara, 2007: « Effect of Spring Grazing Date and Stocking Rate on Sward Characteristics and Dairy Cow Production During Midlactation ». Journal of Dairy Science 90(4):2035-46. MacDonald K. A., G. A. Verkerk, B. S. Thorrold, J. E. Pryce, J. W. Penno, L. R. McNaughton, L. J. Burton, J. A. S. Lancaster, J. H. Williamson et C. W. Holmes, 2008: « A Comparison of Three Strains of Holstein-Friesian Grazed on Pasture and Managed Under Different Feed Allowances ». Journal of Dairy Science 91(4):1693-1707. McCarthy B., L. Delaby, K. M. Pierce, F. Journot et B. Horan. 2011: « Meta-Analysis of the Impact of Stocking Rate on the Productivity of Pasture-Based Milk Production Systems ». Animal 5(5):784-94. McCarthy B., K. M. Pierce, L. Delaby, A. Brennan et B. Horan, 2012: « The Effect of Stocking Rate and Calving Date on Reproductive Performance, Body State, and Metabolic and Health Parameters of Holstein-Friesian Dairy Cows ». Journal of Dairy Science 95(3):1337-48. McDougall S., Cr. Burke, N. B. Williamson et K. L. MacMILLAN, 1995: « The Effect of Stocking Rate and Breed on the Period of Postpartum Anoestrus in Grazing Dairy Cattle ». 4. O'Donovan. 2004: « Effect of time of initial grazing date and subsequent stocking rate on pasture production and dairy cow performance ». Animal Research 53:489-502.
Auteurs	Christiane Reif, Sylvain Hennart

5.11. Réduction de la part des protéines dans l'alimentation des vaches laitières

Réduction de la part des protéines dans l'alimentation des vaches laitières

Description	L'innovation consiste en une réduction de la teneur protéique dans la ration des vaches laitières afin de réduire les pertes d'azote dans l'urée et les fèces et d'augmenter l'efficacité des protéines.
Conditions de mise en œuvre	Cette innovation a été mise en pratique et testée dans des essais d'alimentation dans des fermes expérimentales de toute l'Europe. Elle est applicable à tous les systèmes d'alimentation en intérieur avec des rations alimentaires contrôlées et calculées. L'innovation est applicable à toutes les exploitations laitières. Comme les besoins énergétique et protéique des vaches laitières dépendent de l'état de lactation, l'alimentation adaptée et réduite en protéines peut être plus facilement mise en œuvre dans les fermes laitières avec différents groupes de vaches.
Performances attendues et objectivation	Un régime alimentaire adapté et bien équilibré en termes de teneur en protéines permet de réduire les pertes d'azote. Par exemple, Broderick et al, montrent une réduction de l'urée urinaire de 45%, de l'azote urinaire total de 41%, de l'azote fécal de 14% et de l'azote non protéique du lait (NPN) de 33% si la teneur en protéines du régime est réduite de 18,4 % à 15,1%. Le régime alimentaire formulé permet de réduire le tourteau de soja et le soja torréfié de 3,7 kg de MS par jour à 0,750 kg de MS, ce qui ouvre des possibilités de renforcer l'autonomie des exploitations agricoles ou des régions (Broderick 2003).

Tableau 8: Impact de la réduction de la teneur en protéines dans le régime des vaches laitières (Broderick 2003).

	15,1% CP in DM	16,7% CP in DM	18,4% CP in DM
DMI (kg DM/d)	21,2	22,1	22,6
Lait corrigé en matière grasse (3,5%)	33,1	34,6	34,3
Milk N / N intake	0,303	0,270	0,239
Urée urinaire (g/d)	119	172	216
Total urinaire N (g/d)	140	193	236
Fécales N (g/d)	236	264	273
Lait NPN (mg/dl)	29,3	38,0	43,5

Figure 1 : Loi de réponse aux variations de la teneur en PDIE/UFL de la ration - (Vérité, Delaby, 1998)

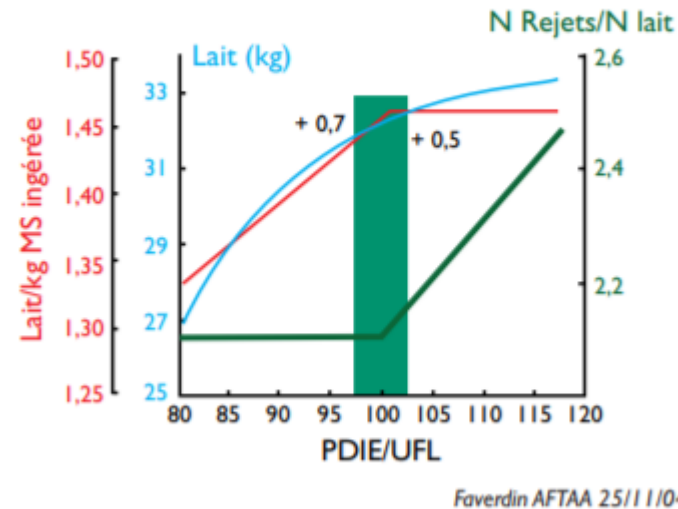


Figure 9: Relations entre l'ingestion de MS, la production de lait et le ratio entre les rejets azotés et l'azote du lait en fonction de la ration protéine/énergie du régime (Vérité et Delaby 1998).

Comme le montre la figure 9, ce n'est pas seulement la teneur globale en protéines du régime alimentaire qui a une influence sur les pertes d'azote, mais aussi le rapport protéine/énergie. Le régime alimentaire doit atteindre un équilibre entre les deux afin de valoriser à la fois l'énergie et les protéines grâce à la fermentation microbienne du rumen. On voit ici qu'un ratio entre les protéines métabolisables et l'énergie de l'Unité Fourragère Lait (unité française pour l'énergie nette, 1 UFL équivaut à 1700 kcal) supérieur à 95-105, les pertes d'azote par l'azote total du lait augmentent fortement. En conclusion, le besoin en protéines se situe entre 95 et 105 g PDI/UFL pour optimiser la production laitière, la teneur en protéines du lait et réduire les pertes d'azote dans l'environnement (Vérité et Delaby 1998 ; Brun-Lafleur et al. 2009)

Variation de la production laitière et du TP en fonction de l'équilibre azoté de la ration

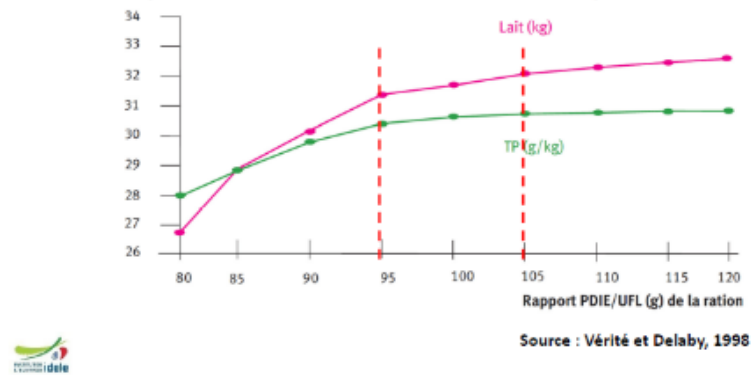


Figure 10: Variation de la production laitière (kg de lait / jour) et de la teneur en protéines du lait (g / kg) en fonction du ratio DPI / UFL (Vérité et Delaby 1998).

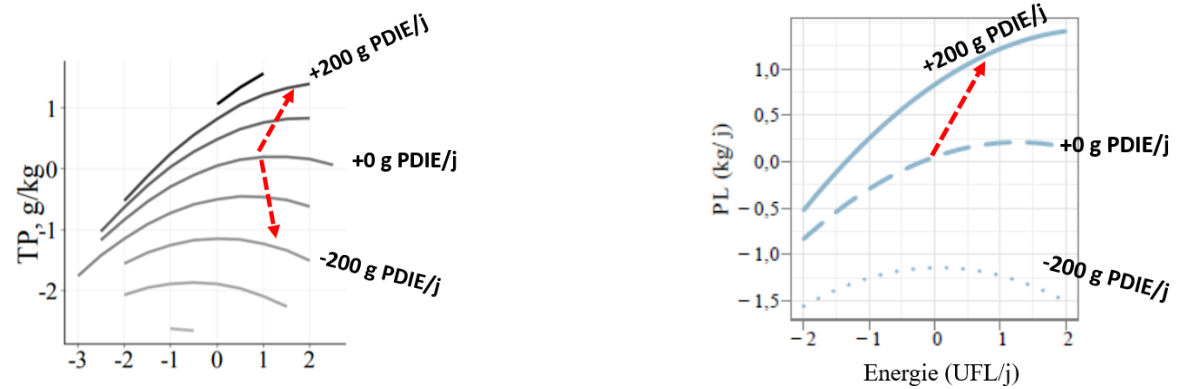


Figure 11: Réponse de la teneur en protéines du lait (g / kg) à une variation d'énergie (UFL / jour) à gauche, et réponse de la production laitière (kg / jour) à une variation d'énergie (UFL / jour) à droite. Les différentes courbes montrent une variation de la protéine par jour (Brun-Lafleur et al, 2009)

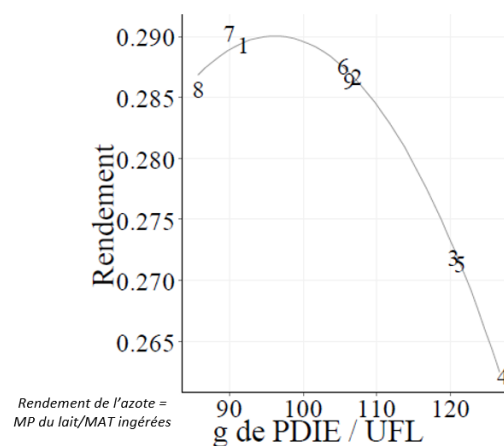
	Il faut éviter un déséquilibre protéino-énergétique ruminal. Les composants des aliments pour animaux doivent être sélectionnés de manière à réduire l'excédent d'azote dans le rumen. La teneur en protéines de la ration doit être gérée avec l'énergie. Lorsque la teneur en protéines de la ration est faible, l'augmentation de l'apport énergétique n'aura aucun effet sur la production laitière et la teneur en protéines du lait, comme le montre la figure 11 (Brun-Lafleur et al. 2009). Le déséquilibre protéine/énergie peut être détecté grâce à l'urée du lait. Les rations à forte teneur en protéines (> 105 g PDI/UFL) auront une teneur en urée du lait élevée. Une adaptation de l'alimentation selon le stade de lactation de la vache laitière est importante. Par exemple, les vaches laitières peuvent être nourries avec un régime à 17,3 % de teneur en protéines pendant la première moitié de la lactation et 14,4 % pendant la seconde moitié, ce qui entraîne une augmentation de 18,3 % à 19,3 % de l'efficacité protéique (Millet, Decruyenaere, Stilmant, et al. s. d.). Le gain d'efficacité protéique serait encore plus important si les exploitations pouvaient adapter le régime alimentaire selon le stade de lactation et individuellement pour chaque vache. La digestibilité de la protéine donnée à la vache a également un impact. La protéine UDP (protéine bypass) est nécessaire dans l'alimentation pour fournir suffisamment de protéines. La protéine dégradable peut être réduite pour améliorer le rendement en protéines (teneur en protéines du lait / apport en protéines) et diminuer l'excrétion de protéines dans l'urine. En fait, une amélioration de 32-36 % du rendement protéique diminue de 56 % l'excrétion de protéines dans l'urine (Cuttulic et al. 2013).
Évaluation du degré d'innovation	L'innovation est valable dans toutes les régions participantes. L'innovation a été testée dans des fermes expérimentales ; en outre, la relation entre la teneur en protéines de la ration et l'urée du lait a été démontrée dans des exploitations laitières commerciales.
Catégorisation	L'innovation concerne : - La gestion de l'alimentation du bétail
Caractérisation basée sur la grille "ALARME"	- Animal (A) : Alimentation adaptée aux besoins des animaux - Logement (L) : Une organisation du troupeau en différents groupes d'alimentation permet de préciser l'alimentation - Alimentation (A) : Le régime alimentaire doit être aussi précis que possible - Énergie (R) : Le calcul des rations alimentaires et le contrôle de l'alimentation sont des éléments clés. L'agriculteur peut être aidé en utilisant des technologies comme un robot de traite qui ajustera le concentré à chaque vache. - Microbisme (M) : Soyez attentif aux maladies métaboliques lorsque vous réduisez la teneur en protéines. Bon équilibre/synchronisation de l'énergie et des protéines du rumen - Eleveur (E) : La sélection de taureaux et de vaches à forte héritage protéique permet d'améliorer l'utilisation des protéines alimentaires
Freins	La production de lait et la fraction solide du lait (plus particulièrement la teneur en protéines du lait) peuvent diminuer si la teneur en protéines est faible, donc si la ration n'est pas bien équilibrée.

La mise en œuvre de cette innovation nécessite des connaissances et une technique de la part de l'éleveur.

Leviers

Les agriculteurs pilotes contribuent à démontrer que l'innovation fonctionne.

En outre, un bon équilibre protéine/énergie permettra une utilisation plus efficace des protéines (alimentation moins riche) et réduira le besoin en protéines et donc le coût de l'alimentation (figure 12).



Source : Brun-Lafleur et al, 2009

Figure 12: Efficacité protéique en fonction de la ration protéine/énergie de l'alimentation (Brun-Lafleur et al. 2009).

Avantages

L'innovation a un fort avantage sur les pertes d'azote de la vache dans l'environnement. Moins d'ammoniac est perdu par l'urine et les fèces.

L'innovation permet de réduire les coûts d'alimentation en diminuant l'importation de protéines dans l'exploitation.

Inconvénients

Le bilan économique peut être négatif si la production laitière diminue trop par rapport aux économies réalisées grâce à une alimentation moins riche en protéines. Le bilan protéinique et énergétique doit être respecté pour éviter une baisse de la production laitière et de la teneur en protéines du lait (figure 13).

	Rapport PDIE/UFL (g) de la ration*		
	80	90	100
soit en PDIE/kg MS	72	81	93
Ingestion totale (kg MS/j)	- 2.2	- 0.7	témoin
Lait (kg/l)	- 5.0	- 1.7	témoin
TP (g/kg)	- 1.8	- 0.6	témoin

Figure 13: Impact d'une diminution du ratio protéines/énergie sur l'ingestion, la production laitière et la teneur en protéines du lait (Institut de l'Elevage 2013)

Caractérisation basée sur la grille "ESR"	Une amélioration de l'efficacité
Sources	Broderick, G.A. 2003: « Effects of Varying Dietary Protein and Energy Levels on the Production of Lactating Dairy Cows ». Journal of Dairy Science 86 (4): 1370-81. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73721-7. Brun-Lafleur L., L. Delaby, P. Faverdin, J. Lassalas, M. FARGETTON et F. Husson, 2009 : « Prévion de l'effet des interactions énergie × protéines sur la production et la composition du lait chez la vache laitière ». 2009. http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/2009_01_05_BrunLafleur.pdf. Cuttulic E., L. Delaby, N. Edouard et P. Faverdin, 2013 : « Rôle de l'équilibre en azote dégradable et de l'alimentation protéique individualisée sur l'efficience d'utilisation de l'azote ». Renc. Rech. Ruminants, no 20: 53-59. Institut de l'Elevage, 2013 : « Flexi-sécurité de la production laitière - Fiches leviers ». idele.fr. 2013. http://idele.fr/presse/publication/idelesolr/recommends/flexi-securite-de-la-production-laitiere-fiches-leviers.html. Millet C., V. Decruyenaere, D. Stilmant et E. Froidmont. s. d. « L'efficience protéique de la vache laitière et la gestion du troupeau : des liens intéressants ». Abgerufen am 12. Juni 2019. https://mail.cra.wallonie.be/WorldClient.dll?Session=FUI9AMN0GKMU6&View=Attachment&Number=1418&FolderID=0&Part=2&File name=fiche%20finale%20efficience%20prot%C3%A9ique.pdf&OpenAttachment=1. Vérité, Raymond et L. Delaby, 1998: « Relation between nutrition, performances and nitrogen excretion in dairy cows ». Annales de Zootechnie 49 (3): 217-30. https://doi.org/10.1051/animres:2000101.
Auteurs	Jeff Boonen et Alice Berchoux

5.12. Equilibre de la ration en acides aminés

Equilibre de la ration en acides aminés

Description

Afin d'utiliser les protéines plus efficacement, les exploitations laitières peuvent réduire la teneur en protéines de la ration des vaches laitières (voir la fiche "Réduire la part de protéines"). Cela permet de réduire les achats d'aliments et d'améliorer les performances environnementales étant donné que les pertes d'azote affectent la qualité de l'eau et de l'air. Toutefois, un risque est que la réduction de la teneur en protéines de la ration entraîne une diminution de la production laitière (Lee et al. 2012).

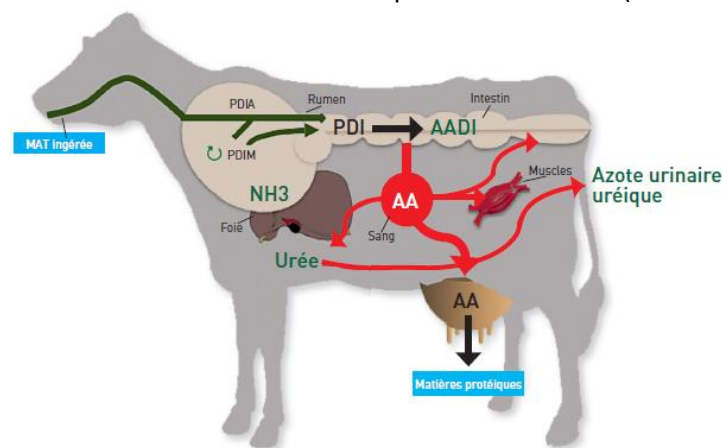


Figure 14: Représentation schématique de l'absorption et de l'utilisation de l'AA (Hérisset 2017).

Les acides aminés (AA) sont assemblés pour former des protéines. La vache absorbe les AA provenant de la dégradation des protéines digestibles dans l'intestin et synthétise ses propres protéines sur la base de ces AA. Certains AA sont essentiels, car l'animal ne les produit pas. Si ces AA essentiels ne sont pas importés en quantité suffisante, les performances de la vache peuvent en effet diminuer. D'autre part, si nous essayons d'importer ces AA sous forme de protéines, il est possible que d'autres AA non nécessaires soient également importés puis dégradés et perdus dans l'urine ou les fèces. Cette innovation consiste en la complémentation d'acides aminés essentiels spécifiques protégés dans le rumen (AA), en particulier les principaux AA essentiels limitants : la méthionine, la lysine et l'histidine (Lee et al. 2012 ; Hérisset 2017).

Conditions de mise en œuvre

Cette innovation ne dépend pas d'un contexte pédoclimatique.
Des entreprises françaises et allemandes travaillent déjà avec plusieurs exploitations laitières.

Performances attendues et objectivation	La composition d'une ration en fonction des besoins de la vache en méthionine et lysine assure une valorisation optimale des protéines ingérées et une production laitière élevée (Thiaucourt 2014). Des systèmes d'alimentation qui prennent en compte les besoins en AA sont en cours de développement (Schwab et Broderick 2017). C'est le cas en France par exemple. Le système prévoit une augmentation de 10 g/kg de lait de protéine avec une augmentation de la lysine de 6,8% à 7% et une augmentation de la méthionine de 1,9% à 2,4% de la protéine métabolisée (valeurs de recommandation). Les premiers résultats montrent que la farine de soja (48%CP) pourrait être réduite de 0,5-0,75kg par vache et par jour avec une complémentation en AA essentiels (sur un régime de 105 protéines métabolisées/énergie) (Hérisset 2017). Il est démontré que la correction de l'équilibre en AA essentiels conduit à une meilleure utilisation de la protéine alimentaire. Pour des niveaux de PB de 13,6 % et 15,2 %, l'efficacité de la protéine a été augmentée de 6,6 % et 7 %. En effet, pour une même quantité de protéines alimentaires, la production laitière a augmenté de 0,9 kg / jour et la teneur en protéines du lait a augmenté de 1,3 g / kg. Il n'y avait cependant aucune différence entre une correction sur base uniquement des quatre principaux AA ou sur tous les AA (Haque et al. 2012). Un autre essai montre qu'une réduction de 15 % de la teneur en protéines du régime alimentaire pourrait entraîner les mêmes performances chez les vaches avec une complémentation suffisante en lysine, méthionine et histidine protégées dans le rumen (Lee et al. 2012). Il a également été prouvé que les méthodes de protection ruminale des AA développées et commercialisées étaient efficaces pour protéger les AA de la dégradation ruminale (Battaglia et al. 2011). L'utilisation d'un outil qui intègre les besoins en AA dans l'alimentation des vaches laitières a permis de réduire le coût de l'alimentation de 0,40€ / vache / jour par une augmentation de la production laitière de 1,4 L de lait / vache / jour et de 10 g / kg de protéines du lait (8 fermes pendant trois ans). La teneur en urée du lait, qui se situe généralement entre 200 et 350 mg / l, était inférieure à 200 (Réussir Lait 2017 ; Vergonjeanne 2016)
Évaluation du degré d'innovation	Cette innovation est déjà en place, notamment en France et en Allemagne. Cependant, malgré de nombreuses publications, on rencontre encore des techniciens qui refusent de raisonner en termes d'AA (Thiaucourt 2014)
Catégorisation	Cette innovation concerne la gestion des aliments pour animaux
Caractérisation basée sur la grille "ALARME"	Si les AA essentiels ne sont pas fournis à l'animal pour produire des protéines laitières, la production sera réduite (Hérisset 2017)
Freins	Il n'existe pas de fourrage et de matière première suffisamment riches pour couvrir les recommandations en matière de méthionine (Hérisset 2017) Les fourrages sont pour certains mal équilibrés en AA mais c'est le plus souvent l'utilisation de concentrés qui ne répond pas aux besoins de limitation des AA.

	L'équilibre optimal entre la contribution des 4 AA essentiels considérés individuellement comme les plus limitants (méthionine, histidine, lysine et leucine) et l'apport énergétique n'est pas connu (INRA) L'utilisation de l'AA n'est rentable que pour les vaches à haut rendement Il est compliqué et coûteux d'analyser la teneur en AA des fourrages agricoles (Hérisset 2017)
Leviers	Le choix des concentrés détermine souvent le degré de déséquilibre alimentaire en AA (Thiaucourt 2014) Certains AA indispensables comme la lysine sont disponibles sur le marché européen Des tableaux avec les valeurs essentielles d'AA dans les concentrés sont disponibles (via l'INRA). Les nouveaux tableaux INRA incluront les apports d'histidine en plus de ceux de la lysine et de la méthionine. En outre, une base de données plus complète devrait être accessible sur Internet et inclure les valeurs de 16 AA dans les fourrages ou les concentrés. (Hérisset 2017)
Avantages	- La gestion des AA réduit le correcteur d'azote (ex : tourteau de soja) (Hérisset 2017) - Un apport équilibré d'AA réduit l'apport en azote sous forme de protéines digestibles dans l'intestin tout en maintenant une bonne exportation d'AA dans les protéines du lait (Hérisset 2017 ; Haque et al. 2012) - Les performances techniques et économiques sont connues - Environnemental : La limitation de l'apport en AA diminuera l'excrétion urinaire d'azote (Hérisset 2017)
Inconvénients	Il est coûteux de mesurer le profil AA des fourrages et des concentrés (Hérisset 2017)
Caractérisation basée sur la grille "ESR"	Un bon profil AA favorise la synthèse des protéines du lait et augmente l'efficacité de l'utilisation de l'azote (Hérisset 2017) La gestion des AA permet le remplacement partiel des correcteurs d'azote.
Sources	Battaglia M., A. Gallo, E. Grille, L. Fiorentini, F. Philippe, P. Fantinati et F. Masoero, 2011 : « Evaluation de la protection ruminale et de la biodisponibilité d'une méthionine et d'une lysine rumino-protégées chez des vaches ». In, 18:134. http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/Texte16_alim_Battaglia.pdf. Haque M.N., H. Rulquin, A. Andrade, P. Faverdin, J.L. Peyraud et S. Lemosquet, 2012: « Milk Protein Synthesis in Response to the Provision of an "Ideal" Amino Acid Profile at 2 Levels of Metabolizable Protein Supply in Dairy Cows ». Journal of Dairy Science 95 (10): 5876-87. https://doi.org/10.3168/jds.2011-5230. Hérisset R., 2017 : « Les acides aminés digestibles ». TERRA, décembre, 32-33. Lee C., A.N. Hristov, T.W. Cassidy, K.S. Heyler, H. Lapierre, G.A. Varga, M.J. de Veth, R.A. Patton et C. Parys, 2012: « Rumen-Protected Lysine, Methionine, and Histidine Increase Milk Protein Yield in Dairy Cows Fed a Metabolizable Protein-Deficient Diet ». Journal of Dairy Science 95 (10): 6042-56. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5581. RéussirLait. 2017 : « Nutrition de précision », octobre 2017.

Schwab, G. Charles, A. Glen et Broderick, 2017: « A 100-Year Review: Protein and Amino Acid Nutrition in Dairy Cows ». Journal of Dairy Science 100 (12): 10094-112. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13320>.

Thiaucourt L., 2014 : « Alimentation des vaches laitières : penser « acides aminés » ». La Revue De l'Alimentation Animale (blog). 28 mars 2014. <http://www.revue-alimentation-animale.fr/nutrition-formulation/alimentation-des-vaches-laitieres-penser-acides-amines/>.

Vergonjeanne R., 2016 : « Efficacité protéique de la ration Acides aminés limitants et protéines by-pass au menu du jour ». Web-agri. 30 novembre 2016. <http://www.web-agri.fr/conduite-elevage/alimentation/article/acides-amines-limitants-et-proteines-by-pass-au-menu-du-jour-1172-123929.html>.

Auteurs

Lisa Arnould, Michel Thielen, Caroline Battheu-Noirfalise

5.13. Produire un tourteau gras de colza à la ferme

<i>Produire un tourteau gras de colza à la ferme</i>	
Description	Cette innovation consiste à produire du tourteau de colza directement à la ferme. Le colza est pressé pour produire de l'huile et des tourteaux. Le tourteau peut être valorisé dans la ration de la vache laitière à la place du tourteau de soja. Les jeunes bovins peuvent également valoriser le tourteau de colza. L'huile peut être utilisée dans les moteurs agricoles (tracteur, moissonneuse...) comme biocarburant pur ou mélangé à du carburant. L'huile peut également être utilisée dans l'alimentation humaine.
Conditions de mise en œuvre	- Zone de production de colza (Herisset et al. 2009 ; Designe 2006 ; Losq 2009) - Humidité des grains de colza : moins de 10% (Losq 2009) - Stockage des céréales, de l'huile et des tourteaux (Designe 2006) - Zone d'installation de la presse (sauf si vous utilisez une presse mobile en CUMA (Losq 2009)), idéalement à l'intérieur plutôt qu'à l'extérieur (température idéale pour le pressage : 14-15°C) (Losq 2009) - Adaptation des moteurs pour utiliser les biocarburants ou les mélanger aux carburants (Designe 2006 ; Losq 2009)
Performances attendues et objectivation	- Rendement du colza : entre 3 et 4,3 t/ha (Designe 2006 ; Losq 2009) - o Huile : entre 20 et 35% : 900 - 1200l/ha (Herisset et al. 2009 ; Losq 2009 ; Valbiom 2006) - o Tourteau de colza : de 1750 à 2500 kg/ha à 12% de teneur en matière grasse (Herisset et al. 2009 ; Losq 2009 ; Valbiom 2006) - Diminution de l'utilisation du tourteau de soja : 2-2,5 kg de tourteau de colza pour 1 kg de tourteau de soja (Losq 2009) - Production de lait (si le régime alimentaire est correctement équilibré) (Losq 2009 ; Zymon et al. 2012 ; Lerch et al. 2012) : - o Rendement laitier : pas d'impact - o Protéine : variable à tendance décroissante - o Gras : variable à tendance décroissante - o Amélioration du profil en acides gras du lait - Augmenter les recettes de 0 à 1 200 € en fonction du prix du tourteau de soja et du carburant (Herisset et al. 2009)
Évaluation du degré d'innovation	Le tourteau de colza industriel est déjà utilisé dans les exploitations laitières. L'innovation consiste à produire son propre tourteau et sa propre huile de colza à la ferme et à utiliser l'huile comme biocarburant. (Conception 2006) Testé en Bretagne. Pas de référence dans notre région (Herisset et al. 2009)

Catégorisation	Cette innovation concerne : - La gestion de l'alimentation animale - Gestion des zones de culture
Caractérisation basée sur la grille "ALARME"	- Animal (A) : oui Changement de la ration, avoir un impact sur la qualité du lait - Logement (L) : oui, besoin de plus de stockage, espace pour la presse (Designé 2006) - Aliments pour animaux (A) : oui, en remplacement du soja (2 kg de tourteau de colza pour 1 kg de tourteau de soja, moins de place pour le fourrage dans le rumen) - complément pour certains acides aminés. - Régie (R) : oui gestion du colza, gestion du pressage, distribution de l'alimentation (Designé 2006 ; Losq 2009) - Microbisme (M) : pas d'estimation → négative effet lors de l'alimentation en trop grande quantité et dépassant 4% de matières grasses dans la ration - Eleveur (E) : oui - charge de travail (10-12h/presse - démarrage, contrôle, séchage (si nécessaire) stockage, nettoyage - le temps de pressage n'est pas inclus) (Herisset et al. 2009 ; Designé 2006 ; Losq 2009)
Freins	- Investissement : presse, réservoirs pour l'huile, bigbag pour les tourteaux et les grains (Designé 2006) - Durée : entre 1/2 et 1h/jour selon la presse (démarrage et contrôle) (Herisset et al. 2009 ; Designé 2006 ; Losq 2009) - Superficie consacrée au colza : diminution de la superficie fourragère/cultures (Designé 2006 ; Losq 2009) - Adaptation du moteur pour valoriser le biocarburant (Designé 2006 ; Losq 2009) - Condition de pressage à 14-15°C pour assurer une bonne qualité (Herisset et al. 2009 ; Designé 2006 ; Losq 2009) - Matière sèche du colza : la teneur en gras augmente lorsque le taux d'humidité du grain diminue (moins de 10%) (Designé 2006 ; Losq 2009) - La teneur en matière grasse du tourteau de colza limite la quantité pouvant être utilisée dans les rations des vaches laitières
Leviers	- Double impact : aliments pour animaux, protéines et énergie - Diminution de la dépendance de l'industrie des aliments pour animaux - Diminution du coût de l'énergie (Herisset et al. 2009)
Avantages	- Diminution des coûts : le bénéfice dépend du prix du carburant et du prix du soja : de 0 à 1200€ (Herisset et al. 2009) - Diversification des cultures avec l'introduction du colza dans la rotation - Accroissement de l'autonomie : autonomie alimentaire, autonomie protéique et autonomie énergétique (Herisset et al. 2009 ; Designé 2006 ; Losq 2009) - Aliments pour animaux, protéines et énergie régionaux et durables - Image positive de l'agriculture

Inconvénients	- Capacité de stockage (Designe 2006) - Diminution de la superficie fourragère/culture - Diminution potentielle de la qualité du lait (Losq 2009) - Investissement pour la modification de la presse, du stockage et du moteur du tracteur (pour utilisation comme carburant) (Designe 2006)
Caractérisation basée sur la grille "ESR	Une substitution, entre aliments pour animaux : tourteau de colza vs tourteau de soja
Sources	Designe G. 2006 : « Presser à la ferme les graines de colza ». Cap élevage, septembre 2006. Herisset R., G. Losq, F. Roger, P. Defrance, B. Le Lan et G. Designe. 2009 : « Le pressage du colza à la ferme dans des élevages laitiers de Bretagne : intérêts zootechnique, nutritionnel et économique ». In , 16:125. Paris. http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/2009_02_16_Herisset.pdf. Lerch S., A. Ferlay, K.J. Shingfield, B. Martin, D. Pomiès et Y. Chilliard, 2012: « Rapeseed or Linseed Supplements in Grass-Based Diets: Effects on Milk Fatty Acid Composition of Holstein Cows over Two Consecutive Lactations ». Journal of Dairy Science 95 (9): 5221-41. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5337. Losq G., 2009: « Du lait produit avec un tourteau maison ». Cap élevage, août 2009. Valbiom, 2006 : « Comment produire de l'huile de colza à la ferme ? » Valbiom. http://www.valbiom.be/files/library/Docs/Biocarburants/fiche_huile_colza02_production1209046017.pdf. Zymon M., J. Strzetelski, I. Furgał-Dierżuk, J. Kowalczyk et S. Osieglowski, 2012: « The Effectiveness of Rapeseed Cake and Glycerine in Feeding Dairy Cows ». Journal of Animal and Feed Sciences 21 (1): 49-64. https://doi.org/10.22358/jafs/66035/2012.
Auteurs	Sylvain Hennart, Jeff Petry

5.14. Bonnes pratiques de gestion des troupeaux

Bonnes pratiques de gestion des troupeaux

Description

L'objectif des différentes bonnes pratiques de gestion du troupeau est d'améliorer l'efficacité alimentaire globale de l'exploitation en nourrissant moins tout en produisant la même quantité de lait. L'amélioration de l'efficacité protéique dans la quête de l'autonomie protéique est un enjeu clé comme le cite Philippe Faverdin (membre de l'INRAe et du projet SOS Protéines) (Schohy 2018b ; 2019). L'efficacité protéique est définie comme suit:

$$\text{Efficacité protéique} = \frac{\text{Protéines produites par les animaux d'élevage}}{\text{Besoins en protéines du troupeau}}$$

Les protéines produites par les animaux d'élevage sont les protéines de viande et de lait et les besoins en protéines du troupeau sont les besoins nutritionnels totaux en protéines du troupeau.

Alors que l'autonomie protéique est définie comme suit :

$$\text{Autonomie protéique} = \frac{\text{Protéines alimentaires autoproduites}}{\text{Besoins en protéines des troupeaux}}$$

Les protéines alimentaires autoproduites sont les protéines alimentaires produites à la ferme et consommées par le troupeau et les besoins en protéines du troupeau sont les besoins nutritionnels totaux en protéines du troupeau.

L'efficacité et l'autonomie sont toutes deux liées aux besoins nutritionnels du troupeau au dénominateur. Si les besoins de l'exploitation diminuent, l'efficacité et l'autonomie augmentent, même si des compromis peuvent exister entre les deux, Outre l'amélioration de la digestibilité des aliments, la réduction des périodes improductives des vaches laitières, à savoir le tarissement et l'âge au premier vêlage, se traduit par une diminution de la quantité totale d'aliments utilisés par la vache pour une même quantité de lait produite au cours de sa vie. L'extension du nombre de lactations permet également de "diluer" l'alimentation utilisée pour l'élevage de la génisse jusqu'à la vache laitière productive. Pour ce faire, la santé globale du troupeau doit permettre de prolonger la vie des vaches laitières. La sélection génétique d'une race spécifique ou les croisements entre races peuvent orienter les futures générations de vaches vers plus d'efficacité : précocité du premier vêlage, fertilité accrue pour réduire la période de tarissement et rusticité pour atteindre un nombre élevé de lactations. Cette amélioration de l'efficacité conduit à la réduction des achats de concentrés et de fourrages, ce qui renforce l'autonomie protéique globale de l'exploitation.

Les bonnes pratiques de gestion des troupeaux sont donc :

- Amélioration de la santé
- Augmentation du nombre de lactations
- Réduction des périodes improductives : notamment en réduisant l'âge au premier vêlage, l'intervalle entre les vêlages et les périodes de tarissement
- Sélection génétique ou croisement pour améliorer l'espérance de vie, la fertilité et la santé
- Alimentation de précision et réduction de la part de protéines dans le régime alimentaire des vaches laitières (autre fiche)

Tableau 9: Gain d'efficacité protéique suite à une mise en œuvre dans différentes pratiques de gestion (Millet, Decruyenaere, Stilmant, et al. s. d.).

Pratique de la gestion des troupeaux	Etape originale	Mise en œuvre	Gain d'efficience des protéines
Premier vêlage	A 36 mois : 17,5%	A 24 mois : 21.5%	4%
Nombre de lactations	4 : 24,3%	8 : 25,3%	1%
Durée de la lactation	10 mois : 23,6%	16 mois : 25,6%	2%
Durée du tarissement	60 jours : 23,2%	35 jours : 23,8%	0,6%
Pourcentage de protéines dans la ration	17,3% PB : 18.3%	17,3 % (demi lactation) + 14,4% (demi lactation) : 19,3%	1%

Conditions de mise en œuvre

Les bonnes pratiques de gestion du troupeau nécessitent un bon suivi du troupeau, ce qui demande du temps et des compétences de la part de l'éleveur. Des données biologiques, physiologiques, morphologiques ou comportementales précises de chaque vache sont utiles pour adapter l'alimentation, prévenir les maladies et assurer une reproduction réussie (Allain et al. 2014).

Les installations de l'exploitation peuvent aider ou empêcher l'amélioration de certains paramètres : les vieux bâtiments d'élevage ayant des effets néfastes sur la santé par exemple. En ce qui concerne la précocité des races laitières dans la région, la seule façon d'atteindre un premier vêlage à 24 mois est d'adapter les conditions de reproduction (en particulier pour les 6 premiers mois de vie) (Froidmont et al. 2013). Par exemple, comme le montre la station expérimentale de Mirecourt, un vêlage à 24 mois peut être atteint en remplaçant un distributeur de lait pour veaux par des vaches nourrices (Bignon 2018). La sélection génétique nécessite également davantage de techniques, car la condition préalable est d'utiliser l'insémination artificielle.

Les croisement entre races sont pratiqués dans de nombreux pays (France, Italie, Irlande, Angleterre,...), il n'y a donc pas de restriction pédo-climatique. En France, en Irlande et en Angleterre, les croisements sont surtout utilisés dans les exploitations avec des systèmes

basés sur les prairies ou les fermes biologiques, mais les troupeaux ProCROSS peuvent être élevés de manière intensive jusqu'à plus de 10.000 kg de lait par lactation (Hazel, Heins, et Hansen 2019).

**Performances attendues
et objectivation**

Améliorer la santé

L'amélioration de la santé du troupeau passe par un bon contrôle sanitaire et technique

Les maladies métaboliques telles que l'acétonémie, la fièvre de lait ou l'acidose ou encore les maladies physiologiques tel que la boiterie ne permettent pas à la vache de produire au mieux de ses capacités et peuvent aussi bien conduire à la réforme ou à la mort involontaire de l'animal, qui empêchent une longévité satisfaisante.

Augmenter le nombre de lactation

Au plus la vache vit longtemps, au plus dure sa période de production. En réformant après un nombre plus élevé de lactations, l'éleveur peut réduire le nombre de génisses et donc l'alimentation totale utilisée. L'efficacité protéique peut être améliorée de 1,9 % entre 3 et 6 lactations. Pour maximiser l'efficacité protéique, la longévité de la vache laitière doit se situer entre 6 et 10 lactations (Millet, Decruyenaere, Stilmant, et al. s. d.).

Réduction des périodes improductives

1. En réduisant l'âge au premier vêlage.

La ferme expérimentale de Mirecourt (INRA) a réussi à réduire l'âge au premier vêlage à 24 mois en élevant les veaux avec des vaches laitières nourrices (3 veaux/vache nourrice). Ainsi, la croissance des veaux est meilleure qu'avec l'utilisation d'un distributeur automatique de lait pour veaux ("DAL") ("A 6 mois, les génisses nourries par les vaches pèsent 40 kg de plus que celles nourries par un distributeur de lait") et les génisses peuvent vêler à 24 mois tout en maintenant une alimentation exclusivement à base d'herbe (Bignon 2018).

Concernant l'âge au premier vêlage, le projet BIOPRO montre que l'âge au premier vêlage est plus bas pour les meilleurs animaux (15%) que pour l'ensemble de la population de la base de données (respectivement 27,3 et 29,3 mois en moyenne). Un premier vêlage plus jeune est également lié à une réduction du risque d'engraissement et donc à une meilleure fertilité. Le projet montre également un gain d'efficacité protéique de 4 % dans le cas des vêlages à 24 mois par rapport aux vêlages à 36 mois (Millet, Decruyenaere, Stilmant, et al. s. d.).

Sur le plan économique, si une génisse qui vêle pour la première fois à 22-24 mois peut éventuellement générer des coûts annuels plus élevés qu'une génisse plus tardive en raison de ses besoins nutritionnels plus importants, la réduction du nombre de génisses qui en résulte et donc la diminution de besoin d'aliments totaux pour la suite et de la place nécessaire dans le bâtiment compensent largement les coûts globaux des génisses (Froidmont et al. 2013). Dans la station expérimentale des Trinottières, entre une génisse de 33 mois

élevée de manière extensive et une génisse de 24 mois vêlant de manière intensive, il y a une réduction du coût total d'élevage de 161€. Cette différence provient d'une réduction principale des frais de structure (-130 €) et de l'alimentation (-31 €). Si les coûts de production du lait et des concentrés sont plus élevés pour la génisse de 24 mois qui vèle (+27 €), les coûts du fourrage compensent largement en raison du nombre réduit de jours de présence (-58 €) (Bernard et al. 2012).

La meilleure persistance peut également être observée chez les génisses vêlant à moins de 24 mois (Leonhard et al. 2013). Comme le montrent Leonhard et al. (2013), Hoffmann (1997) et Nilforooshan et Edriss (2004), si la génisse est bien développée, cela n'a pas d'impact sur elle, sa santé, sa longévité ou sa production laitière. L'une des raisons de cette bonne adaptabilité des jeunes animaux est qu'ils sont généralement élevés de manière intensive. Un élevage intensif semble faciliter l'entrée dans la phase productive de la vache (Leonhard et al. 2013). La station expérimentale des Trinottières montre que les génisses âgées de 24 mois au vêlage ont produit 2,1 kg de lait/jour de vie de plus que les génisses vêlant à 33 mois. En effet, elles vivent plus longtemps (1140 jours contre 1037 jours) et leur nombre de jours improductifs est moindre (752 jours contre 987 jours) produisant la même quantité de lait par jour de vie productive (Bernard et al. 2012).

Mais, un premier vêlage inférieur à 22 mois entraîne une réduction de 11 % des performances laitières (Froidmont et al. 2010). Cela correspond aux résultats d'Ettema et Santos (2004) qui ont déterminé qu'un âge précocité au premier vêlage inférieur à 23 mois influence sur les performances laitières et la teneur en lait de la première lactation ainsi que sur les performances de reproduction.

La marge de progrès dans la région Autoprot est considérable ; la Région wallonne affiche un âge moyen au premier vêlage de 28,7 mois (Millet, Decruyenaere, Reding, et al. s. d.) et un âge au premier vêlage est en moyenne de 29,1 mois en Rhénanie-Palatinat avec seulement 5,2% atteignant un vêlage à 24 mois dans cette dernière région (Leonhard et al. 2013).

2. En réduisant l'intervalle de vêlage

La ferme expérimentale de Mirecourt a également réussi à améliorer le taux de réussite de l'insémination en maintenant une meilleure condition physique grâce au vêlage de printemps (groupé) démarrant un mois plus tôt comme d'habitude et en pâturant une herbe plus haute (herbe au stade de l'émergence de l'épi) en mai (Bignon 2018).

3. En réduisant les périodes de tarrissement

Lorsqu'elles sont tarées, les vaches consomment de la nourriture sans produire, ce qui diminue leur efficacité. Entre une période de tarissement de 40 à 60 jours et une période de tarissement de 35 jours, l'efficacité des protéines peut être améliorée de 0,6 % (Millet, Decruyenaere, Stilmant, et al. s. d.).

Adapter la période de tarrissement à la lactation

Au XX^{ème} siècle, il était recommandé de tarrer pendant 60 jours car on pensait que les lactocytes ne se multipliaient qu'en période de tarissement et que ces cellules disparaissaient pendant la lactation. Or, pendant la lactation et le tarissement, la disparition et la

multiplication des cellules épithéliales de la mamelle coexistent. Les vaches qui sont tarries 40 jours (contre 60 jours conventionnellement) seraient réformées plus tard certainement grâce à une meilleure santé et une meilleure fertilité (Le Guénic 2008). Chez les vaches primipares, la multiplication des lactocytes est plus rapide que chez les vaches multipares. Ainsi, ces cellules fonctionnent plus longtemps dans la mamelle, ce qui permet d'envisager un allongement de la lactation et donc une réduction de la durée du tarissement. Quant à l'impact sur la production, le tarissement n'a pas d'incidence sur le nombre de cellules épithéliales de la mamelle. Ainsi, pour un tarissement de 4 semaines, il y aurait une baisse de la production laitière nulle à faible (-5%) pour la lactation suivante par rapport à un tarissement de 8 semaines (Le Guénic 2008).

Finallement, la réduction de la période de tarissement permet d'améliorer le bilan énergétique, ce qui peut réduire le risque de maladies métaboliques. Cela permet également de réduire l'intervalle entre les vêlages et la première insémination (-5 jours) avec un taux de réussite identique pour cette première insémination (Le Guénic 2008).

Selon le projet "Why dry" aux Pays-Bas, la durée optimale de tarissement pourrait en effet être individuelle et associée au nombre de cellules et à la quantité de lait produite avant vêlage. Les primipares doivent être tarries au moins 30 jours avant le vêlage, mais si le nombre de cellules est supérieur à 200 000 par ml de lait ou si elles produisent moins de 12 kg de lait par jour, elles doivent être tarries 60 jours avant le vêlage. Les vaches, en revanche, peuvent être tarries soit à 60 jours (si le taux de cellules est supérieur à 200 000 cellules/ml ou si la production laitière est inférieure à 12 kg de lait/jour), soit à 30 jours (si, 37 jours avant le vêlage, le taux de cellules est supérieur à 200 000 cellules/ml ou si la production laitière est inférieure à 12 kg de lait/jour) ou pas du tout si le nombre de cellules reste inférieur à 200 000/ml et si la production est supérieure à 12 kg de lait/jour. Les résultats du projet montrent qu'une décision individuelle peut contribuer à réduire les maladies métaboliques liées à la période de vêlage (Jacobsen 2019).

Nourrir correctement les vaches tarries

Lors du tarissement, deux objectifs doivent être respectés : maintenir le développement des membranes du rumen et éviter l'engraissement des animaux. Cela permet de limiter le risque d'acétonémie et de fièvre de lait après le vêlage.

Afin de limiter les transitions alimentaires brutales (provoquant stress et difficultés d'adaptation pour le microbiote ruminal), il est intéressant de donner, en quantité limitée, les fourrages donnés aux vaches laitières en plus des fourrages grossiers (Le Guénic 2008).

Augmenter le temps de lactation

La station expérimentale de Trévarez a montré un avantage de 11€/1000 litres de lait pour une lactation de 18 mois par rapport à une lactation traditionnelle de 12 mois. Ceci s'explique à 70% par une meilleure recette (meilleure teneur en protéines du lait et une production en toutes saisons) et à 30% par une réduction des coûts (moins de concentré distribué, moins de réforme et donc moins de génisses nécessaires, moins d'insémination artificielle). Cela étant dit, il semble qu'à nouveau cette technique devrait être mieux adoptée par certaines vaches spécifiques, en particulier celles qui ont peu de cellules dans le lait et une bonne morphologie capable de supporter une lactation plus longue sans coûts vétérinaires supplémentaires. Les auteurs soulignent la possibilité de combiner cette technique avec le vêlage groupé (un vêlage groupé en lactation de 12 mois et un vêlage groupé en lactation de 18 mois), ce qui permettrait d'obtenir

une production de lait constante tout au long de l'année, ce qui pourrait être intéressant pour la transformation du lait à la ferme (Portier et Brocard 2008). Dans le cas d'une lactation de 18 mois, l'efficacité protéique augmente de 2 % par rapport à une lactation de 12 mois en raison de la réduction du besoin en concentrés. En effet, les concentrés sont administrés au pic de la lactation, ce qui se produit moins souvent chez les vaches à longue période de lactation (Millet, Decruyenaere, Stilmant, et al. s. d.).

Sélection génétique

La sélection génétique permet d'améliorer différents paramètres du troupeau concernant la longévité de votre vache. Par exemple, les sociétés de génétique proposent un INDEX sur la santé des veaux (van der Linde et al. 2010), la longévité, la reproduction y compris la fertilité, l'intervalle entre les vêlages, la cétose, ...

Lors de la sélection pour la longévité, les critères de réforme les plus importants sont le nombre de cellules somatiques dans le lait (corrélation +0,50) et la mauvaise fertilité (+0,48). Ensuite, les causes les plus importantes sont les critères morphologiques : la hauteur et la fixation de la mamelle. (+0,41 et +0,21) ainsi que les pattes. La sélection sur la base de ces critères contribue à augmenter la longévité de la vache (Bolard 2008).

La sélection génétique a évolué d'une sélection basée sur le phénotype et la généalogie à une sélection basée sur certains traits génétiques associés à une région spécifique du génome obtenue grâce à une analyse complète du génome. Cette analyse complète permet de sélectionner l'évolution de la vache plus rapidement et sur des caractères invisibles. Les éleveurs peuvent utiliser cette technologie à la ferme en testant leurs animaux pour prévenir les maladies génétiques et améliorer les paramètres de production et de conformation (Hubin 2010).

Croisements

Dans un essai de 10 ans au Minnesota, les croisements ProCROSS montrent une meilleure fécondité (-17 jours : du vêlage à la grossesse), un taux de mortalité natale plus faible, une meilleure longévité (+ 153 jours), un âge plus jeune au premier vêlage et des coûts de traitement sanitaire plus faibles (-17 %) que la race Holstein pure. Le bénéfice laitier a été supérieur de 9 % (Hazel, Heins, et Hansen 2019). Le site commercial de ProCROSS mentionne une meilleure efficacité alimentaire des troupeaux ProCROSS, mais cela ne semble pas si facile car les troupeaux ProCROSS ont des coûts d'alimentation plus bas mais aussi une production laitière plus faible en raison d'une période de lactation plus courte (nombre de lactations plus élevé et aussi périodes de tarissement durant la vie des animaux ProCROSS) (ProCROSS 2019). D'autres essais, réalisés dans la région, sont nécessaires pour confirmer les performances de cette technique.

L'essai du Minnesota a également étudié les performances d'un croisement simple (Holstein x Montbéliarde ou Holstein x Viking Red) en première génération. Là encore, les vaches croisées ont montré une meilleure fertilité (-12 jours), un coût de traitement sanitaire réduit (-23%), une meilleure longévité et une production de TP et TB légèrement plus élevée (+1%) entraînant un bénéfice laitier plus élevé (+13%) (Hazel, Heins, et Hansen 2019).

Changement de race

La Holstein est la race la plus utilisée dans les exploitations laitières. Cette race est hautement sélectionnée pour la production laitière et présente certains problèmes de fertilité et de santé. D'autres races pourraient être plus efficaces que les vaches Holstein dans certains systèmes spécifiques. Par exemple, dans les systèmes prairiaux, le troupeau de Montbéliarde présente un taux de remplacement plus faible, ce qui implique des besoins alimentaires moindres pour les génisses pour une production de lait similaire. D'un point de vue économique, ces troupeaux pourraient également afficher de meilleures performances en fonction du coût de l'alimentation achetée. La ferme expérimentale de Normandie "Pin des Haras" n'a montré aucune différence de performances économiques entre un troupeau des Normandes et un troupeau de Holsteins (Balandraud et al. 2018). Le vêlage groupé, qui implique une bonne fertilité du troupeau, pourrait être plus approprié avec d'autres races que la Fleckvieh (Piccand 2013). Voir la brochure "Vêlages groupés" pour plus d'informations.

Évaluation du degré d'innovation	Les paramètres mentionnés ne sont pas tous de véritables innovations, car la plupart d'entre eux concernent l'amélioration des paramètres de gestion. Certains d'entre eux peuvent être considérés comme difficiles à atteindre, comme par exemple un premier vêlage à 24 mois ou un taux de réforme après 6 ou 10 lactations, tandis que d'autres peuvent être considérés comme de véritables innovations dans la gestion du troupeau laitier (temps de tarissement individuel, abolition du tarissement, lactations prolongées, ProCROSS).
Catégorisation	Cette innovation concerne : - La gestion de l'alimentation du bétail - Gestion du troupeau
Caractérisation basée sur la grille "ALARME"	- Logement (L) : OUI - Alimentation (A) : OUI - La Régie (R):OUI - Microbisme (M) : OUI - L'éleveur (E) : OUI
Freins	Les freins généraux à une gestion plus précise du troupeau sont le manque de temps et de compétences de l'éleveur.

Réduire les périodes improductives

Il existe certains obstacles à concilier un premier vêlage à 24 mois et un élevage au pâturage. En effet, le fait d'avoir des génisses au pâturage exige beaucoup de soins de la part de l'éleveur, non seulement pour assurer une bonne croissance des génisses (en veillant à ce qu'elles aient accès à une herbe de haute qualité), mais aussi pour détecter les chaleurs ("Élevage des génisses - Concilier vêlage précoce et pâturage" s. d.). Les conditions structurelles peuvent être limitantes dans ce cas, les jeunes animaux étant souvent placés sur des parcelles plus éloignées de l'exploitation.

Réduire les périodes de tarissement

Cette technique a un impact sur la lactation suivante, en particulier pour les vaches primipares. Toutefois, ces vaches compensent par une lactation plus longue que la précédente.

Enfin, cela augmente le risque de contamination par les produits vétérinaires. Il est donc très important de noter les traitements effectués et de s'y référer au moment du vêlage.

Sélection génétique et croisements

Le changement de race a de nombreuses conséquences : alimentation, gestion, commercialisation, etc.

Leviers

Les bonnes pratiques ne sont pas spécifiquement liées à l'autonomie en protéines (amélioration des revenus par exemple). Les éleveurs peuvent donc avoir plusieurs motivations pour appliquer ces bonnes pratiques.

Aujourd'hui, certaines **technologies** sont efficaces pour aider à gérer la santé des animaux : rumination, chaleur, détecteurs de vêlage. Trois éleveurs wallons que nous avons interviewés soulignent l'utilisation de podomètres comme un outil réellement utile pour détecter les chaleurs et ainsi, améliorer l'insémination et donc leurs performances en termes d'intervalles de vêlage. Un agriculteur wallon qui possède un troupeau de 120 vaches laitières et qui utilise des robots de traite souligne également que grâce au robot, les maladies sont détectées de manière précoce (plus tôt que sans le robot de traite). Pour lui, c'est vraiment utile étant donné la taille de son troupeau. Plus loin, certaines techniques reposant sur la gestion individuelle des vaches (période de tarissement ou durée de lactation) pourraient être plus faciles à appliquer pour l'éleveur si des technologies étaient déjà disponibles sur l'exploitation pour le guider dans ses décisions.

Réduire les périodes de tarissement

Grâce à cette technique, l'éleveur peut maximiser la production de lait avant la période de tarissement. Elle permet également une bonne maîtrise des risques métabolique et reproductif. La durée de vie des vaches peut également être améliorée.

Sélection génétique et croisement

PROCROSS est une marque déposée que les conseillers peuvent amener les agriculteurs à appliquer cette méthode.

Avantages	Une meilleure efficacité peut entraîner de meilleures performances économiques, une réduction de la charge de travail et des impacts environnementaux si les techniques utilisées n'affectent pas négativement d'autres paramètres. Un premier vêlage à 24 mois améliore les revenus en produisant la même quantité de lait, avec moins de vaches, moins d'aliments et moins de temps de travail, tandis que les génisses à vêlage tardif entraînent des coûts d'élevage plus élevés (65 euros par mois/ génisse) (Leonhard et al. 2013, Hörtengruber et al. 2010). Une période de lactation de 18 mois entraîne une réduction de la charge de travail liée au suivi de la fertilité et du vêlage pour un revenu plus élevé de 11€/1000 lait par rapport aux vaches en lactation de 12 mois (Portier et Brocard 2008). Le contrôle de l'âge au premier vêlage a également des implications environnementales positives (Froidmont et al. 2013). En effet, un nombre élevé de génisses et des phases de croissance longues entraînent une empreinte CO₂ plus élevée (Hörtengruber et al. 2010) (Portier et Brocard 2008). L'adaptation individuelle de la durée de lactation et de période de tarissement peut contribuer à réduire les maladies liées à la période de vêlage par une meilleure adaptation de la gestion de leur métabolisme (Portier et Brocard 2008 ; Jacobsen 2019).
Inconvénients	Les bonnes pratiques nécessitent des compétences que tout éleveur n'a pas. De nombreuses bonnes pratiques ont besoin de temps pour produire leurs effets (sélection génétique). Les coûts peuvent être élevés si des technologies spéciales sont nécessaires. La sélection sur certains caractères peut être préjudiciable pour d'autres. Nous avons besoin de plus d'informations sur l'efficacité alimentaire entre chaque race au sein d'une même race. Il semble que la sélection sur l'efficacité alimentaire pourrait être corrélée avec une mauvaise fertilité. D'autres études sont nécessaires pour orienter la sélection dans le bon sens (Pryce et al. 2014). La réduction du taux de réforme et donc du nombre de génisses conduit à un taux de sélection plus faible du troupeau (Portier et Brocard 2008).
Caractérisation basée sur la grille "ESR"	Cette innovation consiste en une amélioration de l'efficacité pour certains paramètres (réduction du nombre de cas de maladie, premier vêlage à 24 mois, allongement de la longévité, réduction du tarissement), tandis que d'autres sont une reconceptualisation de la gestion (tarissement individuel, séparation du troupeau en un groupe de 12 mois de lactation et un groupe de 18 mois de lactation) qui nécessite de nouvelles technologies d'élevage de précision à la ferme.
Sources	Allain C., A. Chanvallon, P. Clement, R. Guatteo, et N. Bareille, 2014 : « Elevage de précision : périmètre, applications et perspectives en élevage bovin ». In , 21:3. Paris. http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/Texte_1_Elevage_de_precision_C-Allain.pdf. Balandraud Nathan, Claire Mosnier, Luc Delaby, François Dubief, Jean-Philippe Goron, Bruno Martin, Dominique Pomies et Anaël Cassard, 2018 : « Holstein ou Montbéliarde : des différences phénotypiques aux conséquences économiques à l'échelle de l'exploitation ». INRA Productions Animales 31 (4): 337-52. https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.4.2394.

Bernard E., B. Blin, P. Brunschwig, A. Leblay, Y. Mathieu, D. Plouzin, et I. Sicot, 2012 : « Plus de lait produit en vêlage précoce », 2012. https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Pays_de_la_Loire/depliant_12_age_velage_carriere_BAT_web.pdf.

Bignon, Emeline. 2018 : « Tirer le meilleur parti possible des ressources du milieu ». RéussirLait, mai 2018.

Bolard, Marc. 2008 : « Des laitières qui vieillissent mieux - Sélectionner sur la longévité totale ». Cap élevage, 2008.

« Élevage des génisses Concilier vêlage précoce et pâturage ». s. d. Web-agri. Consulté le 3 décembre 2019. <http://www.web-agri.fr/conduite-elevage/culture-fourrage/article/concilier-velage-precoce-et-paturage-pour-les-genisses-laitieres-1178-149525.html>.

Froidmont E., P. Mayeres, C. Bertozzi, P. Picron, A. Turlot et N. Bartiaux-Thill, 2010 : « Influence de l'âge et de la saison au premier vêlage sur la production des vaches laitières ». Renc. Rech. Ruminants, 2010.

Froidmont E., P. Mayeres, P. Picron, A. Turlot, V. Planchon et D. Stilmant, 2013: « Association between Age at First Calving, Year and Season of First Calving and Milk Production in Holstein Cows ». *Animal* 7 (4): 665-72. <https://doi.org/10.1017/S1751731112001577>.

Hazel, Amy, Brad Heins et Les Hansen, 2019: « ProCROSS crossbreds were more profitable than their Holstein herdmates in a 10-year study with high-performance Minnesota dairy herds ». University of Minnesota. https://www.ansci.umn.edu/sites/ansci.umn.edu/files/procross_10-year_study_results_kg_new.pdf.

Hubin, Xavier, 2010 : « La sélection génomique - les premières applications dans votre troupeau ». Wallonie Élevage, février 2010.

Jacobsen, Sjouke, 2019 : « Droogstand afwegen per individuele koe ». Melkvee, janvier 2019.

Le Guénic, Marylise, 2008 : « Tariesement - les vaches changent, les recommandations aussi ». Cap élevage, novembre 2008.

Linde, C. van der, G. de Jong, E. P. C. Koenen et H. Eding. 2010: « Claw Health Index for Dutch Dairy Cattle Based on Claw Trimming and Conformation Data ». *Journal of Dairy Science* 93 (10): 4883-91. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3183>.

Millet C., V. Decruyenaere, E. Reding, D. Stilmant et E. Froidmont. s. d. : « Existe-t-il une carrière idéale pour la vache laitière : les paramètres de gestion à tenir à l'oeil. » Consulté le 12 juin 2019. <https://mail.cra.wallonie.be/WorldClient.dll?Session=FUI9AMN0GKMU6&View=Attachment&Number=1418&FolderID=0&Part=3&Filename=fiche%20finale%20AWE.pdf&OpenAttachment=1>.

Millet C., V. Decruyenaere, D. Stilmant et E. Froidmont. s. d. : « L'efficacité protéique de la vache laitière et la gestion du troupeau : des liens intéressants ». Consulté le 12 juin 2019. <https://mail.cra.wallonie.be/WorldClient.dll?Session=FUI9AMN0GKMU6&View=Attachment&Number=1418&FolderID=0&Part=2&Filename=fiche%20finale%20efficience%20prot%C3%A9ique.pdf&OpenAttachment=1>.

Piccand, 2013: « Production and reproduction of Fleckvieh, Brown Swiss and 2 strains of Holstein-Friesian cows in a pasture-based, seasonal-calving dairy system ». *Journal of Dairy Science* 96: 5352-63.

Portier, Benoît, et V. Brocard, 2008 : « Allonger la lactation pour un vêlage tous les 18 mois ». Cap élevage, 2.

ProCROSS, 2019 : « Efficacité alimentaire - Procross ». 2019. <http://procross.info/Efficacite-alimentaire>.

Pryce J. E., W. J. Wales, Y. de Haas, R. F. Veerkamp et B. J. Hayes, 2014: « Genomic Selection for Feed Efficiency in Dairy Cattle ». *Animal* 8 (1): 1-10. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001687>.

Scohy, Delphine, 2018 : « [Apports protéiques] P. Faverdin : « Il faut travailler sur l'efficience plutôt que la production » ». Web-agri. 18 décembre 2018. <http://www.web-agri.fr/conduite-elevage/alimentation/article/p-faverdin-il-faut-travailler-sur-l-efficience-proteique-plutot-que-la-production-1172-143651.html>.

« Alimentation protéique Plus d'autonomie : oui mais à condition d'être efficient ! » Web-agri. 24 avril 2019. <http://www.web-agri.fr/conduite-elevage/alimentation/article/plus-d-autonomie-proteique-oui-mais-a-condition-d-etre-efficient-1172-147370.html>.

Walloon farmers interviews (GP,DS, SJ)

Leonhard N., Koch Dr. C., Romberg Dr. F.J., Riede C., Stier Prof. Dr. C.H., 2013: Das optimale Erstkalbealter – Praxisdaten aus Rheinland-Pfalz. URL: www.proteinmarkt.de
https://www.proteinmarkt.de/fileadmin/user_upload/eurotier-2012/bilder/Fachartikel_Rind_Nr._4_%E2%80%93_Leistungsmerkmale_und_Erstkalbealter_WEB.pdf (Stand: Oktober 2019)

Hoffmann P.C., 1997: Optimum body size of Holstein replacement heifers. Journal of Animal Science 75:836-845.

Nilforooshan M.A. und M.A. Edriss, 2004: Effect of age at first calving on some productive and longevity traits in Iranien Holsteins of the Isfahan province. Journal of Dairy Science 87:2130-2135.

Hörtengruber S., T. Lindenthal, B. Amon, T. Markut, L. Kirner et W. Zollitsch, 2010: Greenhous gas emissions from selected Austrian dairy production systems-model calculations considering the effects of land use change. Renewable Agriculture and Food Systems 25:316-329.

Ettema J.F. und J.E.P. Santos, 2004: Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms. Journal of Dairy Science 87:2730-2742.

Influence de l'âge et de la saison au premier vêlage sur la production des vaches laitières. Renc. Rech. Ruminants, 2010, 17 p.253. Effects of age and season of first calving on milk production of dairy cows F. Walloon farmers interviews (GP,DS, SJ)

Auteurs

Olivier Vanwarbeck, Annick Melchior, Alice Berchoux, Jessica Thoni

5.15. Bonnes pratiques pour l'herbe et l'ensilage mixte

Bonnes pratiques pour l'herbe et l'ensilage mixte

Description

L'ensilage est une technique couramment utilisée pour conserver le fourrage pour le bétail par la fermentation des sucres par des bactéries lactiques. En particulier dans nos régions climatiques, avec une période de végétation de 5 à 7 mois, il est nécessaire de trouver un moyen de conserver le fourrage pour l'alimentation hivernale. Le principe de fabrication de l'ensilage consiste à récolter l'herbe au stade de la maturation, lorsque de l'émergence des épis, afin d'atteindre des teneurs élevées en protéines, des niveaux d'énergie élevés et les meilleures valeurs de digestibilité. À une teneur en matière sèche comprise entre 35 et 45 %, l'herbe est soit empilée sur un tas fermée par un film plastique ("ensilage" - 30-40 %MS), soit mise en balles pour la fermentation ("balles d'ensilage" - 40-60%MS). En raison de l'activité bactérienne dans des conditions anaérobies, le sucre contenu dans l'herbe est fermenté en différents acides, en particulier l'acide lactique, qui réduit fortement le pH et permet la conservation de l'herbe. En fonction de la matière sèche de l'herbe, un pH de 4 à 5 empêche le développement de bactéries et de moisissures indésirables et assure la stabilité aérobie après ouverture du silo.

L'ensilage de l'herbe permet de conserver un fourrage à haute valeur nutritive, hygiéniquement sain et très appétissant. Cependant, plusieurs facteurs influencent le processus de conservation et donc le succès de l'ensilage du fourrage. Le choix des variétés d'herbe, les conditions climatiques et pédologiques locales, la fertilisation, l'entretien des pâturages, le moment de la récolte, la technique de récolte et bien d'autres facteurs encore influencent la qualité de l'ensilage qui en résulte. Un fourrage de haute qualité est non seulement bénéfique pour la santé et les performances des animaux, mais réduit en même temps la nécessité d'acheter des compléments tels que des concentrés protéiques. Dans ce sens, les partenaires du projet ont décidé de résumer les bonnes pratiques de fabrication de l'ensilage, car un fourrage de haute qualité (herbe) cultivé sur les propres terres de l'exploitation est une condition préalable à l'obtention d'une autonomie protéique au niveau de l'exploitation.

Les différentes phases de la fermentation (DLG, 2012)

Phase aérobie

La phase aérobie représente le temps pendant lequel l'oxygène restant dans le silo est utilisé par les cellules végétales pour la respiration et par les bactéries aérobies et les levures ou moisissures. En raison de l'activité des enzymes protéolytiques, le niveau d'azote soluble augmente, ce qui va de pair avec la lixiviation des parois cellulaires et donc une perte de matière sèche. La phase aérobie doit être réduite au minimum.

Phase de transition

La phase de transition est caractérisée par l'activité de micro-organismes tels que le clostridium, la listeria, les entérobactéries, différents types de bacilles et les levures qui peuvent se reproduire sans oxygène à des niveaux de pH > 6. Leurs métabolites sont les alcools, l'acide acétique et butyrique et les entérotoxines qui sont indésirables dans le fourrage. Cette phase se poursuit jusqu'à ce que le pH descende en dessous de 6, ce qui ne peut être atteint que si suffisamment de bactéries lactiques sont présentes et commencent à se développer en consommant des sucres.

Phase de fermentation acide

Le succès du processus d'ensilage est déterminé par la teneur en matière sèche de l'herbe, sa teneur en sucre et l'abondance des bactéries lactiques. L'objectif est d'atteindre un pH compris entre 4 et 5 (selon le MS) en un minimum de temps. S'il y a suffisamment de sucres fermentescibles et que la température est comprise entre 10 et 40 °C, les bactéries lactiques commencent rapidement à se reproduire et à synthétiser principalement de l'acide lactique et partiellement de l'acide acétique (selon qu'il y a principalement des bactéries lactiques homo- ou hétérofermentaires). Le faible pH opprime les autres bactéries, seules quelques levures et moisissures peuvent persister, mais à un stade d'inactivité métabolique. Afin de s'assurer que la fermentation des sucres est terminée, le silo doit rester fermé pendant au moins 6 à 8 semaines.

Stabilisation phase

Pendant la phase de stabilisation, l'abondance des bactéries lactiques diminue car leurs nutriments (sucres) sont principalement métabolisés. À un pH <4, aucune autre bactérie anaérobie ne peut se reproduire, de sorte que l'herbe ensilée reste stable au moins aussi longtemps qu'il n'y a pas d'infiltration d'oxygène.

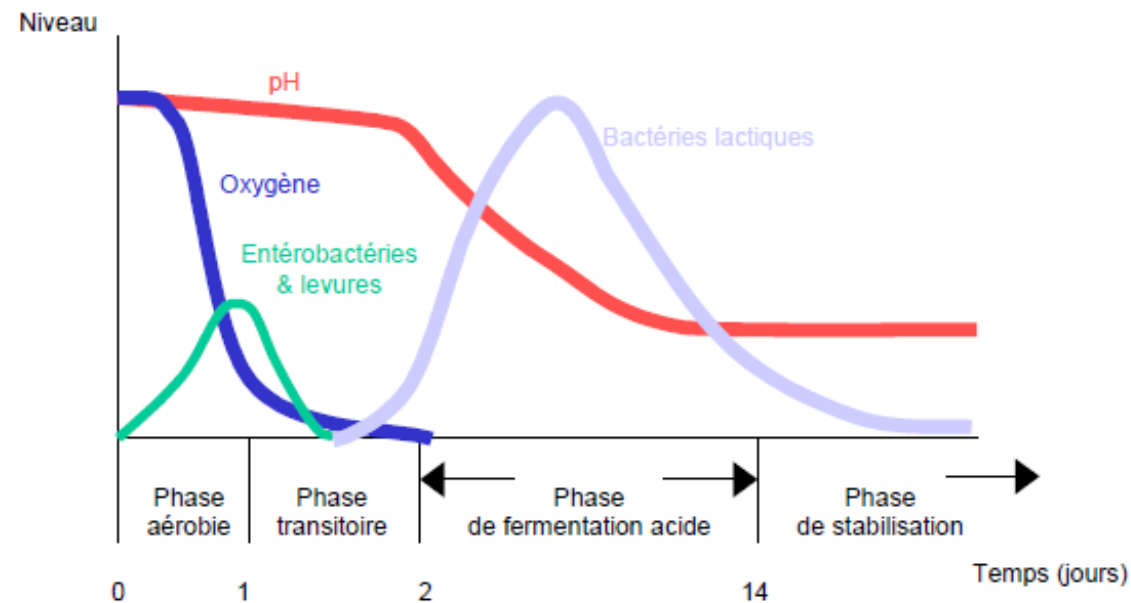


Figure 15: différentes étapes de l'évolution de l'ensilage (Paragon et al.(2004))

Conditions de mise en œuvre

Étapes pour un ensilage d'herbe de bonne qualité

Cultiver de l'herbe de la meilleure qualité possible

"La qualité de votre ensilage dépend de celle de votre récolte" (King, n.d.).

- l'entretien des prairies (Elsäßer, 2005)

Le roulage de printemps et en été pour aplanir le sol et éviter une forte teneur en cendres, en prenant soin de ne pas blesser le terrain. Le roulage doit permettre de presser les racines au sol, pour avoir une meilleure conductivité de la chaleur, en tenant compte de l'humidité réelle du sol et le fauchage après le pâturage sont les aspects les plus importants pour avoir un entretien optimal.

-
- la fertilisation des prairies (Elsässer, 2018)

L'apport de fertilisants est la condition préalable à une population végétale efficace et la base d'un rendement élevé accompagné d'une bonne qualité nutritionnelle d'aliments pour animaux. Il convient d'enregistrer les apports de fertilisants, afin d'éviter leur perte dans l'environnement.

Prendre soin de la récolte

- le stade de maturation de l'herbe et le moment de la récolte (Bonsilage ; DLG, 2012)

Afin de maximiser la qualité de l'ensilage d'herbe, le stade de maturation auquel l'herbe est coupée joue un rôle majeur. La teneur en protéines, la teneur en sucre et la digestibilité sont les plus élevées lorsque les épis sont sur le point d'émerger de la tige. Des teneurs élevées en sucre sont importantes car elles sont une condition préalable à un bon développement des bactéries lactiques et donc à la production d'acide lactique. Une plus grande maturité augmente la récolte de matière sèche par ha, mais réduit la teneur en énergie et en protéines. Comme la lignification des tiges se poursuit, la teneur en fibres brutes augmente au détriment de la digestibilité et de l'appétence. Il est important de trouver le niveau optimal entre la quantité et la qualité.

- Hauteur de coupe (Bonsilage ; Galler, 2011)

La hauteur de coupe permet d'influencer la teneur en cendres de l'ensilage et de réduire l'abondance de bactéries (comme le *Clostridium*) et de spores indésirables. En outre, elle détermine la vitesse à laquelle le couvert peut se reconstituer et recommencer à pousser. Une hauteur de coupe de 7 à 8 cm permet d'atteindre ces deux objectifs. Toutefois, la hauteur de coupe optimale peut varier en fonction de l'état du brin et des variétés prairiales.

- Flétrissement et teneur en matière sèche de l'herbe à la récolte (Bonsilage ; DLG, 2012)

Avec la teneur optimale en matière sèche de l'herbe au moment de la récolte, la teneur en cendres, le compactage et la dynamique de la fermentation peuvent être directement influencés. Dans les ensilages humides (DM < 30 %), le risque de fermentation butyrique est fortement accru, ce qui entraîne une instabilité des stocks et une diminution de l'appétence. Une teneur en MS supérieure à 35 % empêche la présence d'effluents qui représentent une perte potentielle de MS de 0,2 à 0,5 % (Savoie et Jofriet, 2015). Une teneur en MS trop élevée (> 45 %) empêche le compactage du silo et augmente le risque d'altération. Cependant, la durée pendant laquelle l'herbe reste coupée sur le terrain va de pair avec des pertes de qualité. En raison de l'humidité, les bactéries épiphytes restent actives et la respiration cellulaire se poursuit, ce qui s'accompagne d'une dégradation des protéines et d'une perte d'énergie. Le risque de pertes dues à l'effritement des feuilles, en particulier pour les légumineuses, augmente également avec l'augmentation de la teneur en MS. Cela signifie que le flétrissement doit se produire en un minimum de temps pour atteindre la teneur optimale en matière sèche, comprise entre 30 et 40 %.

Le fanage et le conditionnement ont également une influence sur la qualité du fourrage récolté. Le ray-grass perd moins de 2 % de matière sèche (MS) même lorsque le fauchage par fléaux en acier est suivi d'un fanage. D'autre part, les légumineuses et en particulier la luzerne se révèlent très sensibles aux types de récoltes. Lors du fauchage conventionnel, la luzerne perd entre 0,3 % et 1,4 % de MS. Avec les faucheuses-conditionneuses (à rouleau ou à fléau), la luzerne perd entre 3,4 % et 11,7 % de MS. Cela entraîne une perte de plus de 20 % de protéines brutes (PB) pour les faucheuses à fléaux. Ainsi, un fauchage sévère suivi d'un fanage est préférable car il réduit le temps de flétrissement sans affecter les pertes élevées en MS tandis qu'un fauchage moins sévère (rouleaux de caoutchouc) sans fanage est plus approprié pour le flétrissement de la luzerne. La largeur des andains semble avoir un impact positif sur la qualité de la luzerne, car le temps de séchage est réduit (de 60 à 80%). Afin d'augmenter la quantité de glucides dans les légumineuses et de faciliter ainsi la fermentation en silo, des recherches montrent que la coupe l'après-midi augmente la teneur en sucre de la plante de 17 à 22 % en raison de l'activité de photosynthèse (Borreani et al., 2018).

Type de couvert =>	Préservation des feuilles	
	graminées pures ou dominantes	légumineuses pures ou dominantes
Faucheuse classique à plat	++	++
Conditionneuse à rouleaux	++	+ / ++
Conditionneuse à doigts/fléaux agressivité maxi <i>vitesse du conditionneur > 800 tours/min, tôle de conditionnement serrée</i>	-	--
Conditionneuse à doigts/fléaux agressivité mini <i>vitesse du conditionneur < 800 tours/min, tôle de conditionnement deserrée</i>	-/+	-

-- : inadapté / ++ : très adapté

Figure 16: Indications des pratiques de fauchage et de conditionnement de l'herbe et des légumineuses données par Arvalis (Uijtewaal, 2020)

- Longueur de coupe (Bonsilage ; DLG, 2012)

La longueur de coupe a un impact direct sur le compactage du silo. De plus, avec des particules plus courtes, l'accès physique aux réserves de sucre de la plante pour les bactéries lactiques est assuré. Un autre avantage des particules plus courtes est la manipulation pour le mélange des rations. Les particules plus courtes sont plus faciles à mélanger avec d'autres composants pour obtenir un rapport homogène pour le bétail. La longueur de coupe optimale se situe entre 30 et 40 mm.

L'utilisation d'additifs est nécessaire

- Additifs pour l'ensilage

Les additifs pour l'ensilage peuvent être utilisés soit pour améliorer la qualité de la fermentation, soit pour améliorer la stabilité aérobie. La nature des additifs varie en fonction de l'objectif visé. Il existe des additifs d'ensilage biologiques et chimiques. Vous trouverez plus de détails sur les additifs pour l'ensilage dans la fiche d'information "Additifs pour l'ensilage".

Réaliser l'ensilage avec soin et prévoir les risques de perforation

- Compactage du silo (Bonsilage ; Galler, 2011)

Le compactage de l'herbe coupée est de la plus haute importance afin assurer une bonne fermentation et la stabilité aérobie de l'ensilage. L'idée de compacter le silo n'est pas en premier lieu d'expulser l'air résiduel, mais d'éliminer les canaux d'air qui permettraient l'infiltration d'air et le réchauffement de l'ensilage une fois qu'il est ouvert. La valeur de compactage cible peut être calculée par la formule suivante, en fonction du MS de l'herbe récoltée : $(3,5 * MS\%)+90$ (par exemple : $(3,5 * 38)+90= 223$ kg de MS/m³).

La vitesse du chantier de récolte doit être adaptée à la capacité du tracteur de compactage. Un mauvais compactage a des effets néfastes sur la qualité de l'ensilage dès le départ.

Les facteurs ayant un impact sur la densité apparente peuvent être synthétisés comme suit (Borreani et al., 2018).

- Les facteurs ayant un effet positif sur la densité apparente comprennent :
 - L'augmentation du poids total de l'équipement d'emballage
 - L'augmentation du temps passé à emballer par tonne d'ensilage
 - L'augmentation de la hauteur de la masse d'ensilage
- Les facteurs ayant un effet négatif sur la densité apparente comprennent
 - L'augmentation du taux de livraison de l'ensilage au silo
 - L'augmentation de la teneur en MS

- La fermeture du silo (Bonsilage ; Galler, 2011)

Après le compactage, la fermeture du silo assure l'établissement de conditions anaérobies pour la fermentation lactique et qu'aucun air supplémentaire ne peut s'infiltrer dans le silo.

Le silo doit être recouvert d'un film sous-jacent qui adhère à la surface de l'ensilage et d'un film principal étanche au gaz qui doit être consciencieusement lesté. La partie la plus délicate et la plus importante consiste à s'assurer qu'aucun canal d'air ne reste sur les

bords et les parois latérales. Des sacs de sable ou du sable en vrac aident à maintenir les films étanches sur les bords. En général, il est conseillé de mettre un filet sur le dessus pour empêcher les oiseaux et autres animaux de percer le film.

Des bâches peuvent également être utilisées sur le plastique afin de protéger des rayons UV et des dommages physiques et de répartir le poids des sacs de gravier. Il doit y avoir un chevauchement de 1,2 m particulièrement bien pesé au chevauchement des films plastiques ainsi qu'à l'endroit où le plastique rencontre le sol (Borreani et al., 2018).

La fermeture du silo doit être effectuée le plus rapidement possible, car un retard d'un jour entraîne une détérioration des 45 premiers cm. Pour éviter d'autres apports d'oxygène, les perforations dans le plastique d'ensilage doivent être collées avec un matériau adapté (Borreani et al., 2018).

Nourissage : avancez rapidement et faites attention aux infiltrations d'air

- L'ouverture du silo (Bonsilage)

L'ouverture du silo signifie que l'ensilage entre à nouveau en contact avec l'oxygène. Tout d'abord, le silo ne doit être ouvert que dans la mesure où l'ensilage est donné régulièrement. En hiver, il faut retirer 1,5 m et 2,5 m d'ensilage. En été, l'ensilage doit être retiré chaque semaine pour éviter le réchauffement. Plus le front d'attaque est droit et lisse, plus le risque d'infiltration d'air est faible. En été, un silo plus petit avec un front d'attaque étroit permet une progression plus rapide dans le silo et réduit le risque d'échauffement. L'eau de pluie ne doit pas pouvoir s'accumuler au fond ou s'infiltrer dans la partie frontale du silo afin d'éviter sa détérioration.

Il est fortement recommandé de maintenir le bord des âches en plastique uniformément et fortement lesté afin d'éviter que l'air ne pénètre entre le film plastique et l'ensilage. On a constaté que l'air s'infiltrait sous le film plastique des ensilages lestés jusqu'à 7 m, détériorant les premiers 25 cm (Borreani et al., 2018).

- Que faire en cas d'ensilage instable (DLG, 2012)

Si l'ensilage d'herbe n'est pas stable après ouverture (en raison d'une fermentation et d'une réduction du pH inadéquates, d'une mauvaise étanchéité...), les points suivants doivent être pris en compte :

- Augmenter le taux d'alimentation et la progression dans le silo
- Enlever tous les mauvais morceaux dès que le film est retiré
- Des acides stabilisants, tels que l'acide propionique, peuvent être pulvérisés sur le front d'attaque pour nuire aux levures et aux moisissures

Ensilage mixte (Dupont, 2018 ; Galler, 2011)

Certains fourrages sont difficiles à ensiler, en particulier ceux à forte teneur en protéines et à faible teneur en sucre, comme les légumineuses (trèfle, luzerne...) ou les fourrages à forte teneur en fibres et à faible teneur en sucre. Il n'y a pas assez de sucre pour les bactéries lactiques, ce qui signifie que la fermentation ne peut pas se dérouler correctement et que le pH n'atteint pas le niveau souhaité. Comme ces fourrages jouent un rôle important dans l'autonomie des protéines, il peut être intéressant de mélanger des légumineuses ou d'autres fourrages difficiles à ensiler avec des fourrages plus aisés à ensiler. Par exemple, il est possible de mélanger de la luzerne avec de l'herbe riche en sucre. Cependant, la difficulté consiste à synchroniser le moment de récolte. Comme les légumineuses se développent plus tard au printemps, leur récolte peut rarement être synchronisée avec la première coupe d'herbe.

Une autre possibilité est l'association de légumineuses avec des céréales dans une même parcelle. Au moment de la récolte, les céréales doivent se trouver dans leur phase de transition. Cela permet une bonne fermentation puisque l'amidon des céréales se transforme rapidement en acide lactique avec une forte baisse du pH, ce qui permet la conservation des légumineuses. D'autres mélanges tels que l'orge et les pois sont également possibles.

**Performances attendues
et objectivation**

Valeurs de qualité d'un bon ensilage d'herbe (Bonsilage ; Wyss, 2005)

Les valeurs cibles pour les différents paramètres de la qualité de l'ensilage d'herbe sont représentées dans le **Error! Reference source not found.** Nous parlons ici d'un ensilage d'herbe de haute qualité pour les vaches laitières, dans le but d'améliorer l'autonomie en protéines. Les valeurs cibles peuvent être différentes si l'ensilage d'herbe est utilisé dans l'alimentation des bovins à viande ou des vaches laitières.

Tableau 10 : Caractéristiques d'un bon ensilage d'herbe

Paramètres	unité	valeur
matière sèche	%	30-40
cendre	% in MS	< 10
protéine brute	% in MS	15-18
DVE	g/kg MS	> 60
OEB	g/kg MS	20-50
ammonia-N	% of total N	< 8
fibre brute	% in MS	20-25
VEM	VEM/kg MS	880-940
NEL	MJ/kg MS	> 6
acide lactique	g/kg MS	40-80
acide acétique	g/kg MS	10-30
acide butyrique	g/kg MS	< 5
pH		(20-45 % MS) 4.0-5.0
compactage	kg MS/m3	(15-50 % MS) 140-260

Critères d'évaluation sensorielle de la bonne qualité de l'ensilage

Tableau 11: Critères d'évaluation sensorielle pour un bon ensilage (Cuvelier et Dufrasne, s.d.)

	Un ensilage de bonne qualité	Un ensilage de mauvaise qualité
Sentir	Agréable, piquant, aromatique	Désagréable ; odeur d'acide butyrique, d'ammoniaque, d'odeur de moisi ou de renfermé
Couleur	Semblable au fourrage initial lors de l'ensilage, légèrement plus brun	Différent du fourrage initial, jaunâtre
Structure	Identique au fourrage ensilé	Différent du fourrage ensilé
Hygiène	Propre, pas de moisissures	Sali, moisi
Temperature	Pas d'échauffement	Echauffement dans le silo et à l'ouverture du front

Évaluation des pertes potentielles liées à une mauvaise gestion

Des pertes de matière sèche et de qualité (valeur nutritive) peuvent se produire à chaque étape du processus d'ensilage et la différence de qualité entre une gestion optimale et non-optimale peut être énorme. Dans la figure 17, un exemple est donné sur une ferme néerlandaise, mais certains documents montrent des pertes encore plus importantes (Borreani et al., 2018).

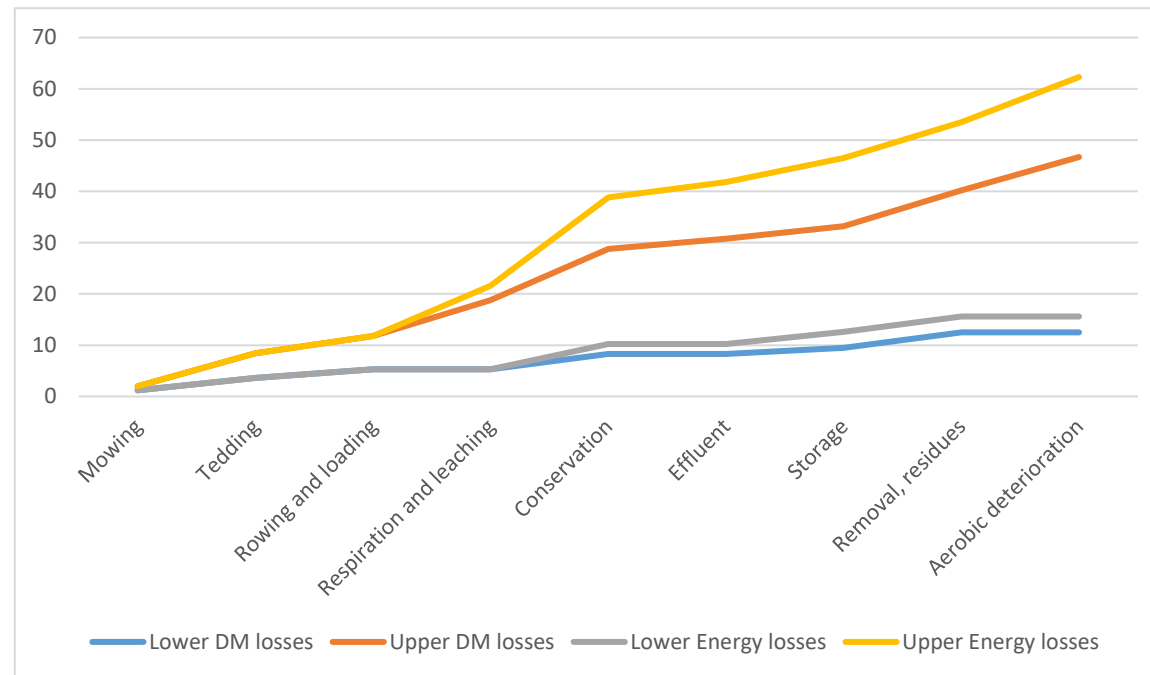


Figure 17: Niveaux supérieur et inférieur cumulés de matière sèche (MS) et pertes totales d'énergie associées à chaque étape du processus d'ensilage (van Schooten et Philipsen, n.d.)

Les pertes de MS minimales associées aux pertes de champ dans l'ensilage d'herbe sont de 5 %, tandis que les pertes de MS associées à tout type de fourrage dans l'ensilage en bunker semblent être d'environ 8 % de l'ensilage à la sortie (Koehler et al., 2013 ; van Schooten et Philipsen, n.d.).

Comme exemple des impacts que ces pertes peuvent avoir sur l'ensemble du système agricole, deux problèmes de conservation de l'ensilage sont modélisés dans le **Error! Reference source not found.**: la détérioration aérobie et la conservation modérée.

Tableau 12: Modélisation de la détérioration aérobie et de la conservation modérée des impacts de l'ensilage sur une exploitation laitière (van Schooten et Philipsen, n.d.)

	Une qualité optimale	Détérioration aérobie	Conservation modérée
Pertes en MS	11.57%	21.77%	19.31%
NH3- fraction du total N (%) (représentation de la protéolyse)	8%	6%	13%
Energie (MJ/kgDM)	6,20	-0.13	-0.17
Achat nécessaire (par vache et suite):			
- Maïs à ensilage (kgDM)	0.460	+73%	-0%
- Concentrés achetés	6.150	+7%	+8%
Admission	100%	-8%	-6%
GHG CO2-eq (kg/kgmilk)	0.996	+0.015	+0.014
Rendement net du travail (€/farm)	8906	- 54%	-36%

Un autre exemple est donné dans le **Error! Reference source not found.** où 25 kg d'un ensilage de bonne qualité permettent de produire 10,1l de lait et un ensilage de mauvaise qualité seulement 3,7l.

Tableau 13: Comparaison a un ensilage d'herbe de bonne et de mauvaise qualité dans le régime des vaches laitières (Cuvelier et Dufrasne, s.d.).

Tableau 8 : Comparaison des apports en MS, MAT, DVE, cellulose et énergie et de la production laitière permise par 25 kg d'ensilage d'herbe préfané d'excellente qualité et 25 kg d'ensilage d'herbe préfané de mauvaise qualité chez une vache laitière de 650 kg

	Ensilage d'herbe préfané d'excellente qualité		Ensilage d'herbe préfané de mauvaise qualité	
	Teneurs	Apports	Teneurs	Apports
MS	45 %	25 x 0,45 = 11,25 kg	45 %	25 x 0,45 = 11,25 kg
MAT	223 g/kg MS	11,25 x 223 = 2 509 g	159 g/kg MS	11,25 x 159 = 1 789 g
DVE	84 g/kg MS	11,25 x 84 = 945 g	44 g/kg MS	11,25 x 44 = 495 g
Cellulose	220 g/kg MS	11,25 x 220 = 2 475 g	300 g/kg MS	11,25 x 300 = 3 375 g
Energie	880 VEM/kg MS	11,25 x 880 = 9 900 VEM	630 VEM/kg MS	11,25 x 630 = 7 088 VEM

Évaluation du degré d'innovation	Cette bonne pratique est appliquée dans les fermes commerciales et testée dans les fermes expérimentales
Catégorisation	Cette innovation concerne : - la gestion des fourrages
Caractérisation basée sur la grille "ALARME"	- Logement (L) : Non - Alimentation (A) : OUI : une meilleure qualité d'ensilage peut mener à une réduction de l'utilisation de concentrés - Régie (R):Non - Microbisme (M) : OUI : une meilleure qualité d'ensilage peut aider à réduire certains troubles métaboliques - Eleveur (E) : OUI : les bonnes pratiques d'ensilage citées demandent certaines connaissances

Obstacles/leviers
Avantage/désavantage

Tableau 14: Obstacles, leviers, avantages et inconvénients des différents types d'ensilage d'herbe

Type de silo	Impacts
Silo boudin	- Excellente qualité - Relativement coûteux - Densité plus élevée (20 à 30 % par rapport au silo-couloir)
Silo en forme de tour	- Pas très courant en Europe - Un grand volume sur une surface restreinte - Une personne suffit pour remplir le silo - Pas de tassement ou de fermeture nécessaire
Silo couloir	- Evolution de la qualité du fourrage via le front d'attaque
Silo taupinière	- Introduction de la terre avec le tassement au moyen d'un tracteur - Difficultés pour le tassement des extrémités - Moins étanche que le silo-couloir - Le moins cher
Enrubannage	- Bonne qualité - Fermentation hétérogène entre les boules - Fragile : si le plastique est cassé par des rongeurs, l'ensilage perdra en qualité - On peut utiliser moins de tassement lors de la fabrication de l'ensilage, ce qui entraîne une fermentation moindre (pH de 5 contre 4 pour l'ensilage préfané). Les additifs pour l'ensilage peuvent aider à stabiliser le fourrage en balles.

Caractérisation basée sur la grille "ESR	Cette bonne pratique est une amélioration de l'efficacité
Sources	Borreani G., E. Tabacco, R.J. Schmidt, B.J. Holmes et R.E Muck, 2018: Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. Journal of Dairy Science 101, 3952–3979. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837 Cuvelier C. et I. Dufrasne, n.d. : L'ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIÈRE, Livret de l'agriculture. King J.R., n.d.: Management Practices to Optimize Silage Quality and Yield 11. Koehler B., M. Diepolder, J. Ostertag, S. Thurner et H. Spiekers, 2013: Dry matter losses of grass, lucerne and maize silages in bunker silos. Agricultural and Food Science 22, 145–150. https://doi.org/10.23986/afsci.6715 Savoie P. et J.C. Jofriet, 2015: Silage Storage, in: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (Eds.), Agronomy Monographs. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI, USA, pp. 405–467. https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c9 Scohy D., 2017 : Ensilage Quel silo choisir pour mon ensilage ? [WWW Document]. Web-agri. URL http://www.web-agri.fr/conduite-elevage/culture-fourrage/article/quel-silo-choisir-pour-mon-ensilage-1178-129766.html (accessed 5.15.20). Uijtewaal A., 2020 : Prairies : comment limiter les pertes lors de la récolte du foin ? [WWW Document]. URL https://www.arvalis-infos.fr/reussir-la-recolte-en-foin-de-graminees-ou-de-legumineuses-@/view-27561-arvarticle.html (accessed 5.20.20). Van Schooten H. et B. Philipsen, n.d. Grass silage management affecting greenhouse gas emissions and farm economics 2. Bonsilage, Grass Silage Handbook- A guide to successful grass silage, accessed 01.10.2019, www.bonsilage.de Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), 2012: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 8. Auflage, Frankfurt am Main: DLG-Verlag, Deutschland. Galler J.: Praxisratgeber- Silagebereitung von A bis Z, Grundlagen-Siliersysteme-Kenngrößen, Landwirtschaftskammer Salzburg 1.Auflage, 2011 Dupont A., 2018 : Les associations céréales-protéagineux pour produire plus de protéines à l'hectare. <i>TERRA</i> 25–29 Paragon B.M., J.-P. Andrieu, P. Brunschwig, F. Gaillard, D. Griess, V. Heuchel, B. Piriou, P. Weiss et S. Valentin, 2004 : Bonnes pratiques de la fabrication de l'ensilage pour une meilleure maîtrise des risques sanitaires, afssa, Maisons-Alfort cedex Wyss U.: Beurteilung von Silagen- Merkblatt für die Praxis (2005), ALP aktuell Nr.18, Agroscope Liebefeld-Posieux Elsäßer M.: Grünlandpflege - sachgemäß und effektiv (2005), Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft, Aulendorf Elsäßer, M. et J. Messner: Merkblatt 13 Düngung von Wiesen, Weiden und Feldfutter (2018), Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Aulendorf
Auteurs	Audrey Feyder, Caroline Battheu-Noirefalise, Sylvain Hennart

6. Conclusions

La création d'une liste d'innovation est un long processus qui nécessite de nombreuses sources et recherches. En effet, pour identifier et caractériser les innovations les plus intéressantes, qui peuvent jouer un rôle dans l'amélioration de l'autonomie protéique des exploitations laitières, nous avons utilisé comme informations une revue de la littérature grise et scientifique existante et des interviews d'experts et d'agriculteurs dans les régions concernées par le projet. À la fin du processus, les innovations ont été notées, sélectionnées ou rejetées et classées par le consortium.

Sur la base de 740 publications, de 318 articles scientifiques et de 422 ouvrages de littérature grise, une première liste de 49 innovations "principales" potentielles, qui pourraient éventuellement contenir des sous-catégories d'innovations, a été proposée pour être notée et discutée par le consortium. La littérature blanche et la littérature grise étaient toutes deux nécessaires, mais pour élargir notre point de vue, des références complémentaires ont également été demandées aux experts lors de leur entretien ouvert (voir le résultat 4.2). La notation de l'innovation a permis d'identifier les innovations les plus pertinentes. La notation a été effectuée en attribuant un niveau allant de totalement pertinent (+10) à totalement non pertinent (-10) par chaque membre du consortium et pour chaque innovation. Cela a permis de classer les innovations et de se concentrer sur leur importance. Néanmoins, ce critère n'était pas suffisant pour décider si l'innovation potentielle ferait ou non partie de la sélection finale. En effet, lors des discussions, il est apparu que les représentants des différentes régions pouvaient avoir un avis très opposé selon l'état de connaissance d'une innovation spécifique dans la région concernée. Cela explique pourquoi certaines innovations ayant obtenu un mauvais score ont quand même été sélectionnées. Sur les 49 innovations "principales" proposées, 31 ont été sélectionnées.

Les similitudes entre les innovations ont ensuite été analysées afin de trouver des modèles permettant d'élaborer une typologie. Deux échelles d'impact sur l'autonomie en protéines ont été jugées importantes : régionale et à la ferme. Ensuite, trois catégories d'innovations ont été identifiées : (i) produire plus de protéines, (ii) améliorer l'efficacité de l'utilisation et (iii) réduire les besoins, ce qui montre que l'augmentation de la production de protéines n'est pas le seul angle d'approche en termes d'autonomie protéique. Par ailleurs, 5 étapes d'action précises ont été détaillées : la production de protéines locales (a), la production de protéines à la ferme (b), la conservation des protéines (c), l'ingestion de protéines (d), la valorisation des protéines (e) et enfin la réduction des besoins en protéines (f). Sur les 31 innovations sélectionnées, 7 innovations concernent l'action a, 9 l'action b, 6 l'action c, 2 l'action d, 5 l'action e et 2 l'action f.

L'établissement d'une définition commune du terme "innovation" a constitué une base de travail solide. Quoi qu'il en soit, lorsque les innovations ont été discutées, nous avons réalisé que certaines pratiques qui n'entraient pas dans cette définition étaient également importantes. Cela a conduit à la création de deux ensembles de "bonnes pratiques", qui ont été signalées comme étant cruciales pour mettre en œuvre d'autres innovations. En outre, nous avons réalisé que toutes les innovations sélectionnées n'étaient pas directement applicables dans une exploitation. Ainsi, les innovations sélectionnées ont été divisées en deux catégories : les innovations "expérimentales", qui sont des innovations prometteuses sur une base théorique mais qui ne sont pas encore suffisamment testées pour être proposées de manière sûre aux agriculteurs, et les innovations "adaptables à la ferme", qui sont des innovations pour lesquelles il existe suffisamment d'informations et de lignes directrices pratiques pour les mettre en œuvre de manière régulière dans les exploitations. En conséquence, les 31 innovations sélectionnées ont été divisées en 2 bonnes pratiques, 6 innovations expérimentales et 23 innovations applicables dans les exploitations agricoles.

L'un des objectifs du WP4 était de créer des fiches techniques des innovations sélectionnées à destination des agriculteurs. Cependant, sur les 23 innovations sélectionnées qui étaient "applicables à la ferme", 10 étaient déjà décrites dans les projets locaux AUTOSYSEL et PROTECOW. Par conséquent, seules 13 innovations et les 2 bonnes pratiques sont décrites plus en détail sur la base de la documentation recueillie et des entretiens avec des experts et des agriculteurs innovants (voir le résultat du livrable 4.2). Celles-ci seront publiées dans un bref délai sous la forme d'un dépliant destiné aux agriculteurs (communication de l'action 7).

Annexe: Liste des mots utilisés dans la recherche de bibliographie scientifique

Categorie	Mots clés
Production de fourrage	Semis sous couvert; Luzerne ; Trèfle violet ; Temps de récolte ; Massaï ; Andain ; Fractionnement ; Céréales immatures ; Fourrage riche en protéines ; Maïs associé ; Cultures dérobées ; Chicorée ; Niébé ; Plantin ; Fourrage de colza ; Betterave fourragère ; Kale ; Céréales germées
Pâturages et alimentation verte	Pâturage ; Herbomètre ; Techniques de pâturage ; Gestion des pâturages ; Robot de traite ; Prairie temporaire ; Mélange de pâturages
Conservation des fourrages	Récolte ; Andain ; Récolte précoce ; Temps de récolte ; Andain large ; Flétrissage ; Séchage du foin en grange ; Additifs pour l'ensilage ; Inoculant microbien ; Qualité de l'ensilage ; Ensilage mixte ; Ensilage de maïs traité à l'urée ; Ensilage de légumineuses ; Traitement acide
Concentrés de protéines à la ferme	Transformation à la ferme ; Tourteau de colza ; Production locale de soja ; Féveroles ; Féveroles toastés ; toastage à la ferme ; Lupin ; Extrusion
Produits et coproduits industriels	Silo unique ; silo RTM ; colza ; DDGS ; Céréales de distillerie ; gluten feed ; Lactosérum ; Produits dérivés de la pomme de terre ; Produits dérivés de la betterave sucrière ; Pois et haricots ; Levure ; Protéines microbiennes dérivées de la levure ; Graine de chanvre ; Graine de lin ; Graine de colza ; Floconnage ; Broyage ; Traitement thermique ; Granulation ; Protéines tannées ; Algues ; Insectes ; Marc de pomme, Sous-produits d'agrumes, Sous-produits de la tomate
Gestion des troupeaux	Chargement ; Vêlage précoce ; Vêlage groupé ; saison de vêlage; Génétique; longévité; génisses; lactation longue; tarrissement court, Croisement ; Réduction de la productivité laitière ; Agriculture intelligente ; Procross ; Race ; Longévité
Composition du ration	Réduction d' OEB; Ration équilibrée ; Alimentation de précision ; Efficacité protéique ; Acides animés ; Acides aminés essentiels ; Complément de lysine ; Complément de méthionine ; Protéine protégée dans le rumen ; Urée protégée ; Urée à libération lente ; Protéine de dérivation ; Synchronisation des nutriments ; Niveau d'urée



Lycée Technique
Agricole



AutoProt est une coopération de 10 partenaires :

CONVIS Société Coopérative, Luxembourg

Lycée Technique Agricole. Luxembourg

Institut de l'Élevage, France

Chambre d'Agriculture de la Moselle, France

Chambre d'Agriculture des Vosges, France

Centre Wallon de Recherches Agronomiques, Belgique

Association Wallonne de l'Élevage asbl (AWE; asbl), Belgique

Centre de Gestion du SPIGVA ASBL, Belgique

Landwirtschaftskammer für das Saarland, Allemagne

Landwirtschaftskammer Rheinland-Pfalz, Allemagne