

Premiers résultats d'une approche environnementale globale et intégrée de l'exploitation laitière de Trévarez

FORAY S. (1), BROCARD V. (2), TRANVOIZ E. (3), TROU G. (3), LE CŒUR P. (3)

(1) Institut de l'Élevage, BP 85225, 35652 Le Rheu Cedex

(2) Chambre d'agriculture de Bretagne, CS 74223, 35042 Rennes Cedex

RESUME

La ferme expérimentale laitière de Trévarez (Bretagne) met en place depuis 2018 une stratégie intégrant un ensemble de leviers et de pratiques pour répondre aux enjeux environnementaux auxquels font face les systèmes de production agricoles. Cette stratégie repose notamment sur la réduction du taux de renouvellement et de l'âge au vêlage des génisses, la baisse des intrants alimentaires et l'utilisation de tourteaux de colza à la place du soja pour l'alimentation des vaches laitières, la valorisation des déjections produites sur l'exploitation pour limiter l'utilisation d'engrais minéraux. Pour étudier les effets de ces facteurs sur les performances environnementales de l'exploitation, les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) (méthane CH₄, protoxyde d'azote N₂O ou dioxyde de carbone CO₂), mais aussi les pertes azotées, ont été déterminées avec l'outil CAP'2ER développé par l'Institut de l'Élevage. L'approche réalisée ne s'arrête toutefois pas aux indicateurs couramment utilisés tels que l'empreinte carbone du lait mais s'intéresse aussi et particulièrement à la globalité du système d'élevage. Cette stratégie globale conduite a permis de réduire les émissions de GES de 14% par litre de lait (0,83 vs 0,97 kg eqCO₂ l⁻¹). À l'échelle de l'exploitation, cette réduction est de 13% par ha de SAU (7 788 vs 8 904 kg eqCO₂ ha⁻¹). En 2021, 85% des émissions de GES de l'exploitation sont liés à son fonctionnement biologique (CH₄ entérique, N₂O liée à la gestion des déjections). Le carbone stocké dans les sols et dans les haies (partie racinaire et partie aérienne) permet de compenser intégralement les émissions liées aux intrants. L'efficacité de l'azote (NUE) est également passée de 38% à 43 % et l'excédent du bilan réduit de 12 kgN par ha de SAU (83 à 71 kgN ha⁻¹) limitant les pertes azotées vers l'eau et l'air. L'utilisation d'indicateurs bien connus (bilan apparent ou efficacité de l'azote) et d'autres dédiés aux émissions de GES dont les modalités d'expression diffèrent de la seule production laitière (empreinte carbone du lait) et qui s'intéressent à la globalité de l'exploitation (émissions de GES par ha de SAU, émissions liées au fonctionnement biologique de l'exploitation) et non uniquement à l'atelier laitier révèle tout l'intérêt de l'approche intégrée des leviers d'action pour s'assurer de répondre correctement aux enjeux environnementaux.

First results of a global and integrated environmental approach of Trevarez dairy farm

FORAY S. (1), BROCARD V. (2), TRANVOIZ E. (3), TROU G. (3), LE CŒUR P. (3)

(1) Institut de l'Élevage, BP 85225, 35652 Le Rheu Cedex

SUMMARY

Since 2018, the Trevarez experimental dairy farm (Brittany) has been implementing a strategy integrating a set of measures to meet the environmental challenges facing agricultural production systems. This strategy is based on reducing the replacement rate and the calving age of heifers, reducing feed inputs, and using rapeseed cake instead of soybeans for dairy cows, recovering the value of manure produced on the farm to limit the use of mineral fertilizers. To study the effect of these factors on the environmental performance of the farm, GHG emissions (CH₄, N₂O or CO₂), as well as nitrogen losses, were determined using the CAP'2ER tool developed by the Institut de l'Élevage. However, the approach is not limited to commonly used indicators such as the carbon footprint of milk and focuses on the overall farming system. The overall strategy has reduced GHG emissions by 14% per litre of milk (0.83 vs 0.97 kg eqCO₂ l⁻¹). At the farm level, this reduction is 13% per hectare of UAA (7,788 vs. 8,904 kg eqCO₂ ha⁻¹). In 2021, 85% of the farm's GHG emissions are linked to its biological functioning (CH₄ enteric, N₂O linked to manure management). The carbon stored in the soil and in the hedgerows (root and aerial parts) will fully compensate for the emissions linked to inputs (concentrates, fuel, fertilizer). Nitrogen efficiency (NUE) also increased from 38% to 43% and the nitrogen surplus reduced by 12 kgN ha⁻¹ UAA (83 to 71 kgN ha⁻¹) limiting nitrogen losses to water and air. The use of well-known indicators (nitrogen balance or NUE), together with indicators dedicated to GHG emissions, which are expressed differently from the level of milk production (carbon footprint of milk) and which are concerned with the whole farm and not just the dairy unit (GHG emissions per ha of UAA, emissions linked to the biological functioning of the farm), reveals the interest of an integrative view of the measures in order to ensure that the environmental issues are correctly tackled.

INTRODUCTION

La prise en compte des préoccupations environnementales en élevage herbivore est un enjeu majeur. L'élevage doit concilier à la fois des objectifs de production compatibles avec la notion de produits de qualité tout en respectant l'environnement. Des efforts importants ont été entrepris par la filière herbivore ces dernières années pour réduire l'impact de l'activité d'élevage sur la qualité de l'eau (Foray & al. 2019).

Aujourd'hui, le changement climatique nécessite plus que tout d'élargir l'analyse environnementale à d'autres aspects, notamment aux émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) afin de trouver les solutions pour les réduire tout en maintenant une activité agricole viable. Ainsi, la filière laitière française a déployé la démarche « Ferme Laitière Bas Carbone » (www.ferme-laitiere-bas-carbone.fr/) dont l'objectif consiste à réduire l'empreinte carbone du lait de 20%. Pour encourager les éleveurs à l'intégrer, la ferme expérimentale de Trévarez (Chambre d'agriculture de Bretagne) a mis en place depuis 2018 une expérimentation système à orientation « Bas

Carbone » sur son élevage laitier conventionnel. L'analyse du déploiement de la combinaison de plusieurs leviers et pratiques vertueuses permet de préciser les connaissances sur leur interopérabilité, leur coût de fonctionnement, leur difficulté/facilité de mise en place et leurs impacts environnementaux (positifs ou négatifs). En effet, si de nombreux leviers ont été identifiés comme ayant un intérêt ponctuel pour la réduction des émissions de GES (Pellerin et al. 2013, Dolle et al. 2017) ou pour les compenser par le stockage de carbone sous les prairies (Arrouays et al., 2002 ; Soussana, 2010), ils sont souvent analysés à l'échelle du maillon considéré sur l'élevage (troupeau ou stockage des déjections par exemple), sans prendre en compte leur incidence sur la gestion globale de l'exploitation (Faverdin et Van Milgen, 2019). Les travaux conduits sur la ferme expérimentale de Trévarez viennent ainsi compléter les travaux liés à l'approche intégrée de la mise en place combinée de pratiques visant à réduire les émissions de GES et plus globalement les impacts environnementaux des élevages laitiers (Foray et al. 2020).

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. La ferme expérimentale de Trévarez et le système étudié

La ferme de Trévarez est située dans le centre-est du Finistère, à 30 km au Nord-Est de Quimper. Elle bénéficie d'un climat océanique, même si la zone peut être qualifiée de froide et humide, avec une pluviométrie moyenne de 1 250 mm par an. Si Trévarez dispose de deux élevages laitiers, dont un en agriculture biologique, c'est l'élevage conduit en agriculture conventionnelle qui est concerné par l'expérimentation système présentée ici. Ce système appelé « Bas Carbone » a été lancé en 2018. Il mobilise entre 125 et 130 vaches laitières de race Prim'Holstein et environ 45 génisses de renouvellement par génération. Les vaches en lactation sont logées dans une stabulation à logettes non paillées, avec matelas. Les génisses et les vaches tarées sont logées dans une étable avec aire de couchage paillée et une aire d'exercice raclée en fumier. Le système dispose d'une surface agricole de 130 ha. La surface pâturable est volontairement bloquée à 25 ares par vache laitière, sur un potentiel d'un peu plus de 40 ares accessibles par vache, afin de correspondre à la moyenne des exploitations bretonnes. Les systèmes de cultures sont fonction de la localisation des parcelles et de la dichotomie entre surfaces accessibles et surfaces non accessibles au pâturage par les vaches laitières. Sur les 51 ha accessibles, une rotation majoritaire Maïs – Maïs - Céréales-RGI/colza dérobé/prairies permet de faire bénéficier au maïs l'effet retournement de la prairie. Une rotation courte colza/RGI sur les surfaces proches des bâtiments entre 2 prairies a comme finalité de maintenir cette surface accessible au pâturage. Sur les surfaces non accessibles, les rotations alternent entre les surfaces en herbe et les surfaces en cultures annuelles. L'organisation des rotations sur ces surfaces non accessibles a comme objectif de favoriser les rendements fourragers selon les besoins en herbe et en appliquant comme règles de décision 1) de satisfaire les besoins de surfaces dédiées au pâturage des génisses et 2) de garantir les besoins de surfaces orientées vers la fauche pour les vaches laitières.

1.2. Les objectifs et la construction du système Bas Carbone

L'objectif du système lors de sa conception était de produire 8 000 kg de lait par vache et par an, de réduire d'au moins 20% l'empreinte carbone du lait à l'horizon 2025 par rapport à la situation d'origine, de limiter les fuites d'azote et de garantir efficacités économique et sociale. Les mesures ou pratiques mises en place sur l'élevage pour atteindre ces objectifs sont issues d'une étude bibliographique et de simulations réalisées au démarrage de l'essai système. Cinq leviers de deux ou trois modalités, applicables au contexte de Trévarez

ont été testés par modélisation avec l'outil d'analyse environnementale CAP'2ER décrit ci-après. Les 48 simulations réalisées à partir des données zootechniques réelles de la ferme de Trévarez issues de précédents travaux (Brocard et al., 2020) ont permis de définir les pratiques les plus pertinentes à mettre en place en termes de réduction des émissions de GES et de pertes azotées. Le choix s'est porté sur (a) la réduction de l'âge au premier vêlage en visant un vêlage des génisses à 24 mois - vs 27 mois - , sur (b) deux périodes de vêlage (65% des vêlage à l'automne et 35% au printemps) – vs 100% à l'automne ou 100 % au printemps, sur (c) l'utilisation de tourteau de colza plutôt que de soja, sur (d) la non utilisation de concentrés de production (céréales) – vs utilisation de céréales en complément, sur (e) une récolte précoce d'herbe ensilée pour favoriser la qualité plutôt que la quantité. Par la suite, la conduite a été adaptée au fur et à mesure des résultats obtenus par recherche permanente d'optimisation.

1.3. Données techniques enregistrées

Les données suivantes ont été enregistrées sur les 4 années étudiées : les effectifs de toutes les catégories animales, la valeur alimentaire des fourrages, l'alimentation distribuée et les refus à l'auge (vaches traitées, tarées, à l'engrais et génisses), le concentré VL individuel, le planning de pâturage des vaches et des génisses pour évaluer les quantités d'herbe consommée (méthode HerbValo, Delagarde et al., 2017), la production laitière par traite, les taux du lait et les cellules (1 contrôle par semaine), les données de reproduction et de santé, les pesées et notes d'état corporel mensuelles. Pour le volet végétal, ont été enregistrés le suivi des rotations, les itinéraires techniques des cultures, la gestion de la fertilisation minérale et organique, les rendements des cultures.

1.4. L'évaluation environnementale

L'évaluation environnementale du système Bas Carbone a été réalisée à l'échelle de l'exploitation de 2018 à 2021 avec l'outil CAP'2ER (v6.4.0) développé par l'Institut de l'Élevage (<https://cap2er.fr/Cap2er/>). Elle s'intéresse à l'ensemble des impacts environnementaux (émissions de GES, bilan apparent de l'azote, lessivage des nitrates, émissions d'ammoniac, ...) afin d'analyser le risque de transfert de pollution entre les différents compartiments (eau, air, sol). Les émissions de GES sont évaluées sur plusieurs postes : la fermentation entérique, la gestion des déjections (bâtiment, stockage, épandage, pâturage), les consommations d'énergie directe (fioul) et indirecte (émissions de CO₂ générées lors de la fabrication et le transport des intrants) mais aussi les émissions liées à l'application des engrais minéraux. Ces émissions de GES sont converties en équivalent CO₂ et ramenées à la production laitière standard en protéines et matières grasses (kg eqCO₂ l⁻¹ lait) sur la base de l'allocation biophysique lait/viande préconisée par la Fédération Internationale Laitière. L'empreinte carbone nette du lait, qui prend en compte une estimation du stockage de carbone associé aux surfaces en prairies, est également proposée. L'approche réalisée ne s'arrête toutefois pas à ces indicateurs couramment utilisés. En effet, des travaux récents mettent en avant le besoin d'aborder ces questions environnementales de façon intégrée et soulignent la difficulté du choix des unités fonctionnelles (litre de lait ou kg de viande vive par exemple) à utiliser (Van der Werf et al. 2020). Dans le cadre du suivi du système Bas Carbone de Trévarez, d'autres indicateurs sont utilisés. Il s'agit par exemple du rapport entre les émissions de GES liées au fonctionnement « biologique » de l'exploitation - méthane (CH₄) entérique, CH₄ et protoxyde d'azote (N₂O) liés à la gestion des déjections - et les émissions de GES totales, ou encore le rapport entre les émissions liées aux intrants (CO₂ direct lié à la consommation d'énergie, CO₂ indirect lié aux intrants et N₂O lié à la fertilisation minérale) et les mêmes émissions totales.

2. RESULTATS

2.1. RESULTATS TECHNIQUES

2.1.1. Surface fourragère et alimentation

Au cours des 4 années, le système Bas Carbone a été conduit sur 82 ha de prairies, dont 29 ha de prairies permanentes, et sur 34 ha de maïs ensilage. La part de maïs dans la surface fourragère principale (SFP) passe sous la barre des 30% à partir de 2019. Elle est de 26% en 2021.

Si l'herbe représente 33% de la matière sèche (MS) ingérée sous forme de fourrage en 2018, elle atteint 49% de la ration (MS) hors concentrés en 2021. En moyenne, 80% de cette herbe est ingérée au pâturage. Depuis 2019, 100% des concentrés protéiques distribués aux vaches laitières sont constitués de tourteau de colza.

Le système est autonome en fourrage et affiche une autonomie protéique moyenne de 73% sur les 4 ans. Elle atteint 78% en 2021 (tableau 1).

2.1.2. Production laitière

Entre 2018 et 2021, la production laitière brute a augmenté de 286 litres par vache (tableau 1). Elle s'est accompagnée d'une amélioration de la matière utile : le taux butyreux (TB) a gagné plus d'un point (de 43,2 g/l en 2018 à 44,5 g/l en 2021), tout comme le taux protéique (TP) qui passe de 32,3 g/l en 2018 à 33,7 g/l en 2021. En 2020, ces taux ont été légèrement plus faibles et compensés par une production laitière plus importante. En corrigeant la production laitière avec un TB de 40 g/kg et un TP de 33 g/kg, le lait produit par vache présente atteint 8 036 kg en 2021, soit 490 kg de plus qu'en 2018, répondant aux objectifs de production fixés au démarrage de l'expérimentation.

Enfin, l'écart entre le lait livré et le lait produit est le plus faible en 2021 où seuls 2,7% du lait produit n'a pas été livré (distribué aux veaux ou écarté à la suite du traitement de mammites).

	2018	2019	2020	2021
Occupation du sol				
Prairies temporaires + permanentes (ha)	78,1	81,7	77,6	86,0
Maïs (ha)	41,6	31,7	37,7	33,8
Surface fourragère (ha)	122,5	118,4	117,4	122,9
Part de maïs dans la surface fourragère (%)	32%	24%	29%	26%
Cultures de vente (ha)	8,0	7,2	13,1	7,6
Alimentation				
Herbe pâturée (kg MS / VL / an)	1 503	1 526	1993	2 281
Herbe ensilée (kg MS / VL / an)	421	183	463	508
Foin (kg MS / VL / an)	78	79	44	155
Maïs ensilage (kg MS / VL / an)	3 889	3 968	3612	3049
Autres fourrages conservés (kg MS / VL / an)	120	360	235	211
Total fourrages (kg MS / VL / an)	6 011	6 117	6348	6204
<i>Autonomie fourragère</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>
Tourteau de colza (kg / VL / an)	409	723	635	690
Tourteau de soja (kg / VL / an)	157	0	0	0
Blé et féverole (kg / VL / an)	142	0	0	0
Total concentrés (kg / VL / an)	799	723	635	690
<i>Autonomie protéique</i>	<i>73%</i>	<i>76%</i>	<i>80%</i>	<i>78%</i>
Production laitière				
Lait vendu total (x 1 000 l)	899	978	992	938
Lait produit brut / VL présente (l)	7 481	7 771	7 927	7 767
Taux butyreux (g/l)	43,2	44,2	42,1	44,5
Taux protéique (g/l)	32,3	32,6	32,7	33,7
Lait produit corrigé TB-TP / VL présente (l)	7 546	7 949	7 917	8 036
Lait vendu / lait produit (%)	94,7%	97,2%	96,9%	97,3%

Tableau 1 Ration moyenne annuelle en fourrages (kg de matières sèches MS) et quantité moyenne annuelle de concentrés hors minéraux (kg de matière brute) par vache laitière présente – autonomies fourragère et protéique – production laitière et qualité du lait sur la ferme de Trévarex entre 2018 et 2021

2.1.3. Conduite des génisses

En 2020 et 2021, les génisses ont vêlé à 25 mois en moyenne. L'âge au premier vêlage a été réduit de 2 mois par rapport aux moyennes de 2016 à 2019. Ces résultats s'expliquent par une meilleure croissance des génisses entre la naissance et l'insémination, et par le choix des génisses conservées pour le renouvellement.

Depuis 2018, les génisses sont sevrées à 100 kg en moyenne pour un âge au sevrage de 75 jours (tableau 2). L'alimentation des veaux a ainsi été revue. De 15 jours à 5 mois, leur ration est constituée de foin à volonté, d'eau et d'un concentré à base de féverole et de granulé d'orge, plafonné à 3,5 kg par tête. A 6 mois, les génisses atteignent 200 kg. A partir de cet âge, l'objectif est de maximiser le pâturage. Sur l'ensemble de leur durée d'élevage, les génisses pâturent ainsi plus de 400 jours en 25 mois. Si la consommation de concentrés a augmenté de 100 kg par génisse élevée, elle est compensée par une économie de 660 kg de matières sèches de fourrages du fait des 2 mois d'élevage gagnés.

Les génisses atteignent en moyenne 400 kg à 15 mois. Elles sont inséminées à 380 kg minimum après pesée au moment des périodes d'inséminations artificielles.

Le gain de croissance observé a permis de réduire le nombre de génisses décalées d'une saison de reproduction à l'autre, faute de poids suffisant, et donc de réduire l'âge au vêlage, sans dégrader le poids après vêlage qui reste identique.

	2015 à 2017	2018 à 2020	Ecart
Effectifs	126	129	
kg naissance	39	41	+ 2 kg
kg sevrage 75 j	85	100	+ 15 kg
kg à 6 mois	176	201	+ 25 kg
kg à 15 mois	368	400	+32 kg
kg après vêlage	561	565	+ 4 kg
Age 1 ^{er} vêlage	26,7	24,7	- 2 mois

Tableau 2 Evolution des croissances des génisses élevées sur la ferme de Trévarex depuis 2015

2.2. RESULTATS ENVIRONNEMENTAUX

2.2.1. Efficience de l'utilisation de l'azote, bilan apparent de l'azote et pertes potentielles vers le milieu

Le tableau 3 présente les principaux postes du bilan apparent de l'azote dont l'excédent n'a jamais dépassé 83 kgN ha⁻¹ (valeur en 2018), reflétant des pertes potentielles vers le milieu relativement faibles et très inférieures aux références disponibles pour des systèmes d'élevage équivalents. Ceux-ci affichent en moyenne un excédent du bilan apparent de 96 kgN ha⁻¹ pour les systèmes de plaine où le maïs représente 10 à 30% de la SFP ou 119 kgN ha⁻¹ pour les systèmes de plaine où le maïs occupe plus de 30% de la SFP (Foray et al. 2017).

Par rapport à ces références, Trévarez est caractérisée par des entrées d'azote plus faibles sur les postes « engrais minéraux » avec en 2021 une valeur de 34 kgN ha⁻¹ contre 65 kgN ha⁻¹ et 89 kgN ha⁻¹. Les entrées liées aux aliments concentrés sont également plus faibles. La fixation symbiotique sur le système Bas Carbone de Trévarez est à l'opposé plus marquée que dans les 2 systèmes de référence. Les sorties d'azote (lait vendu principalement) sont quasiment identiques entre le système de Trévarez et le système de référence à 10-30 % de maïs dans la SFP. L'efficience azotée de l'exploitation (rapport entre les sorties d'azote et les entrées) est en moyenne supérieure à 40%.

	Trévarez Bas Carbone				Données Inosys Réseau d'Elevage 2009-2013 (Foray et al., 2017)	
kgN ha ⁻¹ SAU an ⁻¹	2018	2019	2020	2021	Système de plaine 10-30% maïs dans la SFP	Système plaine < 30% de maïs dans la SFP
Total des entrées, dont	134	121	100	123	145	188
Engrais minéraux	32	26	25	34	65	89
Aliments concentrés	50	42	36	39	43	69
Fixation symbiotique	30	31	29	37	19	11
Total des sorties	51	52	55	52	49	69
Bilan apparent N et pertes potentielles	83	69	45	71	96	119
Vers l'air	40	38	33	37	29	37
Vers l'eau	29	18	2	16	49	77
Efficience azotée NUE (%)	38%	43%	55%	43%	37%	39%

Tableau 3 Bilan apparent de l'azote, pertes potentielles vers le milieu et efficience de l'utilisation de l'azote du système Bas Carbone de Trévarez et comparaison à des systèmes de référence

2.2.2. Emissions de GES

Les émissions brutes de GES (tableau 4), exprimées en kg eq CO₂ l⁻¹ de lait corrigé ont baissé de 14% en passant de 0,97 à 0,83. C'est également une valeur inférieure de 19% à la référence régionale Bretagne à système comparable.

En intégrant le stockage de carbone dans les sols prairiaux et la partie racinaire de haies, l'empreinte carbone nette du lait atteint 0,71 kg eq CO₂ l⁻¹, soit une baisse de 17% par rapport à 2018.

Plus globalement, à l'échelle de l'exploitation, les émissions de GES ramenées à l'ha de SAU ont suivi la même tendance (-13% entre 2018 et 2021).

Le rapport entre les émissions de méthane entérique et les émissions totales de l'exploitation augmente légèrement en 4 ans (58 % en 2018 et 62 % en 2021).

Toutefois, ces mêmes émissions de méthane entérique rapportées aux émissions liées au fonctionnement biologique de l'exploitation fluctuent très peu sur la campagne de suivi.

La réduction de la part des émissions liées aux intrants sur les émissions de GES totales est également visible (20 % en 2018 vs 15 % en 2021).

L'augmentation de la surface en prairie en 2021 se traduit par une augmentation du stockage de carbone de 171 kg eqCO₂ ha⁻¹ de SAU en l'espace de 4 ans.

Enfin, le stockage de carbone complémentaire dans la partie aérienne non valorisée des haies est estimé à 102 kg eqCO₂ ha⁻¹ de SAU.

Echelle	Trévarez Bas Carbone				Evolution 4 ans	Réf*
	2018	2019	2020	2021		
Emissions brutes de GES (kg eqCO ₂ l ⁻¹ lait corrigé)	0,97	0,87	0,81	0,83	-14%	1,02
Stockage de carbone (kg eq CO ₂ l ⁻¹ lait corrigé)	0,11	0,10	0,10	0,12	+ 9%	0,16
Empreinte carbone nette (kg eqCO ₂ l ⁻¹ lait corrigé)	0,86	0,77	0,71	0,71	-17%	0,86
Emissions brutes de GES (kg eqCO ₂ l ⁻¹ ha ⁻¹)	8 904	8 515	7 929	7 788	-13%	
Emissions CH ₄ entérique / émissions totales (%)	58%	59%	64%	62%		
Emissions CH ₄ entérique / émissions biologiques (%)	72%	72%	75%	73%		
Emissions biologiques du système / émissions totales (%)	80%	83%	85%	85%		
Emissions liées aux intrants / émissions totales (%)	20%	17%	15%	15%		
Stockage de carbone kg eqCO ₂ ha ⁻¹ de SAU	962	943	958	1 133		
Stockage de carbone / intrants totaux	55%	65%	83%	100%		
Stockage de carbone complémentaire bois (biomasse aérienne) kg eqCO ₂ ha ⁻¹ de SAU	102					
Stockage de carbone total (avec biomasse aérienne) / intrants totaux	66%	78%	100%	117%		

Tableau 4 Emissions de GES et stockage de carbone sur la ferme Bas-Carbone de Trévarez. La référence proposée est issue du référentiel régional Bretagne 2021 sur « La ferme laitière Bas Carbone » (Goumand & Castellan, 2021) avec intégration des modifications des PRG du CH₄ et N₂O liés aux recommandations de l'IPCC pour permettre la comparaison avec la version CAP'2ER utilisée pour l'étude

3. DISCUSSION

Depuis sa mise en place en 2018, le système Bas Carbone de Trévarex affiche une réduction non négligeable de ses pertes azotées avec un bilan apparent de l'azote qui atteint 71 kgN ha⁻¹ en 2021, traduisant notamment un très faible risque de perte par lessivage.

Le faible recours aux engrais minéraux explique en partie les faibles niveaux d'intrants azotés. Le maïs ne reçoit par exemple qu'un engrais starter au semis (100 kg de phosphate d'ammonium 18/46). Sa fertilisation est complétée par un apport de fumier s'il n'est pas implanté dans les 2 années suivant le retournement d'une prairie. Dans ce dernier cas, aucun apport organique n'est réalisé. Sur 25 années d'observations à Trévarex, le premier maïs après retournement de prairie produit 20% de rendement supplémentaire par rapport à la moyenne de toutes les parcelles de maïs quel que soit sa place dans la rotation, et 25% de plus que dans le cas des monocultures de maïs.

Les prairies sont fertilisées en priorité avec du lisier de bovin (1 à 2 apports), et si nécessaire, avec un apport minéral sous forme d'ammonitrate, sous condition d'une météo favorable à la pousse de l'herbe. De plus, une grande partie de la fertilisation de ces prairies est permise par la présence de trèfle (25% de trèfle blanc en moyenne dans les prairies temporaires pâturées) et explique également la faible utilisation d'azote minéral. L'introduction de légumineuses (trèfle blanc, trèfle violet, ...) dans les prairies d'association est d'ailleurs aujourd'hui l'un des leviers phares mis en avant par le Teagasc en Irlande pour réduire l'utilisation d'engrais minéraux et les externalités négatives associées (émissions de GES et d'ammoniac) (Henessy et al. 2022).

A l'échelle de l'animal, malgré l'utilisation exclusive et limitée de tourteau de colza, la production laitière répond aux objectifs fixés, tant en quantité qu'en qualité, grâce à la part croissante d'herbe dans la ration. La poste « aliments concentrés » du bilan apparent est de ce fait relativement stable depuis 2019 mais beaucoup plus faible qu'en 2018.

Finalement, le poste intrants azotés sur l'exploitation affiche une baisse de 11kgN ha⁻¹ entre 2018 et 2021. Pour autant, les sorties d'azote n'ont pas changé (+1 kgN ha⁻¹ en 4 ans). L'exploitation a donc gagné en efficacité d'utilisation de l'azote. Cette efficacité, associée au faible surplus azoté, traduit une gestion optimisée de l'azote sur l'exploitation, aussi bien à l'échelle du troupeau (alimentation) qu'à l'échelle des cultures (fertilisation), et une bonne combinaison entre ces 2 ateliers.

Les émissions de GES suivent la même tendance que les pertes azotées. Elles diminuent depuis 2018, quels que soient le périmètre (atelier laitier ou exploitation) ou l'unité fonctionnelle utilisée (litre de lait corrigé ou ha). La baisse des émissions de GES exprimée par litre de lait (-14% en 2021/2018) n'est pas le fait de leur « dilution » permise par une intensification laitière. Elle est également observée à l'échelle de l'exploitation qui montre une réduction, en 4 ans, de plus de 1,1 tonne eq CO₂ par ha de SAU, sur une surface qui est restée inchangée.

Comme évoqué précédemment, la réduction de l'âge au vêlage des génisses explique en partie cette baisse.

De même, l'utilisation limitée de tourteau de colza, dont l'origine n'est pas associée à un changement d'occupation des sols (déforestation), est synonyme d'un faible impact environnemental indirect.

Le gain d'efficacité observé sur la gestion de l'azote est également identifié sur ce volet GES. En effet, du fait de la réduction des intrants sur l'exploitation, et notamment de l'aliment concentré, la part des émissions liées à ces intrants (émissions indirectes) s'est considérablement réduite. Elles sont d'ailleurs intégralement compensées en 2021 par le stockage de carbone permis par les sols prairiaux et par la

partie racinaire de haies. Il s'agit d'une certaine forme de neutralité climatique puisqu'il ne reste que les émissions liées au fonctionnement biologique de l'exploitation, dont la principale origine est le méthane entérique. Une partie de ces émissions est même compensée en 2021 par le stockage complémentaire dans la biomasse aérienne non valorisée des haies de Trévarex.

CONCLUSION

Le mot d'ordre sur le dispositif Bas Carbone de Trévarex est d'utiliser le plus efficacement possible les ressources disponibles sur l'exploitation et de limiter le recours aux intrants, dont les coûts environnementaux ne sont pas négligeables, notamment en ce qui concerne les émissions de GES liées à leur fabrication ou à leur transport, et qui peuvent également être synonymes de pertes azotées.

L'amélioration des pratiques est donc un levier pour répondre aux enjeux environnementaux, avant de penser à d'autres solutions industrielles, certainement plus coûteuses pour l'éleveur. L'étude économique prévue sur les années de suivi de ce système Bas Carbone de Trévarex permettra de compléter cette analyse.

Enfin, il est de nécessaire de rappeler l'intérêt de l'approche globale et intégrée des différents facteurs impliqués dans le fonctionnement des systèmes laitiers dans l'évaluation de leurs performances environnementales et de ne pas se focaliser sur un seul indicateur, ou une seule unité fonctionnelle, au risque de ne pouvoir atteindre les objectifs fixés de réduction des émissions de GES et autres pertes vers le milieu.

Cette étude a bénéficié du soutien financier de l'Europe dans le cadre du projet Interreg Atlantic Area Dairy-4-Future, et du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural attribué par France Agrimer dans le cadre du projet STRACE²

Arrouays D., Balesdent J., et al., 2002. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ? Rapport d'expertise collective, réalisé par l'INRA à la demande du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Paris. 334 p

Brocard V., Tranvoiz E., et al., 2020. Renc. Rech. Ruminants 2020. 554-559

Colombie S., Ligneau L., et al., 2020. Carbocage, vers la neutralité carbone des territoires, Ademe, 40 p

Delagarde R., Caillat H., Fortin J., 2017. Actes du congrès AFPP 2017, 117-124

Dollé, J.-B., Faverdin, P., Agabriel, J., Sauvant, D., Klumpp, K., 2013. Fourrages, 181-191

Faverdin P., Van Milgen J., 2019. INRAE Productions Animales, 32(2), 305-322

Foray S., Gaborit M., et al. 2020. Renc. Rech. Rumi., 25, 115-119

Foray S., Manneville V., 2019. À la reconquête de la qualité de l'eau en France, Idele, 39 p

Foray S., Billy C., et al. 2017. Gestion de l'azote dans les systèmes d'élevages herbivores, Idele, 98 p

Goumand, E., Castellan, E. 2021. <https://idele.fr/en/detail-dossier/fiches-references-cap2err-edition-2021>

Henessy D., O'Donovan M., 2022. Management and establishment of grass-white clover swards. Moorepark Dairy Levy research Update. Teagasc, 32p.

Pellerin S., Bamière L., et al. 2013. Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques. Synthèse du rapport d'étude, INRAE (France).

Soussana J.F., Tallec T., Blanfort V., 2010. Animal, 4 : 334-350

Van der Werf H., Trydeman Kundsén M., Cederberg C., 2020. Nature Sustainability, 3, 419-425