METHODOLOGIE COMMUNE

Essai analytique sur le régime des vaches laitières

COMMON METHODOLOGY

Analytical trial on dairy cows' diet

Page 1 à 26 – Méthodologie commune en français

Page 27 to 48 – Common methodology in English

Version 1
Février 2022

Document co-rédigé par Claire Vételé, Chambre d'agriculture de Bretagne et Paul Ward, Duchy College

Méthodologie commune

Version française

Table des matières

CONTEXTE ET VALEUR AJOUTEE DU PROJET ABCD 3

SYSTEME DE PRODUCTION 6

Station de Trévarez *6*

Future Farm *11*

RATION ALIMENTAIRE TESTEE ET DEROULEMENT DE L'EXPERIMENTATION 15

Station de Trévarez *15*

Future Farm *16*

ANALYSES ET SUIVIS REALISES 17

Station de Trévarez *17*

Future Farm *19*

Indicateurs communs *20*

OUTILS DE MESURES DES EMISSIONS DE GES 21

Station de Trévarez *21*

Future Farm *23*

Indicateurs communs *24*

ANALYSES TECHNICO-ECONOMIQUES 25

Indicateurs communs *25*

ANNEXES 49

Contexte et valeur ajoutée du projet ABCD

Le secteur agricole est responsable de 10% des émissions de gaz à effet de serre (GES) au Royaume Uni et de 17% en France. Les trois principaux GES produits sont : le protoxyde d'azote (N_2O), le méthane (CH_4) et le dioxyde de carbone (CO_2). Le N_2O et le CH_4 sont produits en plus grandes quantités que le CO_2.

Le pouvoir de réchauffement global (PRG) a été défini par les experts du Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) comme un indicateur qui reflète l'impact respectif des différents GES sur une période de temps donnée, et l'unité de référence utilisée est le CO_2. Ainsi, les quantités de N_2O et de CH_4 produits par un système sont converties en équivalent CO_2 (éq CO_2) en utilisant leurs PRG respectifs qui sont de 265 et 28 sur une échelle de 100 ans[1].

Depuis le « berceau jusqu'au portail » de la ferme, les sources de GES agricoles considérés sont[2]:

- La fermentation entérique : émissions de CH_4 provenant de la digestion des ruminants
- La gestion des déjections : émissions de CH_4 et N_2O provenant des excréments (au pâturage, dans les bâtiments et dans les zones de stockage)
- Le cycle de l'azote : émissions directes de N_2O liées aux processus de nitrification et dénitrification qui se déroulent lors de la fertilisation azotée minérale ou organique, et émissions indirectes liées aux processus qui en découlent (lessivage, volatilisation)
- Les énergies directes : émissions de CO_2 issues de l'utilisation d'énergies fossiles (carburants et électricité)
- Les intrants : émissions liées à la fabrication et au transport des produits achetés (fertilisants, traitements, aliments, semences).

Or, contrairement à la plupart des secteurs d'activités, l'agriculture compense une partie de ses émissions par du stockage de carbone dans les sols et dans les arbres, de façon plus ou moins importante selon la gestion qui en est faite.

De nombreuses stratégies visant à lutter contre le changement climatique mettent en avant le besoin d'agir sur le secteur agricole :

- Le Pacte Vert pour l'Europe avec la stratégie "From Farm to Fork"[3].
- La Net Zero strategy au Royaume Uni, visant la neutralité carbone d'ici 2050 et l'engagement de 75% des fermes anglaises dans des pratiques bas carbone d'ici 2030.

[1] Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector, Food and Agriculture Organization, 2010.
[2] Institut de l'Elevage
[3] https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy en

- La Stratégie Nationale Bas-Carbone en France, visant également la neutralité carbone d'ici 2050, et mettant en avant la nécessité de réduire les émissions d'origine agricole[4].
- La National Farmers Union (NFU) au Royaume Uni, qui a pour ambition d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2040[5].
- La nouvelle politique agricole du Department for Environment, Food & Rural Affairs (DEFRA) du Royaume Uni qui a pour but de mettre fin aux paiements directs non ciblés, et de rémunérer les agriculteurs pour leurs actions en faveur de la protection de l'environnement[6].
- Les plans d'action du CD29[7] et du CC[8], encourageant l'innovation pour la réduction des émissions de GES au travers du changement des pratiques agricoles, et l'augmentation du stockage de carbone par une meilleure gestion des sols et par la plantations d'arbres, de haies et l'entretien des zones humides.

C'est dans ce cadre que la CRAB a observé une augmentation de la demande de formation sur ce sujet par les éleveurs laitiers, afin de répondre l'éco-conditionnalité leur permettant d'obtenir certaines subventions, mais également en lien avec le regard accru des consommateurs sur l'impact environnemental des pratiques agricoles. Le projet ABCD s'appuie donc sur le besoin et la volonté des éleveurs de réduire les émissions de GES tout en améliorant la valeur ajoutée des produits laitiers et ainsi garantir la pérennité économique de leurs systèmes.

Le projet fait suite et complètera un certain nombre d'autres projets passés et en cours. Il utilisera la méthodologie de mesure développée dans le cadre du projet européen LIFE Carbon Dairy[9], à partir duquel l'outil CAP2ER a été créé, et dans le cadre du projet Farm Carbon Toolkit[10] à partir duquel l'outil Farm Carbon Calculator a été créé. Il contribuera au développement de cette démarche et à la diffusion de pratiques innovantes identifiées dans le projet InterReg Dairy4Future[11] visant à accroître la compétitivité, la durabilité et la résilience des élevages laitiers, ce qui est également l'objectif du projet Agri-Tech Cornwall[12]. Il permettra également poursuivre les expérimentations mises en place dans le cadre du projet STRACE[213] à la station de Trévarez et de lancer les premières expérimentations sur le site de Future Farm. Enfin, les résultats du projet ABCD pourront être utilisés dans de futurs projets tels que les projets régionaux ClimaCulteur et Fermadapt, etc..

[4] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/18222SNBC10-pointsA4oct2020.pdf
[5] https://www.nfuonline.com/archive?treeid=138313
[6] https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment data/file/954283/agricultural-transition-plan.pdf
[7] https://www.finistere.fr/Actualites/Le-Finistere-engage-pour-l-environnement
[8] https://www.cornwall.gov.uk/environment/climate-emergency/our-action-plan/
[9] https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&nprojid=4699
[10] https://farmcarbontoolkit.org.uk/
[11] https://dairy4future.eu/
[12] https://www.agritechcornwall.co.uk/agri-tech-cornwall/#1
[13] http://www.capbio-bretagne.com/synagri/station-de-trevarez-le-systeme-bio-partie-integrante-du-projet-bas-carbone

En termes d'innovation, les essais qui seront menés dans le cadre du projet ABCD sur une alimentation plus axée sur l'herbe (FR) et une réduction de l'utilisation du soja (UK), n'ont encore jamais fait l'objet d'analyses scientifiques permettant de comparer les résultats environnementaux mais aussi technico-économiques.

Est également innovante, la mise en place d'un accompagnement des agriculteurs débutants ou déjà initiés au calcul de l'empreinte carbone, pour leur permettre d'aller plus loin dans leur démarche. En effet, seuls les agriculteurs engagés dans un label bas carbone bénéficient d'un accompagnement approfondi et individuel, alors que ce processus est lourd au niveau administratif et nécessite un investissement financier de départ. Or, les agriculteurs sont aussi demandeurs d'échanges entre pairs, qui leur permettent de relativiser leur activité et qui sont les meilleurs vecteurs de changements. En plus des groupes d'échanges constitués au sein de chaque pays, les voyages d'échanges permettront de comparer les problématiques et les solutions de ces deux régions voisines.

Enfin, le partenariat qui a été mis en place est autre un aspect innovant du projet. Il associe des collectivités locales, des partenaires de recherche, des agriculteurs et des coopératives de transformation laitière qui ont tous un rôle à jouer pour contribuer à la réduction de l'empreinte carbone des produits laitiers.

En termes de communication, les réseaux de la CRAB et du CC permettront de toucher un grand nombre d'exploitations, et au travers d'une stratégie bas-carbone bilatérale, le Finistère et les Cornouailles pourront mettre en avant les actions en faveur d'un avenir bas carbone et inspireront peut-être d'autres collectivités territoriales de l'espace Manche à rassembler toutes les forces vives pour en faire de même.

Le présent document détaille les protocoles expérimentaux de la Station de Trévarez et de Future Farm ainsi que les indicateurs qui seront utilisés pour comparer les résultats de ces essais.

Système de production

Station de Trévarez

Climat

La ferme expérimentale de Trévarez est située dans le centre du Finistère. Le climat de cette région est qualifié d'humide et froid. Sur les dix dernières années, la pluviométrie moyenne annuelle était de 1 150 millimètres. Elle est plus abondante les mois d'hiver (environ 160 millimètres (mm)/mois) mais est également conséquente les mois d'été (environ 65mm/mois). Cette pluviométrie est propice à la pousse de l'herbe au printemps, en été et à l'automne. Les températures sont en moyenne de 12 degrés Celsius (°C), allant de 6°C en janvier et février à 17°C en Juillet et Août.

Animaux

Le troupeau conventionnel de Trévarez est constitué de 125 vaches Prim'Hostein (génétique hautes productrices) et environ 45 génisses de renouvellement par génération.

Surfaces

La SAU disponible est de 130 ha dont 52 ha accessibles pour les vaches en lactation.
En 2021, la SAU était composée de 36 ha de maïs fourrage, 86 ha d'herbe et 8 ha de céréales à paille.
L'objectif est d'éviter la monoculture de maïs et de faire rentrer les prairies temporaires dans les rotations.

Bâtiments et équipements

Stabulation

Les vaches en lactation sont logées dans une étable à logettes béton avec matelas et sciure de bois, et avec raclage automatique.

Les vaches taries sont logées en hiver soit dans la même étable, soit dans l'étable des grandes génisses en cases paillées.

Les veaux sont élevés en nursery de manière collective après la première semaine de vie, en cases d'âge homogène. La nursery génère également du fumier.

Salle de traite

La salle de traite est une TPA 2x10 postes équipée d'un système automatique de pesée du lait (compteurs individuels).

Gestion des effluents

Le lisier est stocké dans 3 fosses. Une partie est transformée par passage dans un séparateur de phase à tamis. La phase solide est stockée en fumière découverte et le liquide réintègre une fosse à lisier.

Conduite du troupeau

Production

Globalement, le but est de limiter le nombre de jours improductifs des vaches.
Pour rester autour de 900.000 litres livrés, compte-tenu de l'effectif de vaches laitières autorisé, le repère de production annuelle par vache visé est d'environ 8.000 kg produits soit 7.300 l vendus. Pour réduire la quantité de lait écarté et non livré une attention particulière est portée à la maîtrise sanitaire du troupeau.

Répartition des vêlages

Pour conserver la bonne organisation du travail acquise aux cours des expérimentations passées, le troupeau est conduit en vêlages groupés avec pour objectif individuel un intervalle vêlage-vêlage de 12 mois. Les vêlages se déroulent sur deux saisons de 3 mois : à l'automne (de septembre à novembre) et au printemps (de mars à mai).

Pour les vaches à bonne persistance et sans problème particulier, en cas d'échec à la reproduction, un décalage à la période suivante pour un intervalle vêlage-vêlage de 18 mois est possible.

L'objectif est de maintenir la répartition entre saisons de vêlages suivante : 40% au printemps et 60% à l'automne de façon à avoir suffisamment de vaches en lactation pour les essais analytiques hivernaux.

Conduite du renouvellement

L'objectif est de limiter le taux d'élevage au taux de renouvellement nécessaire pour le remplacement des réformes obligatoires, plus une marge de sécurité.

90 à 100 vaches laitières sont inséminées en race pure Holstein, les autres en croisement à viande.

Le renouvellement est principalement issu des génisses et est complété par les vaches.

En fonction du nombre de génisses mise à la reproduction, le nombre de vaches inséminées en race pure sera déterminé pour avoir le taux d'élevage désiré.

Les veaux mâles nés, les femelles croisées, les femelles de race pure en surnombre sont vendus à 15 jours - 3 semaines.

L'objectif d'âge au vêlage des génisses est de 24 mois. Des simulations sont réalisées pour choisir la meilleure option à retenir pour des génisses qui ne seraient pas pleines à 15 mois.

Les critères de choix des animaux purs gardés sont : priorité aux premières nées, bon état sanitaire, et poids objectif à l'insémination artificielle atteint.

Le nombre d'inséminations artificielles en pur et en croisement est défini à chaque plan d'accouplement en fonction des résultats de reproduction.

Le décalage des vaches à un intervalle vêlage-vêlage de 18 mois se fait uniquement pour les animaux à bonne persistance et sans problème sanitaire.

Conduite des vaches taries

Le tarissement a lieu 8 semaines avant la date de vêlage attendue. Quelques tarissements peuvent avoir lieu précocement en fonction des essais analytiques réalisés en hiver.

Régime alimentaire des vaches taries :

- pâturage seul pour les vêlages d'automne,
- foin + refus des vaches laitières pour les vêlages de printemps.

Régime alimentaire pour les animaux en préparation vêlage (3 semaines avant vêlage) :

- pâturage + maïs ensilage pour les vêlages d'automne,
- ensilage de maïs + foin ou enrubanné pour les vêlages de printemps.

Réformes

Régime de finition :

- ensilage de maïs + correcteur en phase hivernale,
- pâturage + éventuellement de l'ensilage de maïs pour raccourcir la période de finition.

Gestion sanitaire

L'objectif est de réduire au maximum les troubles sanitaires afin de limiter le recours aux traitements, réduire le lait écarté et également de réduire le nombre de jours « improductifs » des vaches.

Alimentation

Pour se rapprocher de la situation moyenne des élevages laitiers bretons, le système fourrager choisi est basé sur 25 ares d'herbe pâturée par vache et un régime hivernal mixte ensilage de maïs et ensilage d'herbe.

La ration complète est distribuée 1 fois par jour à volonté (5-7 % de surplus consommables) et repoussée 2 à 3 fois par jour à l'auge en période hivernale.

Les concentrés et minéraux sont distribués à l'auge en mélange aux fourrages.

Les vaches laitières ne reçoivent aucun concentré de production, ni en collectif à l'auge, ni en individuel. Le seul concentré utilisé est le correcteur azoté nécessaire à l'équilibre de la ration distribuée pour atteindre 95 g de PDI/UFL. Le correcteur azoté utilisé est du tourteau de colza métropolitain.

Toute l'année, un complément minéral vitaminé est apporté.

Equilibre de la ration

Le système PDI fourni des valeurs pour chaque aliment afin d'équilibrer l'azote et l'énergie disponible pour la synthèse microbienne qui se déroule dans le rumen. Les rations définies à partir de ce système permettent d'obtenir une meilleure efficience de l'azote et potentiellement une réduction du niveau de complémentation en protéines[14] (correcteur azoté).

Gestion de la production herbagère

Suite aux essais de la période 2014-2018, l'ensilage de prairies de fauche (RGH-TV) ou d'excédents de pâturage (RGA-TB principalement) est réalisée en fauches précoces : première coupe au stade « épi à 15 cm » de la graminée puis fauches toutes les 5 semaines (selon pousse et conditions climatiques) avec 4 à 5 fauches par an au total pour les prairies de fauche. Après le 15 juillet le rythme de fauche peut être allongé si les conditions sont peu poussantes.

La récolte précoce de l'ensilage d'herbe permet aussi de récolter un fourrage de bonne valeur énergétique et azotée favorable à l'ingestion et à la production laitière.

[14] Evaluation and Refinement of the French Protein System (PDI) under Irish Conditions, J. J. Murphy et al., 2004
For more details : "French energy and protein feeding standards for growing and fattening cattle, Y. Geay, 1980"

Sur les surfaces non accessibles pour les vaches en lactation, et celles dédiées aux génisses, les prairies (mélanges simples graminées légumineuses ou mélanges multi-espèces) sont récoltées généralement en ensilage et/ou enrubannage.

Future Farm

Climat

Le site de Future Farm (FF) du Duchy College est situé dans l'est des Cornouailles britanniques, où le climat est de type océanique tempéré (avec des étés et des hivers doux). Les précipitations moyennes annuelles au cours des dix dernières années étaient de 1 375 mm. Bien que les précipitations soient plus fortes durant l'hiver (environ 120 mm/mois), les étés sont également très humides (environ 70 mm/mois). Ces conditions favorisent la pousse de l'herbe tout au long du printemps, de l'été et de l'automne. La température moyenne est d'environ 12 °C, allant d'une moyenne de 8,5 °C en janvier et février à 17 °C en juillet et août.

Les sols sont principalement constitués de terreau argileux sur du *shillet* (gravier de schiste), typique de vastes zones des Cornouailles et de l'ouest du Devon, et l'altitude varie entre 140 et 200 m au-dessus du niveau de la mer.

Animaux

L'élevage laitier représente la principale production commerciale de la ferme, et se compose habituellement de 220 vaches, principalement de race Holstein Frisonne, et d'environ 60 génisses de renouvellement par génération. La ferme compte actuellement 196 bovins, en raison de l'abattage obligatoire dû à la tuberculose bovine, et environ 80 jeunes génisses de renouvellement nées en 2021 (donc un total de 140 génisses de renouvellement actuellement).

Surfaces

La « Surface agricole utile » (SAU) de l'exploitation est de 267 ha, dont un total de 186 ha dédiés à la production laitière. Pour la période 2021-22, il s'agit de 14 ha de maïs, 17 ha d'orge de printemps et de pois, 18 ha de blé d'hiver et 95 ha d'herbe.

L'objectif du système cultural est d'apporter à l'élevage laitier une qualité et un volume fourragers durables et adéquats, sous forme de pâturages et de fourrages conservés.

Bâtiments et équipements

Stabulation

Le site de « Future Farm », d'une capacité de 220 bovins, a été développé non seulement au titre de ferme en activité, mais également en tant que centre d'enseignement et de recherche sur le secteur laitier.

Du fait de l'utilisation de panneaux synthétiques translucides de haute qualité pour la couverture, l'apport de lumière du jour a pu être amélioré sans avoir recours à la production de rayonnement thermique supplémentaire à l'intérieur du bâtiment. En outre, leur légèreté par rapport aux matériaux conventionnels de couverture a permis d'utiliser des systèmes de ventilation mécanique automatisés pour maintenir un taux optimal d'humidité relative. La nécessité de construire d'un seul tenant une étable classique à boxes pour bovins, avec son évacuation centrale par

le faîtage pour faciliter la ventilation naturelle, a ainsi été écartée. Cela a permis de réduire considérablement la quantité d'acier nécessaire à la construction et, par conséquent, de réduire les coûts financiers et coûts carbone par rapport à une conception plus conventionnelle, en plus d'obtenir un bâtiment moins élevé et visuellement attrayant. Les côtés du bâtiment sont des filets brise-vent très résistants, qui montent et descendent automatiquement pour optimiser la température, l'humidité et la circulation de l'air à l'intérieur. Les systèmes d'éclairage sont automatisés pour garantir des conditions optimales de luminosité toute l'année.

À l'intérieur du bâtiment, les 249 boxes pour bovins ont été conçus en se basant sur les dimensions optimales, à partir de matériaux flexibles pour permettre aux bovins de se tenir debout et de se coucher sans crainte de se blesser, et comportant des matelas en caoutchouc couverts d'une litière de sciure de bois et de chaux pour un maximum de confort apporté aux bovins. Les boxes sont utilisés à un taux d'occupation maximal de 90 % (224 bovins). Le bien-être animal est également amélioré par un système automatique d'alimentation, capable de nourrir une ration totale mélangée jusqu'à cinq fois par jour. Cela, s'ajoutant à un espacement optimal pour l'alimentation et à une hauteur optimale du rail d'alimentation, a permis de garantir que les bovins ont toujours accès à des aliments de haute qualité. Le maintien des conditions d'hygiène et le contrôle de la boiterie chez les bovins sont assurés grâce aux matelas en caoutchouc, ainsi qu'aux racloirs automatiques et rainures antidérapantes des sols en béton, et aux plafonds à claire-voie pour les canaux à effluents.

FF facilite la division du troupeau en trois groupes ou mini-troupeaux, permettant de les conduire ou de leur administrer des régimes alimentaires différents aux fins de la recherche. L'infrastructure, dotée d'un système LoRaWAN pour connecter des dispositifs reliés par capteurs au sein de l'installation et dans tout College Farm, permet de mesurer les intrants et extrants, de les enregistrer, de les comparer et de les communiquer sous forme de rapport pour chaque mini-troupeau. Le caractère unique de cette installation est sa capacité à séparer et stocker les effluents en provenance de chacun des groupes individuellement.

Les veaux femelles sont élevés en groupes de 35, sur des régimes automatiques de lait artificiel à base de lactosérum, en stabulation libre sur litière de paille, jusqu'au sevrage à 12 semaines. Les génisses de renouvellement plus âgées sont élevées dans des boxes avec litière de sable, dans une étable conventionnelle en planches Yorkshire durant l'hiver, et en pâturage l'été.

Salle de traite

Le maintien de normes élevées en termes de bien-être animal est assuré par l'utilisation des plus récentes technologies de traite, dans une salle de traite en épi Boumatic 20/40, intégrant le décrochage et le nettoyage automatiques pour réduire le risque de mammites. La production de lait est enregistrée individuellement par animal et il est également possible d'évaluer la conductivité, la matière grasse et les protéines.

Gestion des effluents

Les effluents provenant de chacune des trois zones distinctes sont gérés de manière individuelle. Sous l'espace de stabulation, il existe différents canaux à effluents qui les siphonnent vers une fosse de réception individuelle, depuis

chacune des zones. Ensuite, les effluents sont pompés chaque semaine dans l'un des trois sites de stockage des effluents. Il en existe un autre pour les zones communes (salle de traite, parc de contention et couloirs de retour).

Conduite du troupeau

Production

Le lait de l'élevage est vendu à Saputo Dairy UK pour la production de fromage à pâte dure (Cheddar), notamment « Cathedral City », marque phare sur le marché britannique. L'objectif global est donc de produire du lait à haute teneur en matières grasses et protéines, à partir de fourrages, sans compromettre le bien-être animal. La production visée par vache est d'environ 8 500 L de lait produits par an, tout en maintenant les pertes au minimum par un contrôle approprié des cas de mammites et une intervention minimale en termes d'antibiotiques. La production de lait s'élève actuellement à 8 300 L, dont la teneur en protéines est de 3,38 % et en matières grasses de 4,20 %.

Répartition des vêlages

Les vêlages sont groupés à l'automne, les naissances ayant lieu durant les mois d'août, de septembre et d'octobre (il est possible qu'un petit nombre mette bas en novembre), dans l'objectif de fixer des intervalles vêlage-vêlage de 12 mois pour chaque animal (399 jours actuellement) et un taux de réforme de 20 % (30 % actuellement). Les animaux pour lesquels le vêlage est proche ont accès à un enclos et à un parc intérieur, où ils reçoivent de l'ensilage en balles et des aliments composés dans une trémie tampon. L'eau est enrichie en magnésium.

Conduite du renouvellement

Le programme de reproduction mis en place sur l'exploitation vise à sélectionner les taureaux individuellement pour chaque femelle, en fonction des caractéristiques propres à l'animal (par exemple si une femelle présente une composante plus faible en matière grasse que celle recherchée, le taureau sera alors sélectionné pour accroître à cet égard la valeur génétique de la progéniture). Pour le troupeau de vaches laitières de renouvellement, on a recours à la semence sexée d'un taureau de race Holstein. La semence de taureaux à viande (à savoir Simmental, Aberdeen Angus et Blanc Bleu Belge) est utilisée pour le reste du troupeau et pour la production de viande bovine.
Une procédure similaire s'applique aux génisses, en évaluant les caractéristiques physiques (étant donné qu'aucune donnée laitière n'est disponible), pour garantir l'élevage d'un animal adéquat. L'âge visé au premier vêlage est de 24 mois (24,6 mois actuellement).

Conduite des vaches taries

Le tarissement a lieu en moyenne 66 jours avant le vêlage.
Régime pour vaches taries :
- Pâturage uniquement pour les vaches en période de tarissement précoce.

- Les vaches en période de tarissement tardif (environ 3 semaines avant le vêlage) sont nourries avec de l'ensilage en balles et des aliments composés (et un complément de magnésium dans l'eau).

Gestion sanitaire

Un plan sanitaire pour l'élevage a été élaboré avec le vétérinaire du troupeau, visant à maximiser le bien-être animal et optimiser la production de manière efficace.

Alimentation

Pendant la saison de pâturage (en général de mars/avril à octobre), les animaux sont conduits sur une surface de pâturage de 53 ha composée de ray-grass annuel et de prairies de trèfle violet/blanc. Le pâturage en enclos a lieu selon un système de rotation des pâturages.

Durant la saison hivernale, les vaches laitières sont nourries cinq fois par jour (pour chacun des trois groupes, soit 15 distributions), par le biais d'un système automatisé d'alimentation (robot Trioliet). La « Ration Totale Mélangée » (RTM) est généralement à base d'ensilage d'herbe, d'ensilage de maïs, d'orge plante entière et pois, de minéraux et d'un aliment concentré riche en protéines/énergie. Le système d'alimentation assure donc une distribution à volonté. La RTM est élaborée avec l'aide d'un consultant externe professionnel de la nutrition, et peut être diversifiée pour répondre aux besoins en matière de recherche. Un autre aliment concentré est donné aux animaux dans la salle de traite, selon l'approche de « nourrir-pour-produire », en fonction de la production laitière attendue. Les vaches ont toujours accès à une eau propre et fraîche.

Gestion de la production herbagère

Les prairies temporaires sont fauchées pour l'ensilage d'herbe, et les prairies permanentes sont fauchées en cas de surplus d'herbe disponible. La première coupe a lieu au début ou au milieu du printemps, et les coupes suivantes ont ensuite lieu toutes les cinq semaines. En général, environ quatre coupes pour l'ensilage d'herbe compactée ont lieu chaque année, et l'ensilage en balles est récolté en complément selon les besoins. Le calendrier de fauchage peut varier en fonction de la saisonnalité et de la nécessité d'y impliquer des étudiants.

D'autres pâturages permanents inappropriés pour le troupeau de vaches laitières sont conservés pour l'élevage de jeunes bovins (à viande et génisses de renouvellement) et la gestion des cheptels ovins.

Ration alimentaire testée et déroulement de l'expérimentation

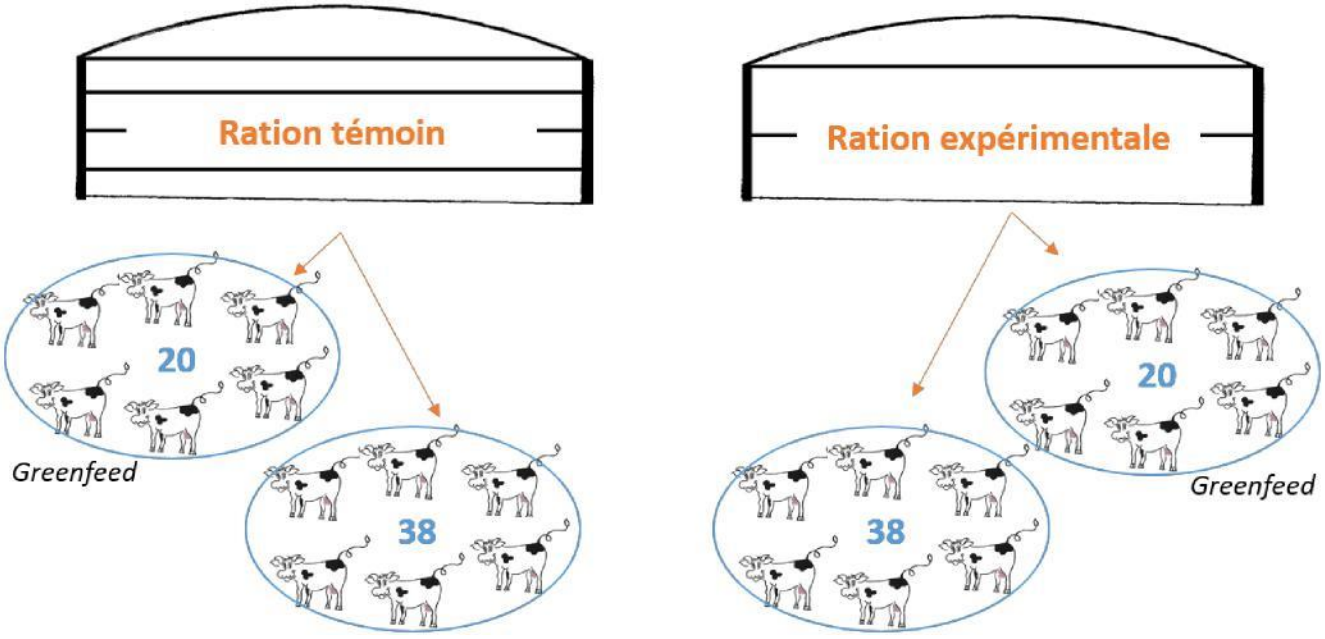
Station de Trévarez

L'expérimentation portera sur l'essai d'une ration à base d'ensilage d'herbe à volonté et de 5 kg de maïs épi, comparée à une ration à base d'ensilage de maïs à volonté et de 4 kg d'ensilage d'herbe :

Périodes	Pré-expérimentation 3 semaines 15/12 – 05/01		Expérimentation 8 semaines 05/01 – 08/03	
Lots	Témoin	Expé	Témoin	Expé
Maïs fourrage	50 %		A volonté	/
Ensilage d'herbe	50 %		4 kg	A volonté
Maïs épi			/	5 kg
Colza	260 g / kg de maïs*		260 g / kg de maïs*	1 kg (Greenfeed)

* I

L'expérimentation mobilisera 116 vaches :



Pour l'essai hivernal 2021-2022, quatre lots vont être constitués afin de pouvoir faire des mesures des émissions de méthane à l'aide de Greenfeed.

Les deux lots de 20 vaches sont issus du groupe vêlage d'automne et comportent 30% de primipares.

Les deux autres lots sont composées de 20 vaches issues du groupe vêlage d'automne qui resteront jusqu'à la fin de l'essai, et 18 vaches issues du groupe vêlage de printemps qui seront progressivement taries.

Pour l'essai hivernal 2022-2023, d'autres méthodes seront utilisés pour évaluer les émissions de méthane (Laser Methane Detector ou analyses des spectres MIR du lait)

Future Farm

L'élevage laitier sera divisé en trois groupes de 65 vaches, avec une parité du nombre de lactations, de la production laitière attendue et de la qualité du lait (% de matières grasses et de protéines). L'expérimentation impliquera deux groupes de 65 bovins.

Groupe témoin :

Ces animaux recevront un mélange RTM conventionnel, qui correspond à leur alimentation actuelle, avec un aliment concentré à base de soja intégré à la RTM.

Groupe expérimental :

Ces animaux recevront la même RTM mais avec un aliment concentré à base de colza, soit une source de protéines différente intégrée à la RTM.

L'alimentation des deux groupes garantira le maintien au minimum des pertes résiduelles, sans compromettre le bien-être de l'animal.

En raison des retards dus à une erreur dans la conception structurelle permettant de faire fonctionner le système d'alimentation automatique, qui a dû être réajusté, l'expérimentation se déroulera de mi-février à fin mars 2022.

Analyses et suivis réalisés

Station de Trévarez

Production et qualité du lait

Les enregistrements de la production laitière sont biquotidiens grâce aux compteurs à lait.

En dehors des expérimentations, des échantillons individuels sont collectés à l'occasion d'une traite du matin et d'une traite du soir chaque semaine pour mesurer la matière grasse, la matière protéique ainsi que les cellules. Pendant l'expérimentation, ces collectes seront réalisées sur quatre traites chaque semaine, et l'urée sera mesurée une fois par semaine.

Poids et état des animaux

Le poids et l'état des vaches sont notés en début et en fin d'essai, ainsi qu'une fois par mois. Ils sont également notés le jour de la réforme si elle intervient en cours d'essai, et le jour du départ à l'abattoir.
La note d'état corporel est décrite en annexe 3.

Evénements sanitaires et de reproduction

Tous les événements sanitaires (symptômes, maladies, traitements) et de reproduction seront enregistrés, notamment les mammites et boiteries.

Analyses alimentaires

Les analyses quantitatives réalisées sont les suivantes :

- pesée des quantités distribuées tous les jours et des refus 3 fois par semaine ;
- détermination de la matière sèche des ensilages distribués 1 fois par semaine ;
- détermination de la matière sèche des refus lors de leur pesée.

Les analyses qualitatives réalisées 2 fois par mois en période expérimentale (1 fois/mois sinon) :

- Analyses fourragères : matière sèche (MS), matières minérales (MM), matières azotées totales (MAT), amidon (maïs), P, Ca, K, digestibilité enzymatique ;
- Analyses de conservation: pH, N-NH3, N sol, C2, C3, C4, alcools (estimation des produits de fermentation), analyse des teneurs en spores butyriques
- Refus : matière sèche (MS), matières minérales (MM), cellulose brut (CB), matières azotées totales (MAT).

- Colza : matière sèche (MS), matières minérales (MM), cellulose brut (CB), matières azotées totales (MAT), matières grasses (MG), P, Ca, K, N dégradable (méthode Aufrère). Analyse à chaque livraison.

Les valeurs calculées issues de ces analyses de fourrages sont :

- La digestibilité de la matière organique
- La valeur énergétique
- Les valeurs azotées
- La valeur d'encombrement

Future Farm

Production et qualité du lait

Enregistrement de la production laitière journalière (compteurs à lait), confirmée par l'enregistrement de la production laitière mensuelle par CIS (Cattle Information Service, un service national d'enregistrement de la production laitière). Ces enregistrements indiquent également la conductivité du lait, ainsi que les niveaux individuels de matières grasses et de protéines. Les cas de mammites cliniques et les nombres élevés de cellules somatiques seront enregistrés suivant les protocoles agricoles standards.

Poids et état des bovins

Une note sera donnée à tous les bovins concernant leur état corporel (annexe 1), au début et à la fin de la période d'étude.

Evènements sanitaires et de reproduction

Tous les problèmes liés à la santé (symptômes, maladies et traitements) et les évènements de reproduction sont enregistrés dans un logiciel à la ferme. Des notes liées à la mobilité seront données régulièrement (annexe 2), au moins au début et à la fin de la période d'étude.

Analyses alimentaires

- Les quantités d'aliment distribuées font l'objet de pesées quotidiennes effectuées par le système d'alimentation dans un souci de cohérence, et les refus seront contrôlés toutes les semaines.
- Une analyse complète de tous les aliments est effectuée par un nutritionniste indépendant.

Voici les caractéristiques des concentrés alimentaires testés :

	Témoin (avec soja)	**Expé (sans soja)**
Matières grasses	7,12	9,15
Protéines	22,3	22,3
Cellulose	5,11	6,06
Minéraux	7,24	4,58
Amidon	30,94	30,54
Digestibilité des fibres (dgNDF)	9,67	11,55
Protéines digestibles non dégradables (DUP)	6,23	6,3
Matière sèche	88,33	88,36

Indicateurs communs

	Station de Trévarez		Future Farm		Comparaison
	Unités	Répétition	Unités	Répétition	
Production et qualité du lait					
Production laitière	L	2 / jour	L	2 / jour	OK
Matière grasse	g/L	4 / semaine	%	1 / mois	OK
Matière protéique	g/L	4 / semaine	%	1 / mois	OK
Cellules	cellules / mL	4 / semaine	000 cellules /mL	1 / mois	OK
Urée	mg / L	1 / semaine	mg / L	s.o.	OK
Conductivité			mS	1 / mois	
Poids et état des bovins					
Note d'état corporel	Annexe 3	Début 1 / mois Fin	Annexe 1	Début Fin	OK
Poids	kg	Début 1 / mois Fin			
Evènement sanitaires et de reproduction					
Tous les problèmes		Dès apparition		Dès apparition	OK
Note de mobilité			Annexe 2	Début Fin	
Analyses alimentaires					
Pesée des aliments distribués	kg	1 / jour	kg	1 / jour	OK
Pesée des refus	kg	3 / semaine	kg	1 / semaine	OK
MS dans l'ensilage distribué	kg	1 / semaine	kg	1 / semaine	OK
MS dans les refus	kg	3 / semaine	kg	1 / semaine	OK
Analyses des aliments		2 / mois		1 / mois	OK
Analyses de conservation		2 / mois			
Analyses des refus		2 / mois		1 / mois	OK
Analyses du colza		Chaque livraison			OK
Analyses des concentrés			D'après les caracté-ristiques	Chaque livraison	OK

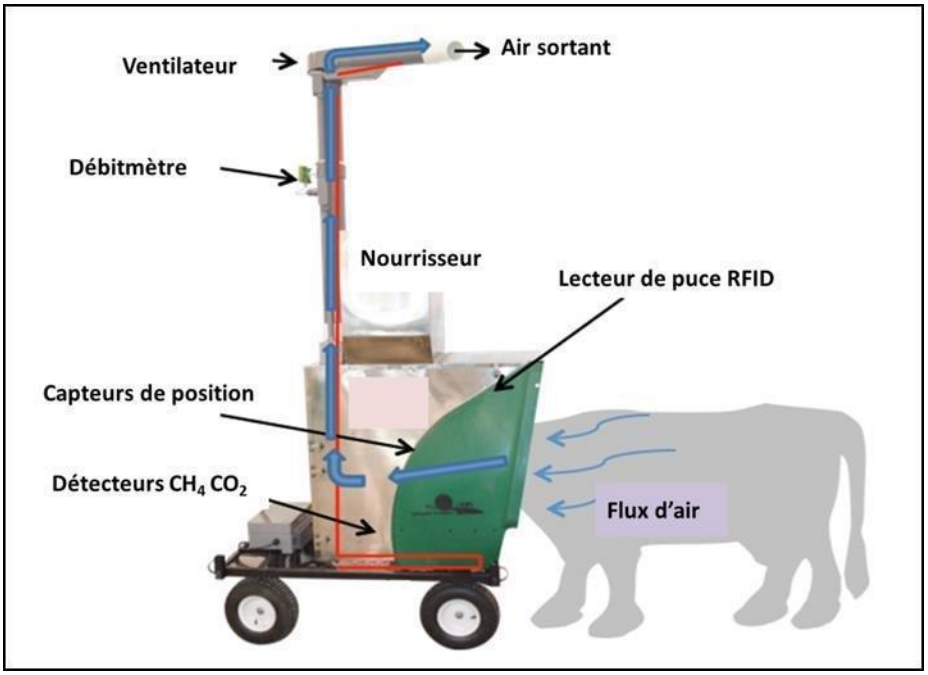
Outils de mesures des émissions de GES

Station de Trévarez

GreenFeed

(C-Lock, Rapid City, SD, USA)

Coût : 46 000 €



Il s'agit d'un distributeur d'aliment couplé à différents capteurs (composition gaz, position tête, anémomètre) :

- Durée des mesures : 3-4 minutes
- Capacité : 20 à 25 animaux
- Résultats : CH_4 (g/j) = flux d'air x [CH_4]

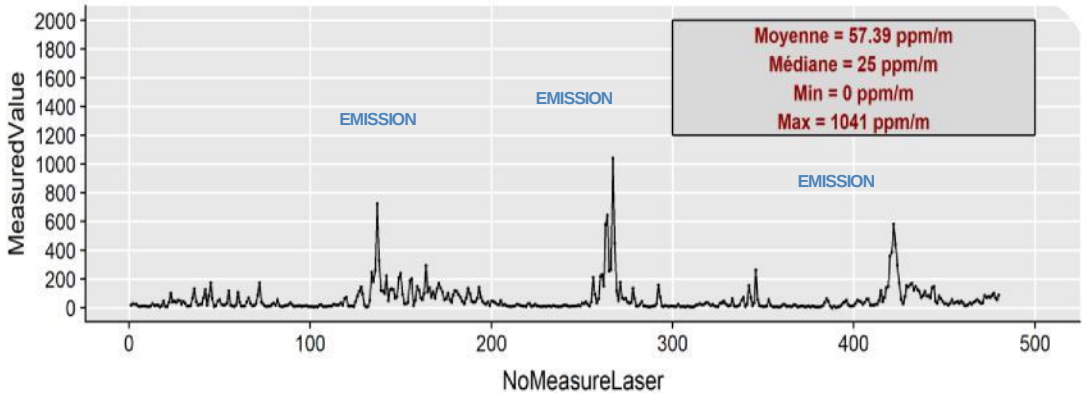
Laser Methane Detector

(Tokyo Gas Engineering Solutions, Ltd)

Coût : 4 000 €

Il s'agit d'un laser infrarouge spécifique CH_4 utilisé pour la détection de fuites de gaz :

- Utilisable en bâtiment comme au pâturage
- Durée des mesures : 4-5 minutes
- Résultats : CH_4 (ppm/m) de l'air expiré et éructé
- Modèle de conversion CH_4 (g/j) en cours de développement



Spectres MIR du lait

Il s'agit d'utiliser des équations de prédiction des émissions de CH4 entérique en utilisant les analyses du spectre MIR (Medium Infra Red) du lait. Ces équations sont en cours de développement dans le cadre du programme METHABREED.

Des mesures seront réalisées pendant 3 semaines en février 2022 dans ce but.

Future Farm

Détecteur de gaz à absorption infrarouge non dispersif (NDIR) – Guardian NG d'Edinburgh Sensors

(Edinburgh Instruments Ltd)

- Le Guardian NG est basé sur une technologie à absorption infrarouge non dispersive (NDIR) de double longueur d'onde
- Pour la détection de CH_4 0-1 %
- Deux unités – une à installer dans la salle de traite et une portative.
- Il affiche les formules chimiques du gaz, la concentration indiquée en ppm, et la pression dans la cellule d'échantillonnage.

Indicateurs communs

Chaque station expérimentale procède à des analyses spécifiques en fonction du matériel à disposition (coût), cette complémentarité est intéressante.

Calcul de l'empreinte carbone

Les deux fermes expérimentales utiliseront l'outil CAP2ER afin d'évaluer la réduction de l'empreinte carbone permise par le changement de ration alimentaire.

Analyses technico-économiques

Indicateurs communs

	Station de Trévarez	Future Farm	Comparaison
Production laitière	L / vache / an	L / vache / an	OK
Lait à partir de fourrages		L / vache / an	
Lait à partir de la ration équilibrée	L / vache / an		
Aliments concentrés utilisés	t / vache / an g / kg de lait € / 1 000 L	kg / vache / an kg / L £ / L	OK
Aliments achetés	€ / 1 000 L	£ / L	OK
Marge sur coût alimentaire	€ / 1 000 L		
Marge sur achat d'aliments		£ / vache	
Marge brute	€ / 1 000 L	£ / ha	OK

Common methodology

English version

Table of Contents

ABCD PROJECT CONTEXT AND ADDED VALUE 28

PRODUCTION SYSTEM, EQUIPMENT AND MANAGEMENT 31

Trévarez experimental dairy farm *31*

Future Farm *35*

FEED RATION TESTED AND EXPERIMENTAL METHOD 39

Trévarez experimental dairy farm *39*

Future Farm *40*

ANALYSES AND MONITORING 41

Trévarez experimental dairy farm *41*

Future Farm *41*

Common indicators *43*

GHG EMISSION MEASUREMENT TOOLS 44

Trévarez experimental dairy farm *44*

Future Farm *46*

Common indicators *47*

TECHNO-ECONOMIC ANALYSES 48

ANNEXES **49**

ABCD project context and added value

Agriculture is responsible for 10% of greenhouse gas (GHG) emissions in the United Kingdom and for 17% in France. The three main GHGs produced are nitrous oxide (N_2O), methane (CH_4) and carbon dioxide (CO_2). More N_2O and CH_4 are produced than CO_2.

The Intergovernmental Panel on Climate Change has established global-warming potential (GWP) as an indicator that reflects the respective impact of GHGs over a given period of time, with CO_2 used as the gas of reference. Using their respective GWP factors of 265 and 28 calculated over a 100-year period, the amounts of N_2O and CH_4 produced by a system are converted to a CO_2 equivalent (CO_2e).[15]

From cradle to farm-gate, the sources of agricultural GHGs are: [16]

- Enteric fermentation: CH_4 emissions from ruminant digestion
- Waste management: CH_4 and N_2O emissions from manure (in grazing areas, buildings and storage areas)
- The nitrogen cycle: direct N_2O emissions linked to nitrification and denitrification processes during mineral or organic nitrogenous fertilisation, and indirect emissions linked to associated processes (leaching, evaporation)
- Direct energy: CO_2 emissions from the use of fossil fuels (fuel and electricity)
- Inputs: emissions linked to the manufacture and transport of purchased products (fertilisers, treatments, feed and seed).

Unlike most sectors, agriculture compensates for some of its emissions through carbon storage in soil and trees, to a greater or lesser extent depending on the way these are managed.

Many strategies aimed at limiting climate change highlight the need for action in the agricultural sector:

- **The European Green Deal's From Farm to Fork strategy.**[17]
- **The United Kingdom's Net Zero strategy, which aims to achieve carbon neutrality by 2050 and** to have 75% of British farms engaged in low-carbon practices by 2030.
- **France's National Low**-Carbon Strategy, which also aims to achieve carbon neutrality by 2050 and highlights the need to reduce agricultural emissions.[18]

[15] Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector, Food and Agriculture Organization, 2010.
[16] French Livestock Institute
[17] https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en
[18] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/18222_SNBC_10-points_A4_oct2020.pdf

- The UK National Farmers Union (NFU) , which aims to achieve carbon neutrality by 2040.[19]
- **The UK Department for Environment, Food & Rural Affairs' (DEFRA) new agricultural policy, which aims to end** untargeted direct payments and compensate farmers for actions in favour of the environment.[20]
- The Finistère Departmental Council (CD29)[21] and Cornwall Council (CC)[22] action plans, which promote innovations to reduce GHG emissions through modifying agricultural practices and increasing carbon storage through improved soil management, tree and hedge planting, and wetland management.

Against this context, CRAB has noted an increasing demand from dairy farmers for training on this subject both in order to help them meet the cross-compliance required to qualify for certain subsidies, and as a result of heightened consumer focus on the environmental impact of agricultural practices. The ABCD project therefore draws on the need and motivation of farmers to reduce GHG emissions while improving the added value of dairy products, thereby ensuring the economic sustainability of their systems.

This project builds on and adds to a certain number of other completed and ongoing projects. It will use the measurement methodology developed by the European LIFE Carbon Dairy project,[23] which generated the CAP2ER tool, and the Farm Carbon Toolkit project,[24] which created the Farm Carbon Calculator. The ABCD project will contribute to the development of this process and to sharing innovative practices from the InterReg Dairy4Future project[25] aimed at increasing the competitiveness, sustainability and resilience of dairy farms, a common goal of the Agri-Tech Cornwall project.[26] The initiative will also make it possible to continue STRACE[2] project[27] experiments at Trévarez experimental farm, and to launch the first experiments on the Future Farm site. Lastly, ABCD project results can be used in upcoming projects such as the regional ClimaCulteur and Fermadapt initiatives, etc.

In terms of innovation, ABCD project trials of a more grass-based diet (France) and reduced use of soya (UK) represent groundbreaking scientific analyses that will enable a comparison of both environmental and techno-economic results.

Another innovation is the establishment of a support service for farmers making their first carbon footprint calculation, as well as those who have already completed one, aimed at helping them take this process further. At present, only farmers involved in low-carbon certification programmes have had access to in-depth and personalised support, despite the carbon footprint calculation process requiring significant administrative input and an initial financial investment. Farmers themselves have expressed a desire for more peer information-sharing opportunities to allow

[19] https://www.nfuonline.com/archive?treeid=138313
[20] https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment data/file/954283/agricultural-transition-plan.pdf
[21] https://www.finistere.fr/Actualites/Le-Finistere-engage-pour-l-environnement
[22] https://www.cornwall.gov.uk/environment/climate-emergency/our-action-plan/
[23] https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&nprojid=4699
[24] https://farmcarbontoolkit.org.uk/
[25] https://dairy4future.eu/
[26] https://www.agritechcornwall.co.uk/agri-tech-cornwall/#1
[27] http://www.capbio-bretagne.com/synagri/station-de-trevarez-le-systeme-bio-partie-integrante-du-projet-bas-carbone

them to compare their practices. These sorts of exchanges are an ideal vehicle for change. In addition to the information-sharing groups established in each country, exchange trips will allow farmers to compare the challenges and solutions of these two neighbouring regions.

Lastly, the partnership that has been created is itself an innovative feature of the project. It brings together local authorities, research partners, farmers and dairy processing co-ops, each of whom has a role to play in reducing the carbon footprint of dairy products.

Regarding communication, the CRAB and CC networks will make it possible to reach a large number of farms. Through their bilateral low-carbon strategy, Finistère and Cornwall will be able to promote initiatives for a low-carbon future and may even inspire other local authorities in the Channel region to devote all their energies into meeting this objective.

This document outlines the experimental protocols of the Trévarez experimental farm and Future Farm as well as the indicators that will be used to compare the results of these trials.

Production system, equipment and management

Trévarez experimental dairy farm

Production system

Herd numbers

The entire conventional herd at Trévarez (120 Prim'Holstein cows and around 45 replacement heifers per generation) will be involved in the experiment.

Land surface

Trévarez experimental farm is located in the centre of Finistère, which has a cold and damp climate. The average annual rainfall over the past 10 years was 1,150 mm. Although rainfall is heavier during the winter (around 160 mm/month), summers are also very wet (around 65 mm/month). These conditions favour grass growth throughout spring, summer and autumn. The average temperature is 12°C, ranging from 6°C in January and February to 17°C in July and August. The available UAA is 121 ha, of which 52 ha are accessible to lactating cows.

Buildings and equipment

Lactating cows are housed in free stalls equipped with mats (no straw) and automatic scrapers. Slurry is stocked in 3 pits, and a portion of it is treated with a sieve phase separator. The solid phase is stocked as uncovered manure and the liquid phase is replaced in a slurry pit.

In the winter, dry cows are housed either with the lactating cows or in another building with older heifers, in stalls with straw bedding.

Calves are raised together in a nursery after the first week of life, in stalls according to their age. The nursery also generates manure.

Milking

The 2 x 10 parallel-stall milking parlour is equipped with an automatic weighing system (individual meters). To measure milk fat and protein content and make cell counts, individual samples are collected in the milking parlour in the course of one morning and one evening milking per week.

Experiment implementation

The design approach of the low-carbon system at Trévarez is based on long-term experimentation (a minimum of 4 years) and will involve the entire herd and land area of the conventional farm. However, in order to test different

ways of optimising the system and reducing the carbon footprint, experimental trials will require the temporary creation of specific groups of animals.
During 2018, the measures to be implemented to reduce the carbon footprint will be identified based on literature reviews and simulations. Thereafter, as experimental trial results are obtained, the management of the programme will be adapted to ensure ongoing optimisation.

Animal management

Herd numbers and production

The overall goal is to reduce the number of unproductive days for the herd.

The experiment will involve the entire conventional herd at Trévarez, composed of 120 Prim'Holstein cows and around 45 replacement heifers per generation.

To deliver around 900,000 litres of milk while maintaining the approved number of dairy cows, the annual production target for each cow is around 8,000 kg produced, i.e. 7,300 litres sold. Herd health will be carefully monitored in order to reduce the quantity of milk that is discarded and not delivered.

Batch calving

To maintain the effective organisation established during past experiments, calving will be carried out in batches with the objective of 12-month calving intervals for each animal. Two 3-month calving periods will be maintained: in autumn from September to November and in spring from March to May.

For cows with good lactation persistency and no particular problems, in the case of reproductive failure they may be carried over until the next calving period, extending the calving interval to 18 months.

To ensure that there are enough lactating cows for winter experimental trials, reproduction will be managed so that 35% of calvings occur in spring and 65% in autumn.

Renewal management

The objective is to rear only the number of animals required to replace necessary culls, plus a safety margin. The number of "unproductive" animals should be kept to a minimum while ensuring adequate renewal.

90–100 dairy cows will receive pure Holstein insemination, and the rest will be inseminated with a beef-on-dairy cross. Carryover cows with an 18-month calving interval will be inseminated with a beef-on-dairy cross.

Most renewal calves are produced by heifers, and dairy cows produce the remainder.

Depending on the number of inseminated heifers, the number of cows receiving pure-breed insemination will be adjusted to reach the desired breeding rate.

Male, cross-breed female and excess pure-breed female calves are sold when they are between 15 days and 3 weeks of age.

The target calving-age for heifers is 24 months. Simulations will be carried out to determine the best course of action to take with heifers that are not in calf at 15 months.

The criteria for keeping pure-breed animals are as follows: priority to first-born, good health condition, and target weight met at the time of artificial insemination.

Reproductive management

The number of pure- and cross-breed artificial inseminations is specified in each breeding plan according to the results of reproduction.

18-month calving intervals are only implemented for animals with good persistency and no health issues.

Drying off

Drying off takes place 8 weeks before the expected calving date. Some cows may be dried off earlier depending on the experimental trials carried out over the winter.

Diet for dry cows:

- Grazing only for autumn calvings;
- Hay + dairy cow feed refusals for spring calvings.

Diet for animals preparing to calve (3 weeks before calving):

- Grazing + maize silage for autumn calvings;
- Maize silage + hay or baleage for spring calvings.

Culls

Finishing diet:

- Maize silage + protein supplement in winter;
- Grazing + possibility of maize silage to shorten the finishing period.

Health management

The reduction of health problems will make it possible to decrease treatments and reduce the amount of discarded milk. Cows would also have fewer "unproductive" days.

Feed

In order to approximate the average Breton dairy farm, the selected feed system is based on 2,500 m^2 of grazing area per cow and a winter diet of mixed maize and grass silage.

The winter ration is distributed in a shared trough and comprises a mixture of maize silage and first- cut grass silage. To reduce the carbon footprint and protein supplement input, the target in winter will be to reach a ratio of 40% grass silage in the feed ration (lower GHG impact than 100% maize silage). This ratio can be adjusted according to harvests and the length of the winter indoor period.

Concentrates and mineral supplements will be mixed with feedstuffs and distributed in the trough.

The entire ration will be distributed once a day (8% edible excess) on an ad-libitum basis, or pushed up to the trough 2–3 times a day when cattle are indoors full-time.

Grass silage management

Following the trials held in 2014–2018, hayfield (hybrid ryegrass-purple clover) and surplus pasture (mainly perennial ryegrass-white clover) silage will be harvested early. The first cut will be made at the "15 cm-seedhead" stage, with successive harvests made every 5 weeks (depending on growth and weather) for a total of 4–5 harvests a year for hayfields. After 15th July, cuts may be less frequent if growing conditions are not ideal.

Early harvesting of grass silage yields a high-energy and high-protein feedstuff that is easily absorbed and favours milk production.

On land not grazed by lactating cows and in areas reserved for heifers, fields planted with mixed-legume crops or multi-species mixes will be traditionally harvested for silage or baleage.

Concentrates and vitamin and mineral supplement

To reduce the carbon footprint and input costs, dairy cows will not receive concentrates, either collectively at the trough or individually. The only concentrate used will be the protein supplement necessary to correct the feed ration to 95 g PDI/UFL.

To reduce the carbon footprint and avoid using soybean (often GMO, with a recognised negative ecological impact), the protein supplement will consist of rapeseed meal produced in France.

A vitamin and mineral supplement will be distributed in winter.

During the transition period, the protein supplement will be calculated as follows:

Amount of supplement necessary based on the amount of maize in the ration (combined with grazed grass, for maize with a PDIN of 45 g/kg DM):

If > 12 kg DM/DC/day maize silage + grass silage	265 g rapeseed meal 35/kg DM maize
If 8–12 kg DM/DC/day maize silage + grass silage	150 g rapeseed meal 35/kg DM maize
If < 8 kg DM/DC/day maize silage + grass silage	0

Crop system management

2018 crop rotation

In 2018–19, the farm's 118 ha will be divided into 42 ha of maize silage, 70 ha of grass and 6 ha of barley.

The goal of the crop system is to avoid maize mono-cropping and include temporary fields in rotations.

Building and waste management

Waste reduction objective: dairy cow slurry, manure and phase separator products.

Future Farm

Climate

Duchy College's Future Farm is located in East Cornwall, which has a temperate oceanic climate (with mild summers and winters). The average annual rainfall over the past 10 years was 1375 mm. Although rainfall is heavier during the winter (around 120 mm/month), summers are also very wet (around 70 mm/month). These conditions favour grass growth throughout spring, summer and autumn. The average temperature is around 12°C, ranging from an average of 8.5°C in January and February to 17°C in July and August.

The soils are mainly clay loams over shillet, typical of large areas of Cornwall and West Devon, with an altitude varying from 140-200m above sea level.

Animals

The dairy herd is the principal commercial enterprise on the farm and normally consists of 220 mainly Holstein Friesian cows and around 60 replacement heifers per generation. Currently there are 196 cows, owing to mandatory culling for bovine tuberculosis, with some 80 replacement heifer calves born in 2021 (therefore a total of 140 replacements currently).

Crops

The whole area of the farm is 267 ha, of which a total of186 ha is dedicated to the dairy enterprise i.e. the 'Utilised Agriculture Area' (UAA). In2021-22, this consists of 14ha of maize, 17 ha of spring barley and peas, 18ha of winter wheat and 95ha of grass.

The goal of the crop system is to provide a sustainable and appropriate volume and quality of forage for the dairy herd, both in the form of grazing and conserved fodder.

Housing

The 220-cow capacity 'Future Farm' was developed to be not only a working farm, but also a teaching and dairy research facility.

The use of high-quality synthetic translucent roof sheeting allowed improved daylight entry without extra radiant heat being created inside the building. Furthermore, its low weight compared to conventional roofing materials permitted the use of automatic mechanical ventilation systems to maintain optimum relative humidity. This precluded the requirement for a typical single span cow cubicle shed construction with its central ridge outlet to facilitate natural ventilation. This permitted a significant reduction in the steel required for construction and therefore reduced financial and carbon cost compared to a more conventional design in addition to the lower profile and visually appealing building. The sides of the building are heavy duty windbreak netting which lower and raise automatically to optimise internal temperature, humidity, and air flow. Lighting systems are automated to ensure optimum lighting conditions are provided year-round.

Inside the building, the 249 cow cubicles were designed using optimal dimensions from flexible materials to allow cows to stand up and lie down without fear of injury and with rubber mattresses bedded down with sawdust and lime for maximum cow comfort. The cubicles are used at a maximum 90% stocking rate (224 cows) Animal welfare was further enhanced through the provision of an automatic feeding system capable of feeding a total mixed ration up to five times per day, which with the provision of optimal feed spacing and feed rail height, ensured that cattle always have access to high quality feed.

Rubber matting along with automatic scrapers and non-slip grooves in the concrete floors and slatted covers to slurry channels ensure hygienic conditions are maintained and lameness controlled.

FF facilitates the segregation of the herd into three groups or mini-herds, which can be managed or fed different diets for research purposes. The infrastructure including a LoRaWAN system to connect sensor-linked devices within the facility and across the wider College Farm, enables inputs and outputs to be measured, recorded, compared and reported for each mini herd. The unique feature of the set-up is its ability to segregate and store slurry separately from each of the groups.

Heifer calves are reared are reared in groups of 35 on automatic whey-based milk replacer diets in straw bedded loose housing until weaning at 12 weeks of age. Older replacements are reared in sand cubicles in a conventional Yorkshire-boarded shed over winter and grazed in the summer.

Milking

High standards of animal health are maintained through the use of the latest milking technology in a 20/40 Boumatic herringbone milking parlour including automatic cluster removal and flushing to reduce mastitis incidence. Milk yields are recorded individually per animal and conductivity, butterfat and protein can also be assessed.

Manure management

The slurry from each of the three separate areas is managed individually. Underneath the housed environment exists separate slurry channels which siphon the slurry to an individual reception pit from each area; from there it is pumped weekly into one of three slurry stores. There is an additional one for the communal areas (i.e. milking parlour, collecting yard and return passageways).

Animal management

Herd production

Milk from the herd is sold to Saputo Dairy UK for hard (cheddar) cheese production, including 'Cathedral City', the UK's market-leading brand. The overall goal is therefore to produce milk with high butterfat and protein concentrations from forage without compromising animal welfare. The production target per cow is ~8,500l of milk produced per year with wastage being kept to a minimum with appropriate mastitis control and minimal antibiotic intervention. Milk yields are currently 8,300 l with 3.38% protein and 4.20% butterfat.

Block calving

All animals are calved in an autumn block structure with animals giving birth in the months of August, September and October (a small number may calve in November), with the objective of 12-month calving intervals for each animal (currently 399 days) with a target culling rate of 20% (currently 30%). Animals that are close to calving are given access to a paddock and an indoor yard space where they are buffer fed baled silage and compound feed. Magnesium is supplemented in the water.

Reproduction management

The breeding programme in place on the farm aims to select bulls for individual dams based on traits exhibited by the individual animal (e.g., if a dam has a lower than desired butterfat constituent, then a bull will be selected to increase the genetic merit of the offspring in this regard). For dairy replacement stock, sexed semen from a Holstein bull is used. Semen from beef bulls (namely Simmental, Aberdeen Angus and Belgian Blue) is used on the remainder of the stock and utilised for beef production.

Heifers undergo a similar process with physical characteristics assessed (i.e., no milk data available), to ensure an appropriate animal is bred. The target age at first calving is 24 months (currently 24.6 months).

Dry cows

Drying off takes place on average 66 days before calving.

Diet for dry cows:

- Grazing only for early dry period cattle.

-Late dry period cattle (~3 weeks pre-calving) are fed baled silage with a compound feed (and magnesium supplementation in the water).

Health management

A herd health plan has been constructed with the herd's veterinary surgeon which aims to maximise animal welfare and optimise production in an efficient manner.

Feeding

During the grazing season (usually from March/April to October) animals are managed across a grazing platform of 53 ha of perennial ryegrass and red/white clover leys. Paddocks are grazed on a rotational grazing system.

During the housed season, the milking cows are fed 5 times daily (to each of the three groups, thereby meaning the ration is distributed over 15 individual bouts of feeding) using an automated robotic feeding system (Trioliet). A 'Total Mixed Ration (TMR) is fed from this system, which is normally based on grass silage, but also includes maize silage, whole crop barley with peas, a mineral blend, and a compound protein/energy source. The feed is pushed up using this same feeding system and cattle have access to it ad-libitum. This TMR is designed using an external professional nutritional consultant and can be varied to meet research requirements. Animals are given additional concentrate feed in the parlour on a "feed-to-yield" basis, based on their expected milk yield.

Cows always have free access to clean and fresh drinking water.

Grassland management

Temporary leys are cut for grass silage and permanent leys are eligible if surplus grass is available. First cut typically takes place in the early to mid-spring with subsequent cuts taking place every five weeks thereafter. Typically, around 4 cuts of clamped grass silage will take place each year, with additional baled silage produced as appropriate. The timing of cutting may vary depending on seasonality and student requirement for involvement.

Other permanent pasture not appropriate for the milking dairy herd is kept for rearing youngstock (both beef and heifer replacements) and managing the sheep flocks.

Feed ration tested and experimental method

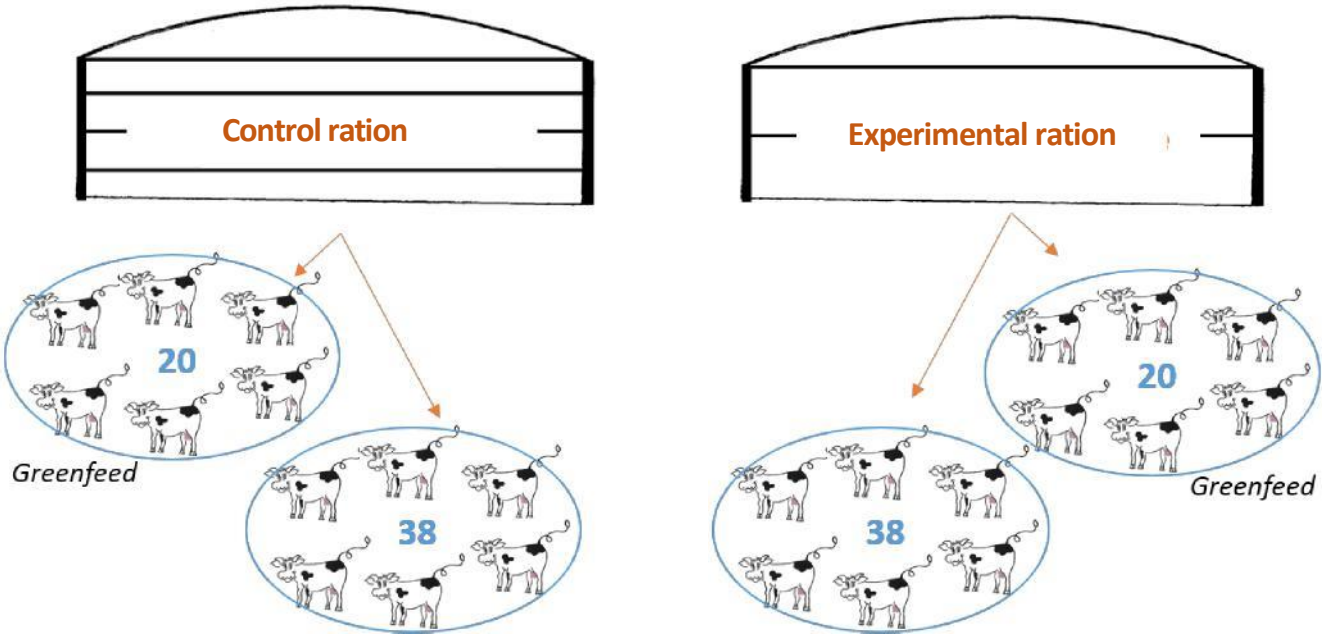
Trévarez experimental dairy farm

The experiment will involve trialling a ration based on ad-libitum grass silage and 5 kg of maize cobs, compared to a ration based on ad-libitum forage maize and 4 kg of grass silage.

Periods	Pre-experiment 3 weeks 15/12 – 05/01		Experiment 8 weeks 05/01 – 04/03	
Units	Control	Trial	Control	Trial
Forage maize	50%		Ad libitum	–
Grass silage	50%		4 kg	Ad libitum
Maize cobs			–	5 kg
Rapeseed	260 g / kg of maize*		260 g / kg of maize*	1 kg (GreenFeed)

* The quantity will be adjusted depending on forage analysis results

The experiment will involve 116 cows:



For the winter 2021–2022 trial, four groups will be formed in order to measure methane emissions with GreenFeed.

The two groups of 20 cows are from the autumn calving, with 30% first-calf heifers.

The two other groups include 20 calves from the autumn calving which will remain until the end of the trial, and 18 cows from the spring calving which will be gradually dried off.

For the winter 2022–2023 trial, other methods will be used to evaluate methane emissions (Laser Methane Detector or milk MIR spectroscopy).

Future Farm

The dairy herd will be split into three groups of 65 cows, balanced by parity (number of lactations), predicted milk yield and milk quality (butterfat and protein %). The experiment itself will involve two groups of 65 animals.

Control:

These animals will receive a conventional TMR mix, as is currently being fed, with the primary protein source being soya-based, which is fed through the blend fed in the TMR.

Treatment:

Animals receiving the treatment will not be exposed to soya within the TMR. They will be fed an alternative protein source (rapeseed-based) contained within the blend fed in the TMR.

Both groups will be fed to ensure that residual wastage is kept to a minimum without compromising cow welfare.

Owing to delays caused by an oversight in the structural design to support the automatic feeding system which had to be rectified, the trial will run from mid-February to late March 2022.

Analyses and monitoring

Trévarez experimental dairy farm

Milk production and quality:

- Recording of daily milk production (milk meters);
- Measurement of fat and protein content and cell counts once a week.

Animal weight and condition:

- Dairy cows:
    - Weight and condition noted at the beginning and end of the trial;
    - Animals' weight and condition will be checked every month;
    - Weight and condition will be noted on the day of culling if it occurs during the trial;
    - Weight and condition will be noted on the day of dispatch to the abattoir.

Health and reproductive issues:

All health issues (symptoms, illnesses and treatments) and reproductive events will be recorded.

Feed:

- Distributed quantities weighed daily, and feed refusals weighed 3 times a week;
- DM in distributed silage measured once a week;
- DM in feed refusals measured when they are weighed.

- Distributed feedstuff: twice a month during experimental trials, and once a month otherwise:
    - Foodstuff analyses: dry matter (DM); ash; crude protein content (CP); starch (in maize); P; Ca; K; and enzyme digestibility.
    - Storage analyses: pH; NH3-N; soil N; C2; C3; C4; alcohol (estimation of fermentation products); analysis of butyric acid bacteria spore levels.
    - Feed refusals: dry matter (DM); ash; crude fibre (CF); and crude protein content (CP) measured every 15 days.
    - Rapeseed: dry matter (DM); ash; crude fibre (CF), crude protein content (CP); total fat (TF); P; Ca: K; and degradable N (Aufrère method). Analyses carried out at each distribution.

Environmental and greenhouse gas objectives

The French Livestock Institute will use a Laser Methane Detector (LMD) to measure enteric methane emissions during winter 2018–2019. Measurements will be made for each individual. The Institute's DataStats department will establish the measurement and data processing procedure.

Future Farm

Milk production and quality

Recording of daily milk production (milk meters), with confirmation through monthly milk recording through CIS (a national milk recording service). These also give conductivity of milk alongside individual butterfat and protein levels.

Cases of clinical mastitis and elevated somatic cell counts CC will be recorded as per standard farm protocols.

Animal weight and condition

All animals will be body condition scored at the onset and at the end of the study period.

Health and reproductive issues

All health issues (symptoms, illnesses and treatments) and reproductive events are recorded in the on-farm software. Mobility scoring will occur on a regular basis, at least at the onset and at the end of the study period.

Food analyses

- Distributed quantities of feed are weighed daily by the feeding system to achieve consistency, and feed refusals will be checked weekly.
- Comprehensive analysis of all feedstuffs provided by independent nutritional consultant.

The proposed blends' analyses to be included in the TMR for the trial are shown below: Duchy College soya v non soya blend specifications

	Control (soya)	Non soya
Oil	7.12	9.15
Protein	22.3	22.3
Fibre	5.11	6.06
Ash	7.24	4.58
Starch	30.94	30.54
dgNDF	9.67	11.55
DUP	6.23	6.3
DM	88.33	88.36

Common indicators

	Trévarez station		Future Farm		Comparing
	Units	Repetition	Units	Repetition	
Milk production and quality					
Milk production	L	2 / day	L	2 / day	OK
Butterfat	g/L	4 / week	%	1 / month	OK
Protein levels	g/L	4 / week	%	1 / month	OK
Somatic cell count	cell / mL	4 / week	000 cell /mL	1/month	OK
Urea	mg / L	1/ week	mg / L	n/a	OK
Conductivity			mS	1 / month	
Animal weight and condition					
Body condition score	Appendix 3	Onset 1 / month End	Appendix 1	Onset End	OK
Weight	kg	Onset 1 / month End			
Health and reproductive issues					
All issues		When it occurs		When it occurs	OK
Mobility scoring			Appendix 2	Onset End	
Food analyses					
Distributed feed weighed	kg	1 / day	kg	1 / day	OK
Feed refusals weighed	kg	3 / week	kg	1 / week	OK
DM in distributed silage	kg	1 / week	kg	1 / week	OK
DM in feed refusals	kg	3 / week	kg	1 / week	OK
Feedstuffs analyses: dry matter (DM); ash; crude protein content (CP); starch (in maize); P; Ca; K; enzyme digestibility		2 / month		1 / month	OK
Storage analyses: pH; NH3-N; soil N; C2; C3; C4; alcohol; butyric acid bacteria spore levels.		2 / month			
Feed refusals analyses: dry matter (DM); ash; crude fibre (CF); crude protein content (CP).		2 / month		1/month	OK
Rapeseed : dry matter (DM); ash; crude fibre (CF), crude protein content (CP); total fat (TF); P; Ca; K; degradable N.		Each delivery			OK
Blend analyses : oil; protein; fibre; ash; starch; dgNDF; DUP; DM			From specifications	Each delivery	OK

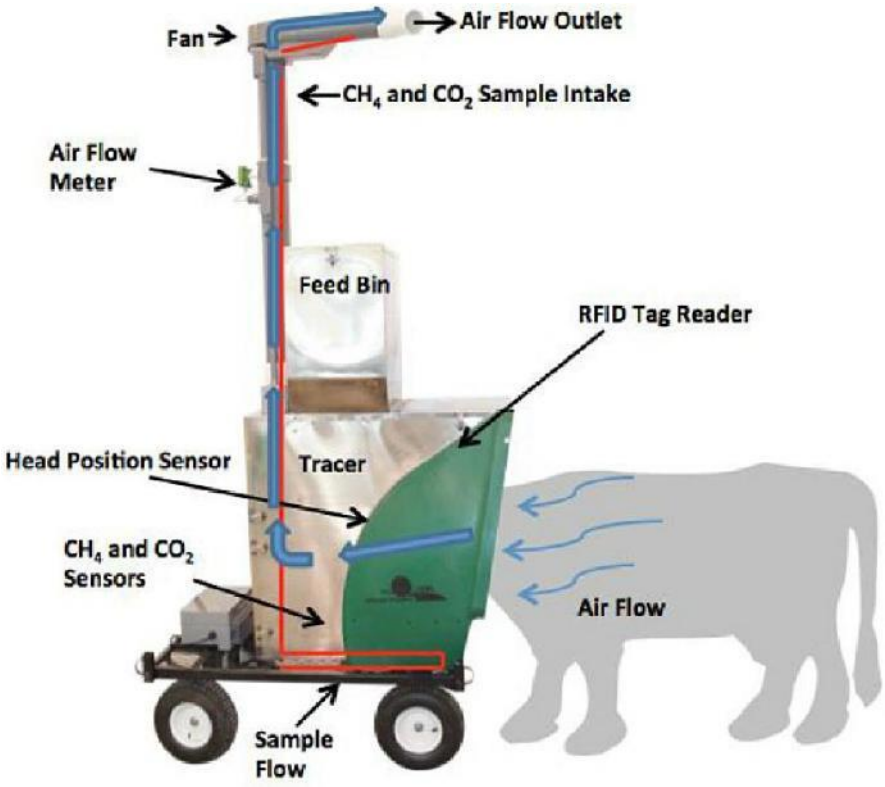
GHG emission measurement tools

Trévarez experimental dairy farm

GreenFeed

(C-Lock, Rapid City, SD, USA)

Cost: €46,000



GreenFeed is a feed distributor equipped with various sensors (gas composition, head position, anemometer):

- Time required for measurement: 3–4 minutes
- Capacity: 20 to 25 animals
- Results: CH_4 (g/d) = airflow x [CH_4]

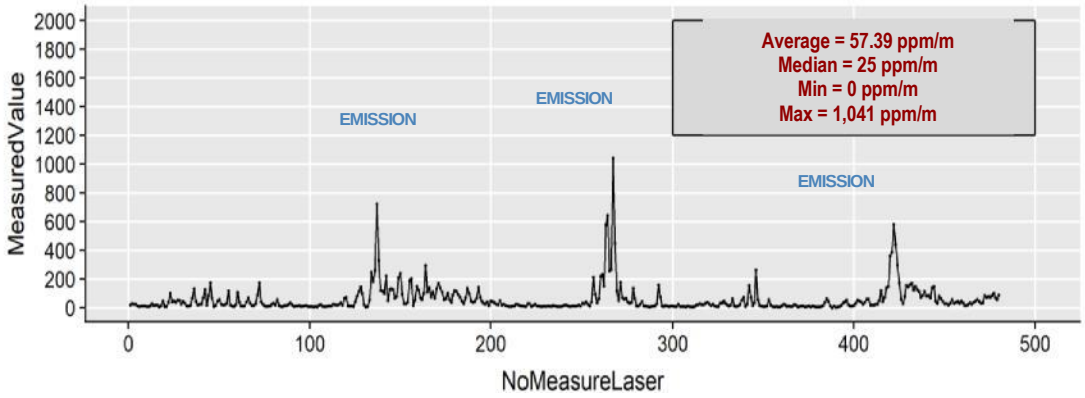
Laser Methane Detector

(Tokyo Gas Engineering Solutions Ltd.)

Cost: €4,000

This tool is a CH_4-specific infra-red laser used to detect gas leaks:

- Can be used indoors and in grazing areas
- Time required for measurement: 4–5 minutes
- Results: CH_4 (ppm/m) of air breathed and belched out
- CH_4 (g/d) conversion model in development



Milk MIR spectroscopy

This process uses equations to predict enteric CH_4 emissions based on the MIR (mid-infrared) spectroscopy of milk.

These equations are currently being developed by the MethaBreed programme.

To this end, measurements will be taken over a 3-week period in February 2022.

Future Farm

Non-Dispersive Infrared (NDIR) Gas Monitor – Edinburgh Sensors Guardian NG

(Edinburgh Instruments Ltd)

- The Guardian NG is based on dual wavelength non-dispersive infrared (NDIR) technology
- For the detection of CH_4 0-1%
- Two units – one to be fitted in the milking parlour and one portable.
- It displays the chemical formula of the gas, the indicated concentration in ppm, and the pressure in the sampling cell.

Common indicators

Each experimental farm will carry out specific analyses depending on available equipment (cost). This complementarity is beneficial.

Carbon footprint calculation

Both experimental farms will use the CAP2ER tool to evaluate the reduction of their carbon footprint through changes to the feed ration.

Techno-economic analyses

	Trévarez station	Future Farm	Comparing
Milk production	L / cow / year	L / cow / year	OK
Milk from forage		L / cow / year	
Milk from balanced ration	L / cow / year		
Concentrate fed	t / cow / year € / 1000 L	kg / cow / year kg / L	OK
Concentrates use	g / kg of milk € / 1000 L	kg / L £ / L	OK
All purchased feed per litre	€ / 1000 L	£ / L	OK
Margin over purchased feed	€ / 1000 L	£ / cow	OK
Gross margin	€ / 1000 L	£/ha	OK

ANNEXE 1 : Note d'état corporel (Future Farm)

AHDB

Body condition scoring (BCS)

What is body condition scoring (BCS)?

BCS was developed around 20 years ago and is widely acceptez' as a practical means of assessing the impact of negative energy balance in earty lactation. Scores range from 1 to 5 in increments of 0.25.

This system concentrates on the accurate deterrnination of scores between 2.0 and 4.0 as these are the most critical for management decisions. Scores outside these values are extreme: those below 2.0 are seriously underconditioned and require immediate attention, as do those at 4.0 and above which are overconditioned and require controlled weight loss.

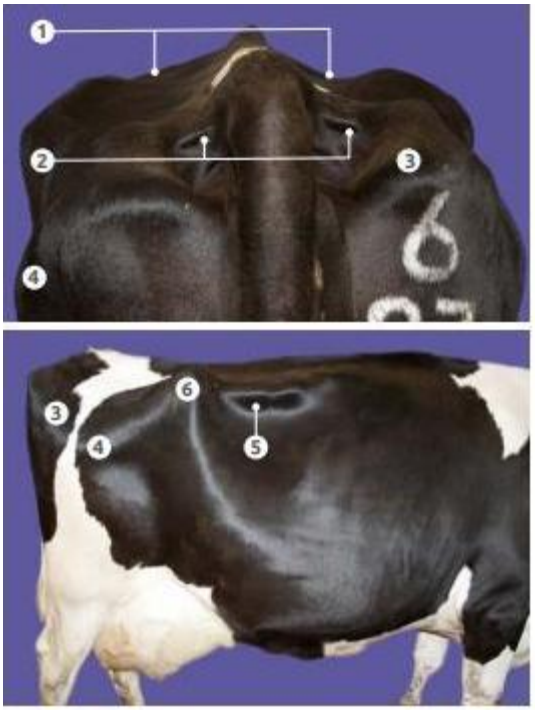
Scorers usine this system will be able to assign BCS consistently and accurately.

When to condition score

The change in body condition score s more important than the absolute value. therefore scoring should be undertaken regularly. A gond routine involves scoring:

Stage of lactation	Target SCS
At caivffig	2.5-3.0
60 deys post-calwng	2.0-2.5
100 deys besace cleyng off	2.5-3.0
At drying off	2.5-3.0

F urther information on how to body condition score can be found on the AHDB website. including a short training video.



1. Sacral ligament 2. Tailhead ligament
3. Pots 4. Thurl 5. Short nbs 6. Hooks

Assess the angle between the hooks and pins.

- The finit decision you make will divide cows into tvo groupe: Mose with a BCS less thon or equal to 3. and those with a BCS greater than 3
- This aecisKen may be Me most difficult one in Me BCS process. espectaffy d the cow is neer a 3.0 or 3.25 BCS

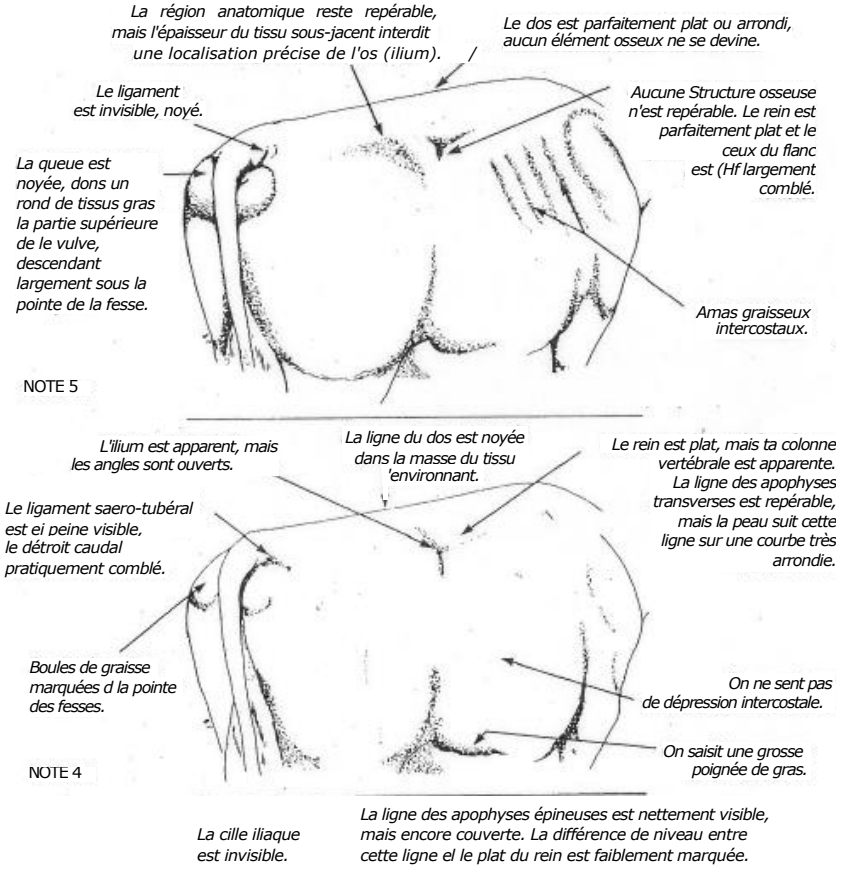
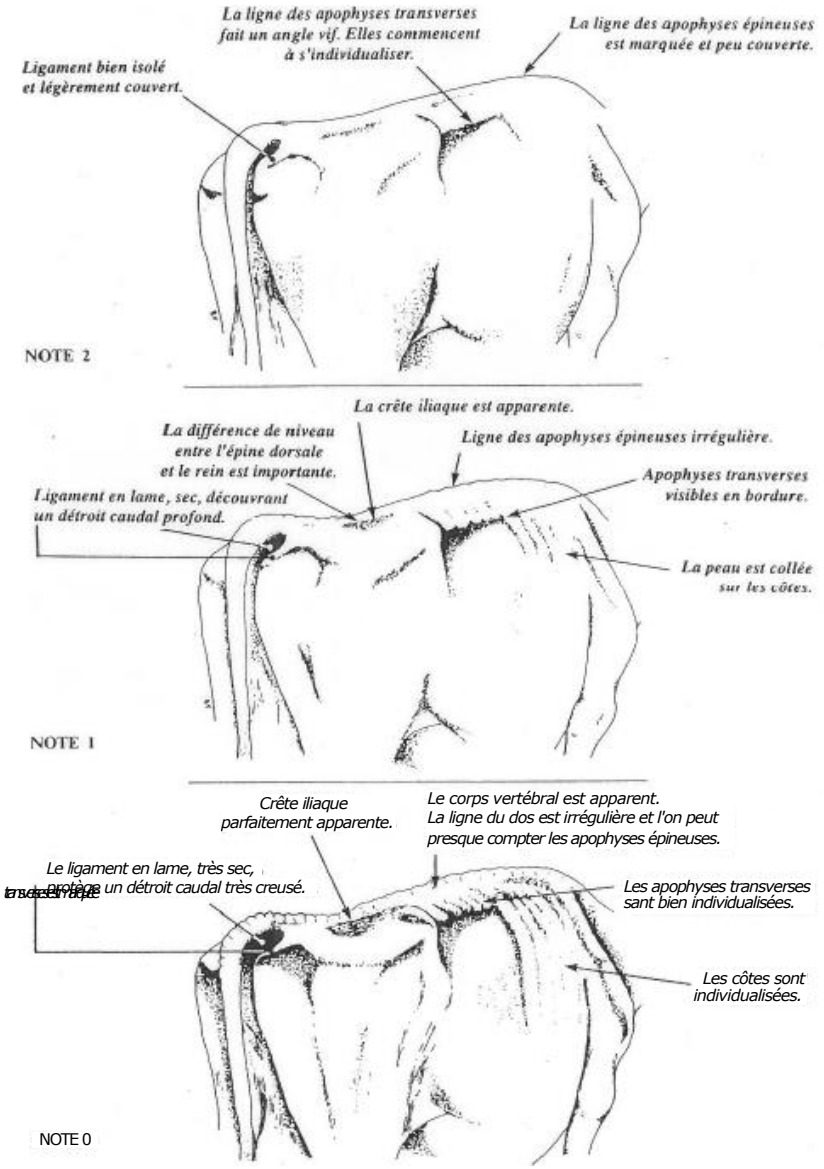
- angle lus a 8CS kas thco or *quai to 3. Fcbe me orange sSeps.

U - aryle lus a 8CS greater than 3. Folcnv Me green sten

While the Agriculture and Horticulture Development Board seeks to ensure that the information contained within this document is accurate at the time of printing, no warranty is given in respect thereof and, to the maximum extent permitted by law, the Agriculture and Horticulture Development Board accepts no liability for loss, damage or injury howsoever caused (including that caused by negligence) or suffered directly or indirectly in relation to information and opinions contained in

DairyCo Mobility Score

Geel mobirdy 11 .191.10" C f ...eir	0	tabla with even weght *bcoring* and rhythm on cl Mut foot. en* o Bot bock. fixa. flua *odes possible.	• No caten nooded. • Routine Imerentotne) foot • Record inolatity vit *nea* scaing session
Imperfat mobility N[I]> 1 \ [1111]1110[11] - - è t. . . \ .	1	Stops tare* Matha *ce* waren boom& *or* *ides shotriened; cifected tint Cf lard» *ne* munedioltdy iderefiable.	• Gould bene& from rune. (prevernarrel foot Mana whena rogurred. • Fortes obsenaticn reccanended
Impoired *mobile* elet[e] 1.11[11111111] .	2	Unewn vite Sonne on o Itras the à etuneacetely identifiable ond/m canar* thettened avides finually val, cet ceci, b the amie of Mborii.	• loure one Maly b binait boa **Istabient** • Foot *raid Ise Wied b **estoblta couse of** omens» belote **recensent** • **Should** be **onended** bos **no.** os ***noire/*** passait
Sowntly Inecired »ab*	3	**Unobie Ys** atoll **Ob fusion** ire* huma **pou. Scannai** lm, **...9 anis** hi heolihy **lard) ad wons of score 2.**	• **Vin**, Ion • Cow • pointe Con be tent fo one te as *o *na nad 01 of post Skip **nioy be** en* possible solution_

RACE HOLSTEIN

(source ITEB)