

Protection du climat dans l'élevage bovin

Résultats du projet Protection du climat dans le secteur bovin



agridea

ENTWICKLUNG DER LANDWIRTSCHAFT UND DES LÄNDLICHEN RAUMS
DÉVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE ET DE L'ESPACE RURAL
SVILUPPO DELL'AGRICOLTURA E DELLE AREE RURALI
DEVELOPING AGRICULTURE AND RURAL AREAS

échanger | comprendre | progresser

Impressum

Éditeur	AGRIDEA Eschikon 28 • CH-8315 Lindau T +41 (0) 52 354 97 00 • F +41 (0) 52 354 97 97 kontakt@agridea.ch • www.agridea.ch
Auteurs	Bettina Koster, Jasmin Hufschmid, AGRIDEA
Donneurs d'ordre	Interprofession du lait (Stefan Kohler), Proviande (Heiri Bucher)
Groupe de pilotage	Aaremilch (Rudolf Bigler), Agridea (Ueli Ryser, Pascal Python), Agroscope (Daniel Bretscher), CTEBS (Michel Geinoz), Bio Suisse (Corinne Wälti), Interprofession du lait (Stefan Kohler, Michael Grossenbacher), Office fédéral de l'agriculture OFAG (Adrian Aebi, Daniel Felder), Elsa (Lukas Barth), Emmi (Manuel Hauser, Peter Meier), HAFL (Jan Grenz), IP-Suisse (Sarah Hofmann, Lukas Barth), KLIR (Andreas Stämpfli), Mircarna (Pirmin Aregger), Mooh (Andreas Zweifel), Vache Mère Suisse (Urs Vogt), Proviande (Heiri Bucher, Blaise Perrey), Union Suisse des Paysans USP (Diane Gossin, Hannah Hofer), PSL (Pierre-André Pittet), Swiss Beef (Thomas Jäggi), WWF (Daniela Hoffmann), ZMP (André Ber-net)

© AGRIDEA, 13 mars 2022

Sauf autorisation expresse de l'éditeur, il est interdit de photocopier ou de reproduire de quelque manière que ce soit tout ou partie de la présente brochure.

Toutes les informations contenues dans la présente publication sont fournies sans garantie.

Seule la législation correspondante est déterminante.

Merci aux mandants, aux membres du groupe de pilotage, aux collaborateurs d'Agridea ainsi qu'aux autres spécialistes du réseau pour leur engagement et les discussions techniques animées.

Table des matières

1	Introduction.....	5
1.1	Situation initiale, objectifs, conditions-cadres.....	5
1.2	Matériel et méthode.....	5
1.3	Structure du rapport.....	6
2	Affouragement.....	7
2.1	Conclusion bonnes pratiques d'affouragement agricole.....	7
2.2	Conclusion utilisation d'aliments concentrés respectueuse du climat.....	9
2.3	Conclusion additifs alimentaires.....	10
2.4	Prise en compte de l'affouragement dans les projets.....	11
3	Gestion des troupeaux.....	12
3.1	Conclusion production par jour de vie.....	12
3.2	Conclusion sélection & produit viande associé.....	14
3.3	Prise en compte de la gestion des troupeaux dans les projets.....	14
4	Gestion des engrais de ferme.....	15
4.1	Conclusion gestion des engrais de ferme.....	15
4.2	Prise en compte de la gestion des engrais de ferme dans les projets.....	16
5	Stockage du carbone.....	18
5.1	Conclusion stockage du carbone.....	18
5.2	Prise en compte du stockage du carbone dans les projets.....	19
6	Utilisation de l'énergie.....	20
6.1	Conclusion utilisation de l'énergie.....	20
6.2	Prise en compte de mesures énergétiques dans les projets.....	20
7	Potentiel de réduction.....	22
8	Connaissances à approfondir.....	24
	Bibliographie.....	25

1 Introduction

1.1 Situation initiale, objectifs, conditions-cadres

Divers acteurs du secteur bovin s'efforcent de faire avancer les questions de protection du climat. Ces dernières années, de nombreux projets se sont emparés de ce sujet en Suisse. Certains d'entre eux sont déjà terminés, d'autres sont encore en cours ou en phase de planification.

Dans ce contexte, Proviande et l'Interprofession du lait ont décidé de commander un projet commun devant servir de base au développement des activités de protection du climat dans les filières.

L'objectif du projet est d'élaborer une compréhension commune du thème de la protection du climat au sein du secteur bovin. Le présent rapport sert de base technique à la discussion dans les différentes filières. Il contient un état des lieux des mesures de protection du climat possibles dans le secteur bovin ainsi qu'un aperçu des résultats et des conclusions des programmes et projets en cours en lien avec la protection du climat.

Les conclusions réunies dans ce rapport doivent aider à coordonner les activités au sein des filières lait et/ou viande et à identifier les lacunes en matière de recherche. Au final, le rapport constituera une base solide pour soutenir les activités des interprofessions dans le domaine de la protection du climat.

Les réflexions reposent sur les **conditions-cadres** suivantes:

- Les mesures doivent être analysées à l'échelle globale de la production de lait et de viande dans le secteur bovin;
- les mesures doivent avoir un impact positif en termes d'optimisation relative (par kg de produit) et d'optimisation absolue des GES (par exploitation, émissions totales par secteur);
- la quantité de lait et de viande produite doit rester inchangée;
- les mesures dans le domaine de l'évolution des systèmes alimentaires ainsi que dans celui de la compétition feed/food ne sont pas prises en compte.

1.2 Matériel et méthode

Méthodologie:

- **Analyse des rapports de projet:** dans un premier temps, les activités et projets climatiques pertinents pour le projet ont été regroupés. Il s'agissait des projets AgroCO2ncept Flaachthal, Développement des systèmes à points pour le lait des prés et la protection du climat d'IP-SUISSE, Production de lait ménageant le climat et les ressources KLIR et Système de production de lait durable (ELSA).
- En complément des rapports de projet, des **entretiens ciblés ont été menés avec les acteurs des projets**. Ils ont permis de mieux comprendre les résultats des projets et ont été particulièrement importants lorsque les conclusions n'avaient pas encore été rédigées sous forme de texte.
- **Recherche bibliographique:** étant donné que les projets climatiques ont été décrits avec différents niveaux de détails et que certains étaient déjà un peu plus anciens, on a recherché des publications actuelles sur les mesures considérées comme pertinentes. Une recherche bibliographique a par ailleurs permis d'identifier de nouvelles mesures, par exemple les additifs alimentaires inhibant le méthane, qui n'avaient pas encore été prises en compte dans les projets précédents. Ces mesures ont été contrôlées et incluses dans la synthèse des mesures.
- **Entretiens avec des spécialistes:** outre la recherche bibliographique, des entretiens ont été menés avec des spécialistes des interprofessions, du secteur privé et de la recherche. Ils ont permis d'obtenir une vue d'ensemble des activités prévues au sein du réseau et d'évaluer la faisabilité des mesures.
- **Regroupement des résultats existants:** les informations issues des projets terminés et en cours, des nouvelles publications et des entretiens avec des spécialistes, ont été rassemblées sous forme de tableau.
- **Calcul du potentiel de réduction:** pour la plupart des mesures analysées, il a été possible d'estimer un potentiel de réduction au niveau du secteur bovin dans son ensemble. Pour ce faire, le potentiel de réduction théorique a d'abord été estimé grossièrement, puis le potentiel de réduction a été quantifié. Les calculs représentent des estimations approximatives. L'objectif était de mettre en évidence les effets de levier des différentes mesures et de les mettre en relation les uns avec les autres. Pour l'estimation, on a toujours supposé que tout le potentiel de réduction théorique était exploité pleinement (indépendamment du degré de réalisme). Le potentiel de réduction est représenté dans l'illustration 2.

1.3 Structure du rapport

Le présent rapport est composé comme suit: les mesures jugées pertinentes au cours du projet sont réparties en cinq modules: Affouragement, Gestion des troupeaux, Gestion des engrais de ferme, Stockage du carbone et Utilisation de l'énergie. Les mesures y sont décrites sous forme de tableau par niveau d'efficacité (exploitation individuelle), possibilité d'optimisation (secteur bovin), potentiel de réduction en kt d'éq. CO₂, type d'exploitation ainsi que synergies et conflits d'objectifs. Les principales conclusions sont présentées pour chaque module. Les mesures mises en œuvre dans les projets existants sont en outre présentées sous forme de tableau. Le chapitre 7 présente le potentiel de réduction sous la forme d'une vue d'ensemble (Illustration 2) ainsi qu'une interprétation détaillée. Les lacunes au niveau des connaissances sont ensuite décrites.

Rapport technique: les informations des tableaux Tableau 1, Tableau 3, Tableau 5, Tableau 7 et Tableau 9 sont décrites en détail dans le rapport technique. Celui-ci est mis à disposition sur le site Internet d'AGRIDEA¹.

¹ <https://www.agridea.ch/fr/themes/changement-climatique/> → Projets terminés

2 Affouragement

Tableau 1: Vue d'ensemble des mesures d'affouragement. Justification de l'évaluation: voir rapport technique.

Mesures	Niveau d'efficacité (exploitation individuelle)	Possibilité d'optimisation (secteur bovin)	Potentiel de réduction en kt d'éq. CO2 (secteur bovin)	Type d'exploitation	Santé animale	Biodiversité	PPS	Azote	Phosphore	Comp. feed/food	Rentabilité	La Suisse – pays d'her-	Politique agricole
Bonnes pratiques d'affouragement agricole													
Optimiser la performance à partir du fourrage de base	Très faible	+	Non calculé	Tous									
Efficacité azotée de l'affouragement	Très faible	+	70	Lait									
Utilisation d'aliments concentrés respectueuse du climat													
Soja certifié (par rapport au soja non certifié provenant du BR)	Important	0	0	Tous									
Soja du Danube (comparé au soja certifié provenant du BR)	Très faible	+	0,0064	Tous									
Additifs alimentaires													
Bovaer	Très important	++	Lait: 578 Vaches allaitantes: 131 Engraissement: 253	Tous									
Graines de lin	faible – moyen	+	Pas de données	Tous									
Agolin	Important	+	Lait: 191 Vaches mères: 43 Engraissement: 89	Tous									

Légende: impact sur les indicateurs

■	Effet positif (synergie)
■	Effet plutôt positif (synergie)
■	Pas d'effet
■	Effet plutôt négatif (conflit d'objectifs)
■	Effet négatif (conflit d'objectifs)
■	Opinions divergentes sur l'effet

Légende: possibilité d'optimisation

0	Aucun potentiel de réduction
+	Potentiel de réduction existant
++	Important potentiel de réduction existant

2.1 Conclusion bonnes pratiques d'affouragement agricole

Des **performances laitières élevées à partir du fourrage de base** doivent en principe être l'objectif pour tous les types d'exploitation. La production suisse de lait accorde une grande importance à des performances laitières élevées à partir du fourrage de base. C'est ce que prouvent les chiffres des exploitations laitières qui participent au programme Herd Support de l'UFA. Leur production moyenne de fourrage de base est passée de près de 6200 kg en 2015 à 6800 kg en 2017. Il s'est par ailleurs avéré que les bonnes exploitations herbagères et les bonnes exploitations à haut potentiel trayaient à peu près autant de lait à partir du fourrage de base. Pour des productions laitières supérieures à 6500 kg, la consommation d'aliments concentrés est simplement plus élevée (Meier, 2018).

La comparaison des systèmes de Hohenrain a montré qu'il existe de grandes différences de productivité entre les exploitations utilisant des aliments concentrés comparables. Cela indique concrètement que la performance est influencée par d'autres facteurs tels que la qualité du fourrage de base, le potentiel génétique des vaches laitières, la gestion de l'exploitation ou encore l'emplacement (Mulser et al., 2018, voir Illustration 1). La variabilité de l'utilisation du fourrage au sein des systèmes étudiés indique un potentiel d'amélioration considérable, par exemple en ce qui concerne la gestion et l'adaptation de la génétique chez les vaches laitières. Une consommation modérée d'aliments concentrés et une grande part d'herbe fraîche permettent d'atteindre des productions laitières relativement élevées (Mulser et al., 2018).

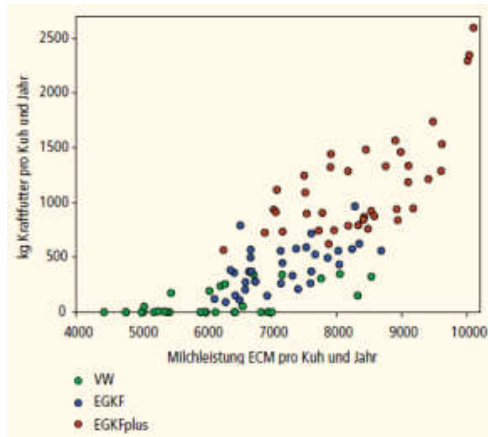


Illustration 1: diverses productions laitières ont été atteintes avec la même quantité d'aliments concentrés (Mulser et al., 2018)

En mettant l'accent sur la protection du climat, l'objectif est de réduire les besoins en aliments concentrés grâce à une optimisation des performances du fourrage de base, sans pour autant réduire la production.

La mesure *Augmentation de la productivité laitière à partir du fourrage de base* ne présente pas de conflit d'objectifs apparent. Des performances laitières élevées à partir du fourrage de base nécessitent une culture fourragère professionnelle de haut niveau et d'une certaine intensité. Cela entraîne un risque potentiel de pertes d'éléments fertilisants et donc des répercussions négatives sur la biodiversité. Dans le même temps, une réduction des aliments concentrés a un effet positif sur les objectifs biodiversité, PPS et pertes d'éléments fertilisants.

L'expérience acquise dans le cadre des projets montre que le potentiel de réduction concernant la productivité laitière à partir du fourrage de base ou l'optimisation de la quantité d'aliments concentrés utilisée doit être déterminé au cas par cas pour chaque exploitation – de préférence avec l'aide d'un conseil sur l'exploitation.

Il n'a pas été possible de quantifier un potentiel de réduction pour la mesure *Augmentation de la productivité laitière à partir du fourrage de base* en raison d'un manque de données.

La mesure *Efficacité azotée de l'affouragement* est actuellement mise en œuvre dans le cadre de la trajectoire de réduction des éléments fertilisants (In. pa. 19.475). Pour réduire les émissions d'ammoniac, la réduction des excédents d'azote dans les excréments est un levier efficace (AGRIDEA, 2021). Le thème de l'efficacité azotée de l'affouragement est important pour l'ensemble du secteur du bétail bovin. Cette mesure est toutefois surtout discutée dans la production de lait, car les données sur la teneur en urée du lait y sont collectées de manière standardisée dans le cadre des analyses laitières. La teneur en urée du lait est un indicateur des excédents d'azote. Elle dépend principalement de la teneur en protéines du fourrage. Celle-ci varie fortement au cours de la saison, surtout dans le cas d'un affouragement à base d'herbe. L'optimisation de la teneur en urée du lait devrait être encore davantage prise en compte lors du conseil en affouragement (AGRIDEA, 2021).

En conclusion, on peut dire que le développement de productions laitières élevées à partir du fourrage de base ainsi que l'augmentation de l'efficacité azotée de la ration sont importants pour la protection du climat et surtout pour une production durable en général. Le soutien de ces stratégies par le biais de programmes permettant de dégager une valeur ajoutée s'avère toutefois exigeant, car les potentiels de réduction sont définis de préférence au cas par cas pour chaque exploitation et avec l'aide du conseil.

2.2 Conclusion utilisation d'aliments concentrés respectueuse du climat

Le thème des aliments concentrés fait l'objet de vives discussions. Il est clair que les exploitations suisses utilisent moins d'aliments concentrés que dans d'autres pays (IP-Lait, 2021a, 2021b).

Les trois points suivants sont pertinents pour la discussion autour d'une utilisation optimale d'aliments concentrés pour le climat:

- **Émissions grises** : la culture et le transport d'aliments concentrés sont néfastes pour le climat (Haupt et al., 2018). Les émissions de GES proviennent de la culture, du travail du sol et de la récolte, du défrichement de la forêt vierge et de la consommation d'énergie pour la fabrication de semences, de produits phytosanitaires et d'herbicides. D'autres émissions de CO₂ sont générées par le transport des aliments concentrés (Baur & Krayer, 2021; Dudda, 2021; Grenz & Angnes, 2020).
- **Les aliments concentrés permettent d'atteindre des productions élevées**: l'utilisation d'aliments concentrés dans la production de lait et de viande permet d'accroître les performances et d'obtenir des rendements importants (Notz et al., 2013). Un niveau de production élevé – associé à des animaux ayant une grande longévité – a un effet positif sur la production totale et la production par jour de vie des animaux.
- **La densité énergétique de la ration influence la formation de méthane**: une plus grande proportion d'aliments concentrés dans la ration entraîne en principe une plus grande proportion d'amidon et moins de fibres fermentescibles (à partir desquelles les micro-organismes produisent le méthane). On peut donc théoriquement argumenter qu'une proportion élevée d'aliments concentrés dans la ration réduit la production de méthane. Toutefois, la production de méthane n'est sensiblement réduite que dans le cas de rations très riches en aliments concentrés (plus de 80 %). La méthode du GIEC tient compte de cet effet en distinguant les rations contenant respectivement >90 % et <90 % d'aliments concentrés. En ce qui concerne les quantités d'aliments concentrés utilisées en Suisse, l'effet décrit est négligeable (Kreuzer, 2020). Köke et al. (2021) ont retenu comme valeur de référence que les émissions de GES provenant de la digestion diminuent en cas d'augmentation des quantités d'aliments concentrés, mais que les émissions grises augmentent en parallèle.

Si l'objectif est de réduire les émissions totales d'une exploitation ou d'une branche d'exploitation (réduction absolue), une réduction des quantités d'aliments concentrés utilisés a des répercussions positives sur les émissions de GES par exploitation/branche d'exploitation (même si cela s'accompagne d'une baisse de production). Cela s'explique par la réduction des émissions grises dues à la culture, au transport et à la fabrication des aliments concentrés. En revanche, si l'objectif est d'optimiser les émissions de GES par kg de produit (réduction relative), une réduction des aliments concentrés – dès qu'elle se traduit par une réduction de la production – a un effet négatif sur les émissions de GES par kg de produit. Toutefois, Köke et al. (2021) ont pu démontrer lors de l'analyse de sensibilité réalisée à l'aide de l'outil KLIR que la variation de la quantité d'aliments concentrés utilisée n'a qu'une faible influence sur les émissions par kg de lait ainsi que sur les émissions globales de l'exploitation.

L'utilisation d'aliments concentrés respectueuse du climat doit avoir pour premier objectif de compléter une utilisation optimale du fourrage de base et non de compenser le manque de fourrage de base. Les rations doivent être équilibrées. Les **sous-produits alimentaires** doivent être privilégiés pour équilibrer les rations. Une utilisation accrue de sous-produits alimentaires dans l'affouragement du bétail bovin est toutefois limitée aujourd'hui par le manque d'offre (Wasem & Probst, 2020).

Néanmoins, il convient de toujours utiliser les aliments concentrés qui génèrent le moins d'émissions grises. Les investigations ont montré que c'est surtout le potentiel de rendement qui est déterminant pour l'empreinte carbone des composants fourragers. D'un point de vue climatique, il est donc plus efficace de produire le fourrage là où les rendements sont élevés en raison des conditions climatiques et de l'emplacement. La même interaction s'applique à la culture d'aliments concentrés sur l'exploitation. Lorsque l'on produit au maximum soi-même les composants fourragers, les émissions absolues de GES de l'exploitation s'améliorent car on importe moins de fourrage. Dans le même temps, les émissions de GES augmentent dans l'ensemble du système, car le niveau de rendement – en particulier pour les cultures de protéines – est généralement inférieur en Suisse à celui des régions de production traditionnelles à l'étranger. En ce qui concerne d'autres objectifs de développement durable, comme par exemple le bouclage des cycles de nutriments, la culture sur son exploitation est toutefois judicieuse.

Le soja fait l'objet de discussions intenses et a donc été mis spécialement en lumière. La grande optimisation de l'empreinte carbone a été obtenue grâce au remplacement du soja non certifié par du soja certifié². 96 % du soja d'outre-mer utilisé en Suisse est certifié. Le potentiel de réduction est ainsi exploité pleinement. L'empreinte carbone du soja non certifié d'outre-mer est de 4,31 kg d'éq. CO₂, celle du soja certifié de 0,33 kg d'éq. CO₂ (Alig et al., 2015). Théoriquement, une autre possibilité serait d'optimiser davantage l'empreinte carbone en remplaçant le soja certifié d'outre-mer par du soja du Danube. Cela permettrait de réduire les émissions de GES dues au transport. Le potentiel de rendement est toutefois généralement plus faible en Europe et l'empreinte carbone du soja du Danube

² Le soja certifié garantit que la culture a été effectuée sur des surfaces déjà cultivées avant 2004 et qu'aucune nouvelle surface n'a par conséquent été défrichée.

est donc même plus élevée selon le pays d'origine. Mais en termes de durabilité générale, le soja du Danube est clairement préférable au soja certifié d'outre-mer.

En conclusion, on peut dire que l'optimisation des rations doit être analysée au cas par cas pour chaque exploitation, de préférence avec l'aide du conseil. Pour la filière bovine, le potentiel se dessine donc en premier lieu au niveau de l'origine des aliments concentrés. Concrètement, le soja du Danube – c'est-à-dire le soja cultivé en Europe – représente une alternative intéressante au soja certifié brésilien pour une production durable. Contrairement au soja certifié, l'utilisation du soja du Danube n'a pas encore été prise en compte dans les projets passés et en cours. Les principaux avantages résident dans la réduction des conflits d'objectifs dans les domaines de la biodiversité, de l'utilisation des PPS et du social. S'agissant de la protection du climat, l'utilisation de soja du Danube provenant d'un pays européen ayant des rendements élevés permet seulement d'obtenir une amélioration minimale. Si l'on élargit la perspective de l'évaluation aux aspects de compétition feed/food et excédents d'éléments fertilisants, il s'agit avant tout d'optimiser l'utilisation d'aliments concentrés.

2.3 Conclusion additifs alimentaires

D'une manière générale, des potentiels intéressants se dessinent au niveau des additifs alimentaires inhibant le méthane. Les additifs agissent de différentes manières sur les micro-organismes méthanogènes dans la panse des ruminants, et promettent des réductions importantes, voire très importantes, des émissions issues de la fermentation entérique.

Pour les groupes de produits naturels tels que les oléagineux, les substances végétales secondaires ou les huiles essentielles, il est difficile de quantifier l'effet. Parmi les additifs naturels, on trouve notamment l'Agolin et le Mootral. Par ailleurs, les graines de lin sont utilisées comme additif alimentaire inhibant le méthane. En ce qui concerne les additifs qui nécessitent une surface cultivée pour leur fabrication, il convient de tenir compte des aspects de la compétition feed/food.

L'Agolin est un mélange de différents extraits de plantes. Divers fournisseurs d'aliment minéral proposent des mélanges contenant de l'Agolin. Avec le produit UFA 295 Biotine ESCF, UFA propose également un aliment minéral à base d'Agolin. Les droits de réduction des émissions doivent toutefois être intégralement cédés à fenaco en cas d'utilisation de fourrage minéral UFA 295 Biotine ESCF. L'organisation des producteurs de lait mooh a lancé en novembre 2021 un programme climatique qui encourage l'utilisation d'Agolin. Les membres de mooh peuvent utiliser l'un de ces aliments minéraux répertoriés et le déclarer. À l'aide d'un programme climatique certifié, mooh transforme les réductions d'émission en certificats climat. Les recettes des ventes sur le marché volontaire reviennent aux productrices et producteurs. Cela permet de couvrir les coûts et de générer des recettes supplémentaires. En novembre 2021, l'Agolin n'est pas enregistré en Suisse et dans l'UE comme additif alimentaire ayant un effet positif sur l'environnement (conformément à l'ordonnance sur les aliments pour animaux).

Mootral, un additif pour l'alimentation animale à base d'extraits d'ail et de citron, n'est pas autorisé en raison de l'interdiction de l'ail dans l'ordonnance sur l'hygiène du lait et n'a donc pas été approfondi dans le projet. Selon l'OFAG, une révision partielle de l'ordonnance sur l'hygiène du lait est en cours. Dans des études de l'EPF Zurich, les produits à base d'ail ont été efficaces lors d'essais in vitro avec du jus de panse. Cet effet était toutefois faible, voire inexistant chez l'animal (Kreuzer, 2020).

L'additif alimentaire de synthèse Bovaer, développé par la société DSM, a été inscrit en novembre 2021 par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) comme le premier additif alimentaire efficace pour réduire les émissions de méthane provenant de la fermentation entérique (EFSA, 2021). Bovaer devrait être le premier produit de la catégorie des aliments pour animaux ayant une incidence positive sur l'environnement à être autorisé dans l'UE au cours de l'année qui vient (2022). Si une autorisation est délivrée dans l'UE, elle sera reprise en Suisse. Bovaer contient le composé organique 3-nitrooxypropanol (3-NOP). Les analyses d'impact, qui se rapportent surtout aux essais sur les systèmes en RTM, sont prometteuses. Elles présentent un potentiel de réduction stable et élevé de 20 à 40 %. Les effets de Bovaer sur les systèmes à base d'herbe doivent être étudiés plus en détail. Par rapport aux produits naturels, Bovaer a l'avantage de ne pas concurrencer l'alimentation humaine. Les avis des différents acteurs du réseau sont partagés quant à la possibilité de communiquer aux consommatrices et aux consommateurs l'utilisation d'un produit de synthèse tel que Bovaer.

Tous les additifs tendent à avoir un effet positif sur la performance des animaux. On ne sait pas encore dans quelle mesure la panse des ruminants s'habitue aux additifs et si l'effet de réduction du méthane diminuera avec le temps en cas d'administration régulière. De plus, la plupart des essais permettant d'obtenir d'importantes réductions de méthane ont été réalisés à l'étranger, où les rations tendent à contenir plus d'aliments concentrés. La plupart des études se limitent en outre aux exploitations en RTM. L'utilisation et l'effet dans les systèmes d'affouragement à base d'herbe doivent faire l'objet d'études plus approfondies.

Le potentiel de réduction est très important – à condition que les produits soient autorisés comme additifs alimentaires inhibant le méthane. En principe, l'effet de plusieurs additifs ne peut pas être additionné. C'est pourquoi un potentiel de réduction commun pour tous les additifs alimentaires analysés a été identifié pour ce projet.

En conclusion, on peut dire que les additifs alimentaires promettent d'importants potentiels de réduction. Cela intéresse divers acteurs du réseau et la situation est dynamique. La filière du bétail bovin devrait continuer à suivre l'évolution des additifs alimentaires. Jusqu'à présent, l'effet de ces additifs a été principalement étudié dans les systèmes RTM. Pour la Suisse, il est impératif d'obtenir d'autres connaissances issues de la recherche concernant l'utilisation et l'effet dans les systèmes d'affouragement à base d'herbe.

2.4 Prise en compte de l'affouragement dans les projets

Tableau 2: Compilation des résultats des projets dans le domaine de l'affouragement

AgroCO2ncept Flaachtal
Distribution de fourrage pauvre en GES
<ul style="list-style-type: none"> - L'objectif était de mettre l'accent sur les besoins alimentaires des animaux et de remplacer le soja soit par du soja certifié, soit par d'autres composants achetés riches en protéines, soit par des aliments pauvres en GES autoproduits. - L'effet direct de la mesure sur les émissions de GES issues de la fermentation n'a pas pu être calculé avec les modèles existants, mais devrait être plutôt faible. La mise en œuvre de la mesure s'est en revanche répercutée sur les émissions de GES résultant de l'achat d'aliments pour animaux. Selon les bilans individuels, la principale source des émissions de GES réside dans l'achat et l'utilisation d'aliments supplémentaires pour animaux (pas seulement des aliments concentrés, mais aussi du fourrage grossier durant l'année sèche 2018). L'expérience montre que les exploitations devraient disposer de réserves de fourrage suffisantes pour éviter autant que possible des achats. - Les évaluations ont par ailleurs montré que l'optimisation de la production de fourrage de base est un défi. Le conflit d'objectifs entre une bonne qualité (coupe précoce) et une grande quantité (coupe tardive) semble particulièrement difficile.
Systèmes de points IP-Suisse
Le système à points IP-Suisse Protection du climat & des ressources représente les exigences de base pour les exploitations labellisées. Outre ces exigences de base, les productrices et producteurs de lait des prés doivent respecter les mesures du système à points pour le lait des prés.
Système à points Protection du climat & des ressources
Affouragement du bétail bovin en graines de lin & production de lait avec du soja certifié / sans soja
<ul style="list-style-type: none"> - Dans le cadre du système à points IP-Suisse Climat, la mesure Affouragement du bétail bovin en graines de lin ainsi que la mesure Production de lait avec du soja certifié / sans soja sont recommandées.
Système à points pour le lait des prés
Interdiction du soja
<ul style="list-style-type: none"> - Il est interdit aux productrices et producteurs de lait des prés IP-Suisse d'utiliser du soja dans l'affouragement des vaches laitières. Il s'agit d'une exigence de base de la production de lait des prés IP Suisse.
Part de pâturage durant la période de végétation
<ul style="list-style-type: none"> - Des points sont attribués pour la part moyenne d'herbe pâturée dans la ration.
Part de fourrage vert (pâturage, herbe fraîche, maïs vert) pendant la période de végétation
<ul style="list-style-type: none"> - Le fait de conserver moins de fourrage permet d'économiser de l'énergie. - Pour calculer les points, on regarde la proportion de fourrage vert dans la ration alimentaire totale.
Utilisation d'aliments concentrés
<ul style="list-style-type: none"> - La concurrence avec l'alimentation humaine doit rester minimale. L'utilisation d'aliments concentrés par kg de lait est prise en compte. Des points supplémentaires sont attribués si les aliments concentrés proviennent à 100 % de Suisse.
Production de lait par hectare de surface fourragère
<ul style="list-style-type: none"> - Les terres arables doivent être utilisées en premier lieu pour l'alimentation humaine et non pour la production fourragère des ruminants. Le lait produit est mis en relation avec la surface fourragère.
Lait durable Migros
Fourrage de base d'origine suisse
<ul style="list-style-type: none"> - Le module volontaire vise à ce que la part du fourrage de base (MS) de l'exploitation totale en provenance de Suisse atteigne au moins 90 % de la ration annuelle.
Intensité de l'apport en aliments concentrés
<ul style="list-style-type: none"> - L'intensité d'utilisation des aliments concentrés est le rapport entre la quantité annuelle d'aliments concentrés exprimée en kg pour les vaches laitières de la catégorie animale A1 et la production totale de lait. - L'utilisation d'aliments concentrés est limitée à 150 g par kg de lait.
Soja d'origine responsable

- Le soja utilisé doit avoir été produit selon un standard reconnu par le Réseau suisse pour le soja.
- Réduction du méthane (additifs alimentaires)
- Les émissions de méthane par kg de lait doivent être réduites de 10 % grâce à une part élevée d'herbe fraîche et facile à digérer ainsi qu'à l'ajout de lin extrudé.

3 Gestion des troupeaux

Tableau 3: Vue d'ensemble des mesures de gestion des troupeaux. Justification de l'évaluation: voir rapport technique.

Mesures	Niveau d'efficacité (exploitation individuelle)	Possibilité d'optimisation (secteur bovin)	Potentiel de réduction en kt d'éq. CO2 (secteur bovin)	Type d'exploitation	Santé animale	Biodiversité	PPS	Azote	Phosphore	Comp. feed/food	Rentabilité	La Suisse – pays d'herbages	Politique agricole
Performance journalière													
Durée de vie productive des vaches laitières	Faible	+	128	Lait									
Durée de vie productive des vaches allaitantes	Faible	+	99	Vaches allaitantes									
Réduire l'âge au premier vêlage	Faible	+	72	Lait									
Optimiser la performance laitière	Moyen	+	184	Lait									
Élevage et produit viande associé													
Insémination ciblée (taureaux de races à viande, semence sexée)	Faible	+	Non calculé	Lait									
Races à deux fins	Très faible	0	0	Lait									

Légende: impact sur les indicateurs

■	Effet positif (synergie)
■	Effet plutôt positif (synergie)
■	Pas d'effet
■	Effet plutôt négatif (conflit d'objectifs)
■	Effet négatif (conflit d'objectifs)
■	Opinions divergentes sur l'effet

Légende: possibilité d'optimisation

0	Aucun potentiel de réduction
+	Potentiel de réduction existant
++	Important potentiel de réduction existant

3.1 Conclusion production par jour de vie

La production par jour de vie est une valeur calculée qui dépend de diverses mesures. Les mesures qui définissent la production par jour de vie ont été évaluées individuellement dans le cadre de ce projet. Elles dépendent fortement du système. L'optimisation d'une mesure influence divers domaines. La plupart du temps, les effets des mesures ne sont pas linéaires et leurs interactions sont complexes. Il est important d'évaluer les effets des mesures sur l'ensemble du système de production de lait et de viande (au niveau national). Les outils de gestion du climat sont des outils précieux pour représenter ces relations complexes. Ils doivent être appliqués au cas par cas pour chaque exploitation.

Il n'est pas non plus possible de définir globalement la combinaison de mesures permettant de garantir la production par jour de vie de manière la plus respectueuse du climat. En fin de compte, les possibilités d'optimisation dépendent également des structures et de la stratégie de l'exploitation concernée. Les expériences tirées des projets montrent que seules des analyses spécifiques à chaque exploitation peuvent fournir une réponse détaillée. Le projet a néanmoins permis de mettre en évidence les interactions au niveau des mesures individuelles (durée de vie productive, etc.), de clarifier les synergies et les conflits d'objectifs et d'évaluer grossièrement les potentiels de réduction. Les informations doivent fournir une base solide aux discussions autour de la durée de vie productive, de la production par jour de vie, etc. Même si les potentiels de réduction sont des estimations approximatives données à titre d'exemple, ils montrent l'effet de levier.

L'effet sur le climat d'une *durée de vie productive accrue chez les vaches laitières* fait actuellement l'objet d'intenses discussions. La démonstration des effets sur la production de viande n'est pas évidente. Les projets en cours, tels que le projet Modélisation de la production bovine ou le projet Durée de vie productive fourniront des informations importantes à ce sujet. De plus, la mesure influence la production de viande. Il y aura davantage de veaux, respectivement d'animaux d'engraissement, et dans le même temps, moins de vaches laitières. Il faut partir du principe que la quantité de viande produite va légèrement reculer avec ce report. Différentes études – p. ex. l'analyse de sensibilité publiée par Köke et al. (2021) avec l'outil KLIR ou les estimations de Bretscher et al. (2018) ainsi que celles de l'OFAG pour la PA 22+ (OFAG 2020) – confirment l'effet positif de la mesure sur le climat pour l'ensemble du secteur bovin (production de lait et de viande). Si l'on part – comme dans ce projet – d'une consommation de viande constante, le bilan est influencé de manière déterminante par le type de viande permettant de combler le manque de viande issue de la production de lait. Si la compensation est effectuée avec de la viande issue de la détention de vaches allaitantes, des émissions de GES supplémentaires peuvent même être générées (Probst et al., 2019). En raison de l'évolution actuelle de la consommation (p. ex. forte hausse de la consommation de poulet), on ne peut toutefois pas partir du principe qu'une compensation uniquement à partir de viande produite dans les élevages allaitants reflète la réalité du marché. La mesure Durée de vie productive montre que les différentes mesures de protection du climat ne peuvent exprimer tout leur potentiel que lorsqu'elles s'accompagnent de changements dans le comportement des consommateurs.

L'augmentation de la *durée de vie productive chez les vaches allaitantes* est une mesure durable pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Les expériences tirées des projets et la littérature existante se rapportent en grande partie à la production de lait. Les mécanismes peuvent toutefois être appliqués à la détention de vaches allaitantes. Dans la détention de vaches allaitantes, les interactions sont même plus claires que dans la production de lait, car les émissions de GES ne doivent pas être attribuées (allouées) aux différents produits (lait, viande).

Un *âge plus précoce au premier vêlage* allonge généralement la durée de vie productive d'une vache laitière. Cela a des répercussions positives sur la production totale de l'animal au cours de sa vie. Un âge plus précoce au premier vêlage n'a pas d'incidence sur le marché de la viande. Il n'existe pas d'estimations de l'effet d'un âge au premier vêlage réduit sur l'ensemble de la filière bovine (lait et viande). C'est pourquoi l'estimation du potentiel de réduction au niveau de l'exploitation est extrapolée de l'étude de Köke et al. (2021) au secteur bovin (âge au premier vêlage – 10 %, émissions de GES – 2,5 %). L'expérience pratique montre qu'il existe dans les exploitations un potentiel de réduction au niveau de l'âge au premier vêlage.

L'*optimisation de la productivité laitière* est un élément important pour optimiser les émissions de GES par kg de produit (voir aussi Conclusion utilisation d'aliments concentrés respectueuse du climat). Pour la protection du climat, il est important que les émissions absolues n'augmentent pas en raison d'une intensification de la production (= augmentation de l'efficacité). Ce risque est également appelé effet rebond³. Dans l'hypothèse d'une demande constante, il est possible de réduire le nombre de vaches laitières en cas d'augmentation de la productivité. Cela permet d'économiser des émissions de GES tout en optimisant les émissions par kg de lait. Ce lien de causalité a été illustré dans l'estimation du potentiel de réduction. La production de viande est influencée par cette mesure. Si le nombre de vaches laitières est inférieur, la production de viande du secteur laitier diminue. Ces effets n'ont pas pu être pris en compte lors de la quantification. Il est ici aussi très important (comme déjà indiqué pour la durée de vie productive) de savoir si et comment la viande manquante est remplacée.

En conclusion, on peut dire qu'un allongement de la durée de vie productive chez les vaches laitières et les vaches allaitantes devrait être encouragé. L'optimisation de la production laitière est un élément essentiel de la protection du climat, surtout si l'optimisation des émissions par kg de produit est la valeur cible. Un effet rebond doit impérativement être évité pour que la mesure ait un impact sur la protection du climat. Il existe des conflits d'objectifs avec la biodiversité, le risque de pertes d'éléments fertilisants et la compétition feed/food. L'optimisation de l'efficacité climatique risque donc de se faire au détriment d'autres domaines de durabilité.

³ L'efficacité croissante des voitures est par exemple un effet rebond bien connu dans le domaine de l'énergie. Si les voitures deviennent de plus en plus efficaces et consomment de moins en moins de carburant, il devient possible de parcourir davantage de kilomètres.

3.2 Conclusion sélection & produit viande associé

Les mesures en matière de sélection sont durables, transmissibles sur plusieurs générations et adaptées à une large utilisation. Mais elles sont coûteuses et n'ont pas d'effet immédiat (Bapst, 2019). Le projet KlimaStar vise à promouvoir l'index fonctionnalité – fertilité (IFF). L'IFF englobe les deux buts d'élevage que sont la santé et la fertilité (swissherdbook, 2018). Dans le projet KlimaStar l'index IFF de l'exploitation devrait être supérieur d'un demi-écart-type à la valeur moyenne du herd-book pour la race concernée. Bretscher et al. (2018) ont montré que le progrès génétique représentait un potentiel de réduction élevé pour réduire la production de méthane et augmenter l'efficacité alimentaire.

Si la production de viande est combinée à la production de lait, il est important de viser également une production de viande efficiente dans les exploitations laitières (Probst et al. 2019). Pour des raisons de protection du climat, les inséminations devraient être systématiquement sexées, en combinaison avec la génétique des races à viande (Probst et al., 2019):

- Si l'objectif est la remonte, l'insémination doit être effectuée avec des taureaux de races laitières et des semences sexées (f).
- Si le veau n'est pas utilisé pour la remonte, il faut pratiquer systématiquement une insémination avec des taureaux de races à viande – idéalement avec de la semence sexée (m).

Probst et al. (2019) ont calculé que les émissions de GES liées à la production de lait et de viande chez des vaches laitières avec une production annuelle de 10 000 kg de lait sont inférieures à celles des vaches à deux fins. Pour la reproduction, il faut toutefois utiliser systématiquement de la semence sexée et des taureaux de races à viande pour toutes les autres inséminations.

L'expérience montre qu'une insémination ciblée basée sur des taureaux de races à viande est dans tous les cas pertinente si le veau n'est pas destiné à la remonte. Cette recommandation ne présente aucun conflit d'objectif.

Avec la semence sexée, le taux de réussite de l'insémination est inférieur à celui de la semence non sexée. Par conséquent, en cas d'échec lors de la première insémination, on a souvent recours à de la semence non sexée pour la nouvelle tentative ou on cible principalement les animaux présentant une bonne fertilité. Un manque de rentabilité lié à l'utilisation de la semence sexée peut représenter un conflit d'objectifs, surtout en combinaison avec un mauvais taux de réussite lors de l'insémination.

En conclusion, on peut dire qu'une optimisation de la production de viande issue de la production de lait permet d'apporter une contribution importante à la protection du climat.

3.3 Prise en compte de la gestion des troupeaux dans les projets

Tableau 4: Compilation des résultats des projets dans le domaine de la gestion des troupeaux

<p>AgroCO2ncept Flaachthal</p> <p>Sélection et gestion des troupeaux</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cette mesure vise à allonger la durée de vie productive, réduire l'âge au premier vêlage, augmenter le nombre de lactations, réduire la quantité d'aliments concentrés/kg de lait et la teneur en urée dans le lait, tout en conservant le même niveau de production. - La mesure a été accompagnée d'un important travail de conseil. Des concepts spécifiques à chaque exploitation ont été élaborés afin d'optimiser la gestion des troupeaux. On a observé de grandes différences entre les exploitations en ce qui concerne la longévité des vaches. De nombreuses exploitations ont trop de jeunes animaux. - Des prix d'abattage attractifs freinent l'optimisation de la durée de vie productive. - 64 % des agricultrices et agriculteurs ont mis en œuvre la mesure dans le cadre du projet.
<p>Systèmes à points IP-Suisse</p> <p>Le système à points IP-Suisse Protection du climat & des ressources représente les exigences de base pour les exploitations labellisées. Outre ces exigences de base, les productrices et producteurs de lait des prés doivent respecter les mesures du système à points pour le lait des prés.</p>
<p>Système à points Protection du climat & des ressources</p> <p>Augmentation du nombre de lactations des vaches laitières</p> <ul style="list-style-type: none"> - La mesure prévoit une augmentation du nombre de lactations de 3,5 à 4,5 en moyenne, sans modification de la production laitière. L'augmentation du nombre de lactations doit se faire au moyen d'un élevage et d'une sélection ciblés. - L'analyse d'acceptabilité de Hoffet & Koster (2020) a montré que l'augmentation du nombre de lactations (=durée de vie productive) était une mesure appréciée des exploitations pilotes (économies de coûts, compatible avec la stratégie d'exploitation).
<p>Système à points pour le lait des prés</p>

<p>Santé des troupeaux</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une gestion prévisionnelle de la santé des troupeaux doit améliorer la rentabilité de l'exploitation et prévenir la formation d'agents pathogènes résistants aux antibiotiques. De plus, la longévité des vaches (voir ci-dessous) est influencée positivement.
<p>Longévité du troupeau de vaches</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'âge moyen du troupeau de vaches est pris en compte à une certaine date de référence. L'allongement de la longévité a pour effet de réduire le nombre de remontes à élever par vache et donc la quantité d'émissions de GES.
<p>Lait durable Migros</p>
<p>Prévention de la santé des troupeaux</p> <ul style="list-style-type: none"> - Module volontaire visant à garantir la productivité par la promotion de la santé des troupeaux.
<p>Performance par jour de vie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une exigence de base concernant la performance par jour de vie moyenne du troupeau d'au moins 8 kg de lait a été fixée.
<p>Filière veaux</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le module vise à améliorer la valeur ajoutée des veaux en améliorant la santé animale et en réduisant l'utilisation d'antibiotiques.

4 Gestion des engrais de ferme

Tableau 5: Vue d'ensemble des mesures de gestion des engrais de ferme. Justification de l'évaluation: voir rapport technique.

Mesures	Niveau d'efficacité (exploitation individuelle)	Possibilité d'optimisation (secteur bovin)	Potentiel de réduction en kt d'éq. CO2 (secteur bovin)	Type d'exploitation										
					Santé animale	Biodiversité	PPS	Azote	Phosphore	Comp. feed/food	Rentabilité	La Suisse – pays d'herbages	Politique agricole	
Couverture des fosses à lisier	Très faible	+	56,7	Tous	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Acidification du lisier	Très important	++	413	Tous	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Épandage à faibles émissions	Très faible	+	56,7	Tous	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Installation de biogaz	Très important	++	413	Tous	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Légende: impact sur les indicateurs	
■	Effet positif (synergie)
■	Effet plutôt positif (synergie)
■	Pas d'effet
■	Effet plutôt négatif (conflit d'objectifs)
■	Effet négatif (conflit d'objectifs)
■	Opinions divergentes sur l'effet

Légende: possibilité d'optimisation	
0	Aucun potentiel de réduction
+	Potentiel de réduction existant
++	Important potentiel de réduction existant

4.1 Conclusion gestion des engrais de ferme

Les mesures «classiques» dans le domaine des engrais de ferme convainquent par leur facilité de mise en place sur le terrain et leur effet positif sur la réduction des pertes d'éléments fertilisants. Le potentiel de réduction des émissions de GES est plutôt faible avec les mesures classiques telles qu'*Épandage diminuant les émissions* ou *Couverture*

des fosses à lisier. L'impact sur le climat est renforcé lorsque les mesures concernant les engrais de ferme entraînent une réduction de l'utilisation d'engrais minéraux et une augmentation de l'efficacité azotée. Bretscher et al. (2018) ont montré un potentiel de réduction élevé avec l'augmentation de l'efficacité azotée des engrais de ferme (empêcher l'utilisation systématique de l'auto-déclaration et des marges de tolérance flexibles dans le Suisse-Bilanz (PER) et faire passer le taux d'exploitation de base de l'azote contenu dans les engrais de ferme de 60 % à 65 %).

En revanche, les mesures *Acidification du lisier* et *Installations de biogaz* promettent un fort potentiel de réduction. L'acidification du lisier est mise en œuvre dans quelques exploitations pilotes en Suisse. Certaines connaissances manquantes sont actuellement à l'étude. La mesure implique des investissements et un effort organisationnel importants, ce qui est particulièrement difficile pour les petites exploitations. La rentabilité n'est pour l'heure pas assurée. Pour les installations de biogaz, nous verrons comment la situation de production évoluera à l'avenir. Les mesures Acidification du lisier et Fermentation des engrais de ferme ne peuvent pas être mises en œuvre simultanément dans les installations de biogaz. Le potentiel de réduction a donc été mis en évidence pour chacune des mesures. Outre les additifs du lisier avec un pouvoir acidifiant, il existe d'autres produits tels que le phosphogypse, qui permettent de valoriser le lisier. Aucun résultat fiable n'a été obtenu concernant le potentiel de réduction des GES. Le potentiel de réduction des additifs du lisier est plutôt considéré comme faible (Peter et al., 2009).

Outre les mesures mentionnées dans le tableau, la *séparation du lisier* et l'*aération du lisier* font également l'objet de discussions entre spécialistes. Des études ont montré que la *séparation du lisier* chez le bétail bovin entraînait majoritairement des émissions accrues de protoxyde d'azote et de méthane. La mesure Séparation du lisier ne présente pas non plus de potentiel pour réduire les émissions d'ammoniac (Kupper, 2015).

En conclusion, on peut dire que toutes les mesures concernant les engrais de ferme visant à éviter les pertes d'éléments fertilisants sont également pertinentes pour la protection du climat. Les évolutions politiques en matière de promotion des installations de biogaz ainsi que les autres enseignements et expériences tirés des installations pilotes dans le domaine de l'acidification du lisier montreront quel rôle ces mesures joueront à l'avenir.

4.2 Prise en compte de la gestion des engrais de ferme dans les projets

Tableau 6: Compilation des résultats des projets dans le domaine de la gestion des engrais de ferme

AgroCO2ncept Flaachthal
<p>Couverture des fosses à lisier</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les émissions de gaz à effet de serre doivent être réduites en couvrant les fosses à lisier ou en utilisant des fosses fermées. Afin d'éviter les émissions au champ, la couverture des fosses à lisier doit impérativement être réfléchi dans la gestion des effluents de l'exploitation. - 29 % des agricultrices et agriculteurs ont mis en œuvre la mesure dans le cadre du projet.
<p>Stockage et compostage du fumier</p> <ul style="list-style-type: none"> - Des procédés de compostage appropriés doivent être mis en œuvre pour le fumier afin de réduire les émissions et de promouvoir la qualité du sol. Selon le rapport intermédiaire AgroCO2ncept, le compostage du fumier fait partie des mesures particulièrement efficaces dans la gestion des engrais de ferme. - 14 % des agricultrices et agriculteurs ont mis en œuvre la mesure dans le cadre du projet. L'acceptabilité va de pair avec la réalisation d'un bilan d'humus.
<p>Fosses à lisier enterrées</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le stockage du lisier dans le sol ralentit les processus de production de méthane en raison du refroidissement à moins de 10 °C. - 50 % des agricultrices et agriculteurs ont mis en œuvre la mesure dans le cadre du projet.
<p>Aération du lisier</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'exécution est difficile à contrôler et il n'existe aucun indicateur permettant de mesurer l'effet. - 36 % des agricultrices et agriculteurs ont mis en œuvre la mesure dans le cadre du projet.
<p>Additifs phosphogypse, acide lactique, PRP</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le pH des engrais de ferme peut être abaissé à l'aide d'additifs. Les émissions sont ainsi réduites. - 7 % des agricultrices et agriculteurs ont mis en œuvre la mesure dans le cadre du projet.
<p>Installation de biogaz avec centrale de cogénération</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'utilisation d'énergie produite par les engrais de ferme doit permettre de réduire la consommation de combustible et les émissions. - Personne n'a mis la mesure en œuvre. L'intérêt est toutefois présent. Il n'existe pas de soutien financier.
Systemes de points IP-Suisse
<p>Le système à points IP-Suisse Protection du climat & des ressources représente les exigences de base pour les exploitations labellisées. Outre ces exigences de base, les productrices et producteurs de lait des prés doivent respecter les mesures du système à points pour le lait des prés.</p>

Système à points Protection du climat & des ressources

Couverture de la fosse à lisier

- La couverture de la fosse à lisier réduit le mouvement d'air au-dessus du lisier et donc la libération de GES.

Épandage de résidus de fermentation (biogaz)

- L'extraction et l'épandage de résidus de fermentation provenant d'installations de biogaz doivent permettre de remplacer les engrais minéraux, ce qui entraîne une réduction des émissions de GES grâce à une production réduite d'engrais minéraux.

Épandage de lisier au moyen d'un pendillard

- Les émissions indirectes de protoxyde d'azote lors de l'épandage d'engrais de ferme doivent être réduites au moyen d'un pendillard.

Système à points pour le lait des prés

Optimiser l'utilisation d'engrais du commerce (azote)

- L'utilisation d'engrais du commerce doit être réduite sur les surfaces herbagères. Il convient de renoncer à l'azote minéral, à l'exception de la fertilisation des pâturages intensifs. Dans le même temps, la part de légumineuses doit être maintenue à un niveau élevé et les engrais de ferme doivent être utilisés le plus efficacement possible.

5 Stockage du carbone

Tableau 7: Vue d'ensemble des mesures de stockage du carbone. Justification de l'évaluation: voir rapport technique.

Mesures	Niveau d'efficacité (exploitation individuelle)	Possibilité d'optimisation (secteur bovin)	Potentiel de réduction en kt d'éq. CO2 (secteur bovin)	Type d'exploitation	Santé animale	Biodiversité	PPS	Azote	Phosphore	Comp. feed/food	Rentabilité	La Suisse – pays d'herbages	Politique agricole
Gestion durable du pâturage	Petit	+	Pas de calcul	Tous									
Charbon végétal	Très faible	+	Lait: 27 Vaches allaitantes: 5 Engraissement: 12	Tous									
Agroforesterie	Très faible à moyen	+	46,5	Tous									

Légende: impact sur les indicateurs

■	Effet positif (synergie)
■	Effet plutôt positif (synergie)
■	Pas d'effet
■	Effet plutôt négatif (conflit d'objectifs)
■	Effet négatif (conflit d'objectifs)
■	Opinions divergentes sur l'effet

Légende: possibilité d'optimisation

0	Aucun potentiel de réduction
+	Potentiel de réduction existant
++	Important potentiel de réduction existant

5.1 Conclusion stockage du carbone

Aucun projet climatique suisse n'a jusqu'à présent pris en compte la séquestration supplémentaire du carbone par l'utilisation des prairies. Il n'existe pas non plus de lignes directrices du GIEC à ce sujet. Toutefois, la question fait actuellement l'objet de vives discussions dans le secteur de la recherche (p. ex. au GIEC et à la CCNUCC⁴). Köke et al. (2021) soulignent également qu'en raison des données incertaines (absence de directives du GIEC), le thème du stockage du carbone n'a jusqu'à présent pas été pris en compte dans le modèle KLIR. Les auteurs ont par ailleurs souligné qu'un éventuel stockage de carbone est réversible en cas de changement d'affectation.

Dans le cadre du PNR 68, il a été démontré que les surfaces de pâturages et de forêts sont fondamentalement un petit puits de carbone (Hagedorn et al., 2018).

Si l'on transforme une surface cultivée en prairie (permanente), la teneur en carbone du sol commence à augmenter. Les recherches montrent qu'il faut partir du principe que la teneur en carbone est équilibrée au bout d'un certain temps. La capacité d'accumulation du sol est donc limitée par une limite naturelle de saturation – en fonction du sol et de l'emplacement. Dans les 30 cm supérieurs d'un hectare de prairie permanente sont stockées environ 60 t de carbone. Dans les terres arables, cette valeur est d'environ 50 tonnes (selon l'inventaire GES). On part également du principe que l'absorption et l'émission de CO₂ des herbages sont équilibrées. Par conséquent, le potentiel de puits consiste fondamentalement à enrichir le carbone du sol jusqu'au niveau naturel de saturation. Si la surface est à nouveau défrichée et utilisée à des fins de culture, la surface devient une source de carbone.

En raison des différentes questions en suspens, il n'est pas possible d'indiquer un niveau d'efficacité pour l'exploitation ni un potentiel de réduction pour l'ensemble du secteur bovin. Outre la quantification, la traçabilité (MRV, Measuring, Reporting, Verification) est elle aussi un défi.

⁴ Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques

En sus du débat sur la quantification de l'effet de puits des prairies, on discute d'une **adaptation du potentiel de réchauffement global (PRG)** du méthane. En Suisse, proclim élabore actuellement une fiche d'information sur le PRG du méthane. Pour que la méthodologie de l'inventaire suisse des GES puisse être adaptée de manière générale, les questions doivent être clarifiées au niveau international. Même avec l'adaptation de la métrique du PRG, la réduction des émissions de GES provenant de la détention de ruminants reste un objectif important.

Il existe différentes possibilités pour l'utilisation du *charbon végétal* dans l'élevage bovin (affouragement, litière dans l'étable, mélange direct dans les engrais de ferme). Il faut viser une utilisation en cascade. Dans l'élevage bovin, l'application présentant le plus grand potentiel de synergie est l'affouragement. Lorsque les animaux absorbent du charbon végétal, ils le rejettent. Le charbon végétal se retrouve ainsi dans le sol avec les engrais de ferme. L'effet de séquestration lors de l'apport via l'affouragement est considéré comme très faible, car les quantités distribuées sont faibles (env. 50 g par animal et par jour, coûts par an et par animal: env. CHF 20). Cette mesure est d'ores et déjà mise en œuvre dans certaines exploitations. L'intérêt est de plus en plus grand. La principale motivation de cette utilisation n'est pas la protection du climat, mais la santé animale. Toutefois, l'amélioration de la santé animale est également bénéfique pour le climat, car l'efficacité augmente. Cela rend la mesure intéressante malgré son faible impact sur la protection du climat. Il est important que le charbon végétal soit produit et utilisé conformément aux prescriptions de l'autorisation. Dans la production animale, il convient de n'utiliser que du charbon végétal certifié (certificat EBC).

Les *systèmes agroforestiers* offrent une autre possibilité intéressante de fixer le carbone sur les surfaces agricoles utiles. Le potentiel des systèmes agroforestiers devrait être analysé individuellement pour chaque exploitation. L'expérience acquise au fil des projets montre que des problèmes indésirables peuvent survenir en l'absence de connaissances spécialisées (p. ex. concurrence en matière d'eau et de nutriments). Les systèmes agroforestiers peuvent être encouragés dans le cadre de projets encadrés.

En conclusion, on peut dire que l'évolution de la recherche en matière de quantification de l'effet de puits des systèmes d'herbages doit être poursuivie. Indépendamment de cela, les systèmes herbagers contribuent de manière significative à une production durable. Cela se confirme également dans l'analyse des synergies et des conflits d'objectifs, qui a toujours été positive. Grâce à ses effets positifs sur le bien-être animal, le charbon végétal est une mesure intéressante, malgré son faible impact sur la protection du climat. L'importance des systèmes agroforestiers continuera d'augmenter. Le soutien financier devrait principalement bénéficier aux projets accompagnés par le conseil.

5.2 Prise en compte du stockage du carbone dans les projets

Tableau 8: Compilation des résultats des projets dans le domaine du stockage du carbone

AgroCO2ncept Flaachthal
Installation de pyrolyse
<ul style="list-style-type: none"> - L'installation de pyrolyse doit être utilisée pour la production de charbon végétal en tant que puits de carbone. - 5 % des agricultrices et agriculteurs ont mis en œuvre la mesure dans le cadre du projet.
Apport de charbon végétal
<ul style="list-style-type: none"> - L'apport de charbon végétal dans le sol cultivable affiche un potentiel de stockage durable du carbone. - 89 % des agricultrices et agriculteurs ont mis en œuvre la mesure dans le cadre du projet. Elle a suscité un vif intérêt auprès de la majorité des membres.
Stockage par les plantes ligneuses et l'agroforesterie
<ul style="list-style-type: none"> - Pendant leur croissance, les installations agroforestières stockent le carbone dans la biomasse. - 11 % des agricultrices et agriculteurs ont mis en œuvre la mesure dans le cadre du projet.
Systèmes de points IP-Suisse
Le système à points IP-Suisse Protection du climat & des ressources représente les exigences de base pour les exploitations labellisées. Outre ces exigences de base, les productrices et producteurs de lait des prés doivent respecter les mesures du système à points pour le lait des prés.
Système à points Protection du climat & des ressources
Mise en place d'un système agroforestier
<ul style="list-style-type: none"> - Pendant leur croissance, les systèmes en agroforesterie stockent le carbone dans la biomasse.
Épandage de charbon végétal
<ul style="list-style-type: none"> - L'apport de charbon végétal dans le sol cultivable affiche un potentiel de stockage durable du carbone.

6 Utilisation de l'énergie

Tableau 9: Vue d'ensemble des mesures d'utilisation de l'énergie. Justification de l'évaluation: voir rapport technique.

Mesures	Niveau d'efficacité (exploitation individuelle)	Possibilité d'optimisation (secteur bovin)	Potentiel de réduction en kt d'éq. CO2 (secteur bovin)	Type d'exploitation	Santé animale	Biodiversité	PPS	Azote	Phosphore	Comp. feed/food	Rentabilité	La Suisse – pays d'herbages	Politique agricole
Variateur de fréquence sur les installations de traite	Très faible	+	6,5	Lait									
Récupération de chaleur lors du refroidissement du lait	Très faible	+	2,5	Lait									

Légende: impact sur les indicateurs

■	Effet positif (synergie)
■	Effet plutôt positif (synergie)
■	Pas d'effet
■	Effet plutôt négatif (conflit d'objectifs)
■	Effet négatif (conflit d'objectifs)
■	Opinions divergentes sur l'effet

Légende: possibilité d'optimisation

0	Aucun potentiel de réduction
+	Potentiel de réduction existant
++	Important potentiel de réduction existant

6.1 Conclusion utilisation de l'énergie

Dans le domaine de l'énergie, les mesures *Variateur de fréquence sur les installations de traite* ainsi que *Récupération de chaleur lors du refroidissement du lait* ont été analysées. L'estimation du potentiel de réduction a été effectuée sur la base d'hypothèses approximatives. Comme attendu, les mesures énergétiques représentent un très petit levier pour réduire les émissions de GES. Néanmoins, l'amélioration de l'efficacité énergétique est aujourd'hui un objectif important. Le faible potentiel de protection du climat ne devrait pas entraver la mise en œuvre de ces mesures. D'autant plus que celles-ci n'ont fondamentalement aucune répercussion défavorable sur d'autres domaines de l'environnement. Il existe par ailleurs différents programmes de promotion qui encouragent l'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'agriculture. Cela montre l'importance et le potentiel inexploité dans le domaine de l'énergie.

6.2 Prise en compte de mesures énergétiques dans les projets

Tableau 10: Compilation des résultats des projets dans le domaine de l'énergie

AgroCO2ncept Flaachthal
Isolation du bâtiment <ul style="list-style-type: none"> - Les pertes de chaleur et de froid doivent être réduites par des mesures d'étanchéité. - 10 % des agricultrices et agriculteurs ont mis en œuvre la mesure dans le cadre du projet. Cette mesure est surtout mise en œuvre lors des assainissements énergétiques des bâtiments.
Mesures générales d'économie d'énergie <ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la consommation d'énergie grâce à une utilisation d'appareils efficaces sur le plan énergétique. - 43 % des agricultrices et agriculteurs ont mis en œuvre la mesure dans le cadre du projet.
Réservoirs et installations à haute efficacité énergétique, récupération des rejets thermiques <ul style="list-style-type: none"> - L'utilisation d'installations efficaces et optimisées par exemple en matière de récupération de chaleur doit permettre d'économiser de l'énergie (chauffe-eaux, refroidissement du lait, moulins, etc.). - 14 % des agricultrices et agriculteurs ont mis en œuvre la mesure dans le cadre du projet.
Machines économes en énergie <ul style="list-style-type: none"> - L'utilisation de machines et de véhicules économes en énergie permet d'économiser du carburant.

- 19 % des agricultrices et agriculteurs ont mis en œuvre la mesure dans le cadre du projet. Cette mesure est surtout mise en œuvre pour les nouvelles acquisitions.

Utilisation et entretien de machines partagées entre exploitations

- La consommation de carburant et la quantité de gaz d'échappement sont réduites grâce à un taux d'utilisation optimal et à un entretien régulier.
- 95 % des agricultrices et agriculteurs ont mis en œuvre la mesure dans le cadre du projet.

Photovoltaïque

- La production d'électricité photovoltaïque doit permettre de réduire la consommation de matières premières fossiles.
- 24 % des agricultrices et agriculteurs ont mis en œuvre la mesure dans le cadre du projet.

Systèmes de points IP-Suisse

Le système à points IP-Suisse Protection du climat & des ressources représente les exigences de base pour les exploitations labellisées. Outre ces exigences de base, les productrices et producteurs de lait des prés doivent respecter les mesures du système à points pour le lait des prés.

Système à points Protection du climat & des ressources

Achat d'électricité verte

- Les GES résultant de la consommation de matières premières fossiles doivent être réduits grâce au recours à l'électricité verte.

Réduction de la consommation de carburant

- Les GES résultant de la consommation de matières premières fossiles doivent être réduits grâce à une consommation réduite de carburant.

Taux d'utilisation optimal des machines

- Les émissions grises des machines agricoles doivent être réduites en utilisant les machines agricoles de manière optimale et entre exploitations.

Installation d'une installation photovoltaïque

- Les GES résultant de la consommation de matières premières fossiles doivent être réduits grâce à la production d'électricité au moyen d'installations photovoltaïques.

Variateur de fréquence installation de traite

- Le variateur de fréquence permet à la pompe à vide de fonctionner en fonction des besoins et d'économiser de l'énergie.

Récupération de chaleur refroidissement du lait

- L'énergie thermique prélevée lors du refroidissement du lait est utilisée pour la production d'eau chaude. Il en résulte une réduction des besoins énergétiques.

Installation de capteurs solaires

- Les GES résultant de la consommation de matières premières fossiles doivent être réduits grâce à la production de chaleur au moyen de capteurs solaires.

7 Potentiel de réduction

Dans la mesure du possible, un potentiel de réduction des émissions de GES pour l'ensemble du système de production de lait et de viande a été estimé pour chaque mesure analysée en kt d'éq. CO₂ (1 kt = 1000 t). Les calculs correspondent à des estimations grossières du potentiel – en raison du manque d'expériences disponibles et de données qui ne tiennent pas compte de la faisabilité. Les informations sur les calculs figurent dans le rapport technique⁵. L'objectif était de pouvoir présenter le potentiel d'action des différentes mesures pour établir une base solide de discussion. Les chiffres suivants sont pertinents en relation avec le potentiel de réduction:

Quoi?	Valeur	Source
Émissions de GES du secteur bovin	5408 kt d'éq. CO ₂	Bretscher et al. 2018
Potentiel de réduction total: effet de toutes les mesures présentées sur l'illustration 2	2189 kt d'éq. CO ₂	Propre calcul

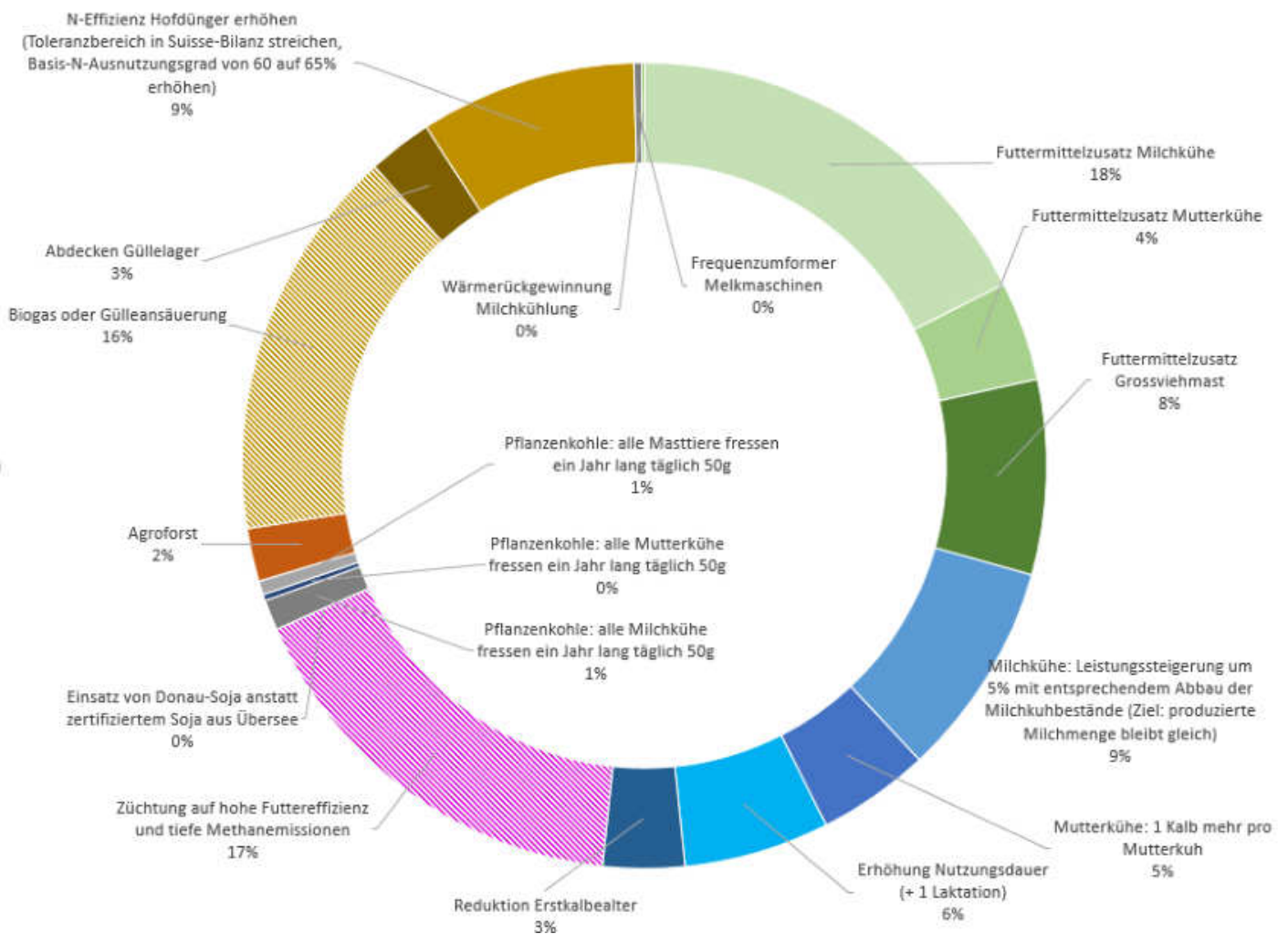


Illustration 2: Vue d'ensemble du potentiel de réduction. Les mesures qui ne sont réalisables qu'à long terme ont été hachurées. Les détails concernant les calculs figurent dans le rapport technique⁵.

⁵ Téléchargement sous: <https://www.agridea.ch/fr/themes/changement-climatique/> → Projets terminés

Dans le sens des aiguilles d'une montre, on peut lire l'illustration 2 de la manière suivante:

- Les mesures en vert montrent le potentiel des *additifs alimentaires* inhibiteurs du méthane, répartis entre les catégories animales Vaches laitières, Vaches allaitantes et Engraissement du gros bétail. Il existe divers additifs alimentaires. En principe, l'effet de plusieurs additifs ne peut pas être additionné. C'est pourquoi on a calculé ici un effet standard (effet moyen des deux produits Bovaer et Agolin).
- Les mesures en bleu montrent le potentiel des mesures dans le domaine de la gestion des troupeaux.
 - La mesure la plus efficace est l'*augmentation de la productivité*. Pour estimer l'effet de cette mesure, la quantité totale de lait produite a été augmentée de 5 %. L'hypothèse était que l'augmentation de cette quantité de lait résultait d'une augmentation de la productivité de chaque animal. Dans un deuxième temps, il a été question de la possibilité de réduire le nombre de vaches laitières pour revenir à la quantité de lait initiale. L'«économie» de vaches laitières permet – grâce à une augmentation de la productivité de chaque animal – de réduire les émissions de GES. Le calcul s'est basé sur la condition-cadre du projet selon laquelle la quantité produite reste la même. Pour atteindre cet objectif d'amélioration des émissions absolues et relatives, il était nécessaire de réduire le nombre de vaches laitières. Si l'on n'adapte pas le nombre d'animaux (au niveau du secteur bovin) en cas d'augmentation de la productivité, les émissions relatives (par kg de lait) s'améliorent, mais les émissions absolues augmentent en raison de l'augmentation de la production. Cet effet, appelé effet rebond, doit être évité. D'une manière générale, il faut tenir compte du fait qu'une augmentation de la productivité représente un risque de conflits d'objectifs (p. ex. biodiversité, excédents d'éléments fertilisants, compétition feed/food).
 - Par ailleurs, l'augmentation de la *durée de vie productive* chez les vaches laitières et les vaches allaitantes a été estimée. De nombreuses discussions sont actuellement en cours au sujet de la mesure Durée de vie productive chez les vaches laitières. La conclusion de l'analyse est que la mesure Durée de vie productive a un effet positif sur la protection du climat, même si l'on considère l'ensemble du système de production de lait et de viande. L'impact est toutefois inférieur à celui de l'augmentation de la productivité.
- Il existe un fort potentiel dans le domaine de la sélection *visant une haute efficacité alimentaire et de faibles émissions de méthane*. Toutefois, il n'est pas possible d'exploiter ce potentiel à court ou moyen terme et il convient d'envisager son utilisation à long terme.
- La mesure *Charbon végétal* représentée en gris offre des avantages intéressants pour la santé animale, l'amélioration de la structure du sol et la protection du climat, car le carbone est stocké à long terme dans le sol. On a calculé la quantité de carbone végétal stockée si toutes les vaches consomment 50 g de charbon végétal par jour. Pour le bétail bovin, l'utilisation en cascade est recommandée, en commençant par l'affouragement. Les différents effets positifs du charbon végétal peuvent ainsi avoir un impact optimal. L'effet sur la protection du climat en cas d'utilisation via l'affouragement est limité en raison des faibles quantités distribuées.
- Les systèmes agroforestiers offrent des possibilités intéressantes de stocker davantage de carbone sur les surfaces. Le potentiel dépend fondamentalement du dimensionnement des systèmes. L'estimation du potentiel de réduction s'appuie sur les estimations de l'OFAG faites dans le cadre des réflexions sur la PA 22+. Cette estimation a permis d'analyser la quantité de carbone que la mesure Agroforesterie stockerait avec les contributions prévues. Cela ne correspond donc pas au potentiel de réduction théoriquement possible, celui-ci serait plus important.
- Le potentiel suivant réside dans le traitement de l'ensemble des engrais de ferme, soit par fermentation dans une installation de biogaz, soit par acidification. Les engrais de ferme ne pouvant être acidifiés et fermentés en même temps, ces deux mesures sont indiquées ensemble. Il existe en Suisse deux installations pilotes pour l'acidification du lisier. Diverses questions en suspens sont encore en cours d'examen par le secteur de la recherche. La mesure ne peut donc pas encore être mise en œuvre à grande échelle. En ce qui concerne les installations de biogaz, les coûts et les conditions-cadres politiques constituent actuellement le facteur limitant. Compte tenu de cette situation initiale, la mesure est hachurée, car sa mise en œuvre est réaliste à moyen et/ou long terme.
- Il existe encore un certain potentiel dans le domaine de la couverture des fosses à lisier. Nombre d'entre eux sont déjà couverts, ce qui a été pris en compte dans l'évaluation du potentiel.
- Une amélioration de l'efficacité azotée des engrais de ferme est également bénéfique pour le climat. Ce domaine de mesures fait actuellement l'objet de vives discussions en lien avec la trajectoire de réduction des pertes d'éléments fertilisants. Il est important de souligner qu'il existe de nombreuses synergies entre la réduction des émissions de GES et celle des excédents d'éléments fertilisants.
- Dans le domaine de l'énergie, le potentiel de réduction a été estimé pour les mesures de récupération de chaleur issue du refroidissement du lait et de variateurs de fréquence sur les installations de traite. Fondamentalement, le potentiel des mesures d'efficacité énergétique est limité, car le mix électrique suisse se caractérise par des émissions de GES relativement faibles. L'amélioration de l'efficacité énergétique devrait être un objectif en soi, avec des synergies autour de la protection du climat. Légitimer le soutien pour des mesures énergétiques ayant pour principal objectif la protection du climat n'a pas beaucoup de sens.

8 Connaissances à approfondir

Une grande partie des travaux de recherche dans le domaine du bétail bovin se concentre sur la production de lait. Une vérification approfondie de la transférabilité des connaissances acquises à l'engraissement du bétail bovin ainsi que la vérification d'autres stratégies de réduction spécifiques à l'engraissement sont en suspens.

Il existe encore des lacunes dans les connaissances sur les **additifs alimentaires**:

- L'efficacité et l'applicabilité de Bovaer dans les conditions de production suisses doivent être analysées plus avant. La plupart des études réalisées concernent les systèmes en RTM. L'analyse approfondie de l'utilisation d'additifs alimentaires et de leurs effets dans les systèmes d'affouragement à base d'herbe est en cours.
- D'une manière générale, de nombreuses études différentes sont actuellement menées sur les additifs alimentaires et de nouveaux additifs sont sans cesse testés et développés. L'évolution des connaissances en la matière doit être suivie. Un certain nombre de questions et d'incertitudes demeurent: les additifs alimentaires sont-ils efficaces à long terme? Y a-t-il des effets néfastes sur la santé animale en cas de prise prolongée?

Les connaissances doivent être approfondies en matière de **durée de vie productive**:

- Il est nécessaire de mieux comprendre comment les différentes mesures se répercutent sur l'ensemble de la filière bovine. Les projets Modélisation de la production bovine et Durée de vie productive fourniront certainement des enseignements importants à ce sujet.
- Outre l'augmentation du nombre de lactations, il existe fondamentalement d'autres possibilités d'optimiser la phase productive d'une vache laitière. Par exemple, chez les animaux présentant un haut niveau de production et une bonne persistance, la durée de lactation peut être prolongée. Cela se répercute à son tour sur la production de viande, car il n'y a alors plus un veau par an. Il faut encore améliorer la compréhension des relations entre la production de lait et de viande, afin que les effets des mesures puissent être clairement quantifiés dans le contexte d'une vision globale du système.

Il existe encore des lacunes dans les connaissances sur les **engrais de ferme**:

- L'acidification du lisier est mise en œuvre dans quelques exploitations pilotes en Suisse. Différentes lacunes en termes de recherche sont actuellement à l'étude.
- S'agissant des installations de biogaz, la stratégie à suivre doit être clarifiée au niveau politique. Cela montrera si et comment le potentiel inexploité des installations de biogaz sera exploité.

Il est également nécessaire d'agir en ce qui concerne le **stockage du carbone**. Les discussions ont montré que le sujet n'est pas traité de la même manière partout. L'évaluation dans les filières ne coïncide pas toujours avec celle de la recherche. Il serait important de disposer d'une base de discussion encore plus large que celle qui a été élaborée dans le cadre de ce projet.

Les évolutions dans le domaine des **certificats climat** sont dynamiques. Diverses possibilités s'offrent notamment sur le marché volontaire du carbone. Par exemple, un programme pour le charbon végétal a été lancé. Une vue d'ensemble claire sur les possibilités actuelles et les évolutions futures en matière de certificats climatiques dans l'agriculture semble pour l'instant faire défaut.

Diverses évaluations finales de projets climatiques en cours sont encore en suspens. Dans le projet AgroCO2ncept Flaachtal, le troisième et dernier bilan doit encore être effectué et intégré dans les analyses et les évaluations. Une analyse au niveau des mesures est prévue pour l'outil KLIR. Celle-ci doit montrer quelles mesures ont contribué à la réduction des émissions et comment elles peuvent être encouragées. Par ailleurs, les projets en cours Durée de vie productive⁶ et Modélisation de la production bovine⁷ sont également d'une grande importance pour les questions liées à la protection du climat dans le secteur du bétail bovin. Tous ces projets apporteront d'autres enseignements intéressants.

⁶ <https://www.fibl.org/fr/sujets/project-base-donnees/projet-item/project/1821>

⁷ <https://www.proviande.ch/fr/ueber-uns/geschaeftsbericht/prestations-de-services>

Bibliographie

- AGRIDEA. (2021). Vue d'ensemble du potentiel de diverses mesures visant à atteindre une réduction de 20 % de la trajectoire de réduction de l'azote. Non publié.
- Alig, M., Prechsl, U., Schwitter, K., Waldvogel, T., Wolff, V., Wunderlich, A., Zorn, A., Gaillard, G. (2015). *Ökologische und ökonomische Bewertung von Klimaschutzmassnahmen zur Umsetzung auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Schweiz. (Évaluation écologique et économique des mesures de protection du climat à mettre en œuvre dans les exploitations agricoles suisses)*. Agroscope. <https://ira.agroscope.ch/fr-CH/Page/Publication/Index/35019>
- Bapst, B. (2019). *Emissionsminderung bei Milchkühen durch Zucht (Réduction des émissions chez les vaches laitières grâce à l'élevage)* [contribution à la Conférence]. 6^e Conférence sur la durabilité Agroscope, Zurich, Suisse.
- Baur, P., & Krayer, P. (2021). *Schweizer Futtermittelimporte - Entwicklung, Hintergründe, Folgen. (Importations suisses d'aliments pour animaux – évolution, contexte, conséquences.)* Haute école zurichoise des sciences appliquées ZHAW. <https://doi.org/10.21256/zhaw-2400>
- OFAG. (2020). *20.022 Politique agricole à partir de 2022 (PA22+). Rapport sur les questions de la CER-E du 2 juillet 2020*. Office fédéral de l'agriculture. <https://www.parlament.ch/centers/documents/fr/2020-0022-zusatzbericht-blw-2020-07-02-f.pdf>
- IPLait. (2021a). *Entwicklung Kraftfuttereinsatz pro Kilo Milch. (Évolution de la consommation d'aliments concentrés par kilo de lait.)* Document interne.
- Bretscher, D., Ammann, C., Wüst, C., Nyfeler, A., & Felder, D. (2018). Potentiels de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans la détention d'animaux de rente en Suisse. *Recherche Agronomique Suisse*, 9 (11-12), 376-383. <https://ira.agroscope.ch/fr-CH/Page/Publication/Index/40154>
- Dudda, E. (2021). *Ideenkatalog. (Catalogue d'idées.)* Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden. (Agriculture climatiquement neutre dans les Grisons.) <https://www.klimabauern.ch/ideenkatalog>
- EFSA. (2021). Safety and efficacy of a feed additive consisting of 3-nitrooxypropanol (Bovaer® 10) for ruminants for milk production and reproduction (DSM Nutritional Products Ltd). *EFSA Journal*, 19 (11), 35. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6905>
- Grenz, J., & Angnes, G. (2020). *Wirkungsanalyse: Nachhaltigkeit der Schweizer Soja-Importe. Eine Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt. (Analyse d'impact: durabilité des importations suisses de soja. Une étude réalisée sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement.)* Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL.
- Hagedorn, F., Krause, H.-M., Studer, M., Schellenberger, A., & Gattinger, A. (2018). *Boden und Umwelt. Organische Bodensubstanz, Treibhausgasemissionen und physikalische Belastung von Schweizer Böden. Thematische Synthese TS2 des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68). (Sol et environnement. Substance organique du sol, émissions de gaz à effet de serre et pollution physique des sols suisses. Synthèse thématique ST2 du Programme national de recherche «Utilisation durable de la ressource sol» (PNR 68)* Fonds national suisse de la recherche scientifique.
- Haupt, C., Hofer, N., Roesch, A., Gazzarin, C., & Nemecek, T. (2018). *Analyse ausgewählter Massnahmen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit in der Schweizer Milchproduktion - Eine Literaturstudie. (Durabilité de la production laitière suisse: analyse des mesures sélectionnées – une étude bibliographique.)* Agroscope. <http://www.agroscope.ch/science>
- Hoffet, F., & Koster, B. (2020). *Akzeptanzanalyse zum „Punktesystem Klima- und Ressourcenschutz“ der IP-Suisse. (Analyse d'acceptation du «système à points Protection du climat et des ressources» d'IP-Suisse.)* Agridea. <https://www.ipsuisse.ch/akzeptanzanalyse-zum-punktesystem-klima-und-ressourcenschutz-der-ipsuisse-2/>
- Köke, T., Ineichen, S., Grenz, J., & Reidy, B. (2021). Gaz à effet de serre: KLIR – Modèle de calcul individuel des émissions sur les exploitations laitières. *Recherche Agronomique Suisse*, 12, 64-72. <https://doi.org/10.34776/afs12-64>
- Kreuzer, M. (2020). *Milchviehfütterung: Wie kann man gezielt gegen Methanemissionen vorgehen [Handout]. (Comment agir de manière ciblée contre les émissions de méthane [Handout].)* Milchviehforum 2020, BBZN, Hohenrain, Suisse.
- Kupper, T. (2015). *Separierung von Gülle und ihr Einfluss auf Ammoniakemissionen. (La séparation du lisier et son influence sur les émissions d'ammoniac.)* Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL.

- Meier, S. (2018). «Grundfutter-Milch» lohnt sich. (Le « ait fourrage de base» en vaut la peine.) Schweizer Bauer. <https://www.schweizerbauer.ch/pflanzen/futterbau/grundfutter-milch-lohnt-sich/>
- Mulser, E., Ineichen, S., Sutter, M., Hofstetter, P., & Probst, P. (2018). Performances animales à partir d'herbage frais. *Recherche Agronomique Suisse*, 9 (4), 126-133. <https://www.agrar-forschungschweiz.ch/fr/2018/04/performances-animales-a-partir-dherbage-frais/>
- Notz, C., Maeschli, A., Walkenhorst, M., Staehli, P., & Ivemeyer, S. (2013). Feed no food – Influence of minimized concentrate feeding on animal health, fertility and performance of Swiss organic dairy cows. *Tierärztliche Umschau*, 68 (8), 307-310. <https://www.fibl.org/de/themen/projekt Datenbank/projektitem/project/236>
- Peter, S., Hartmann, M., Weber, M., Lehmann, B., & Hediger, W. (2009). «THG 2020» – Möglichkeiten und Grenzen zur Vermeidung landwirtschaftlicher Treibhausgase in der Schweiz. («GES 2020» – Possibilités et limites pour éviter les gaz à effet de serre agricoles en Suisse.) Groupe d'économie agraire, agroalimentaire et environnementale EPF. *Info AgrarWirtschaft*, 1, 142.
- Probst, S., Wasem, D., Kobel, D., Zehetmeier, M., & Flury, C. (2019). Émissions de gaz à effet de serre de la production combinée de lait et de viande en Suisse. *Recherche Agronomique Suisse*, 10 (11-12), 440-445.
- swissherdbook. (2018). *Explications relatives à l'estimation des valeurs d'élevage*. Swissherdbook. https://www.swissherdbook.ch/fileadmin/04_Publikationen/04.8_Zuchtwertlisten/Erlaeuterungen_Broschuere_ZWS_2018_F_Web.pdf
- Wasem, D., & Probst, S. (2020). *Bedeutung der Tierernährung für die Verwertung von Lebensmittel-Nebenprodukten. (Importance de l'alimentation animale pour la valorisation des sous-produits alimentaires.)* Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL. <https://doi.org/10.34776/afs11-238>