

RÉSUMÉ

L'agriculture représente 19% des émissions de gaz à effet de serre en France, et l'élevage bovin, responsable de 62% de ces émissions, joue un rôle crucial dans la décarbonation. Une amélioration de la croissance des jeunes bovins peut réduire ces émissions, notamment en optimisant la santé, la nutrition et la gestion des animaux. Le vétérinaire, expert en zootechnie et en santé animale, est un acteur clé dans cette démarche. En prévenant les maladies, en améliorant la nutrition et en favorisant une reproduction précoce, il contribue à améliorer la croissance des animaux et à réduire l'empreinte carbone des élevages. Cette approche améliore aussi la rentabilité économique des exploitations.

Croissance des jeunes bovins : le rôle du vétérinaire pour accompagner la décarbonation des élevages

L'optimisation de la croissance des jeunes bovins peut réduire les émissions de GES tout en améliorant la performance technico-économique des exploitations.

Par **René FOURNIER¹**

¹ Responsable Filière lait bovine, MSD Santé Animale, Angers Technopole, 7 rue Olivier de Serres, 49070 BEAUCOUZE

rene.fournier@msd.com

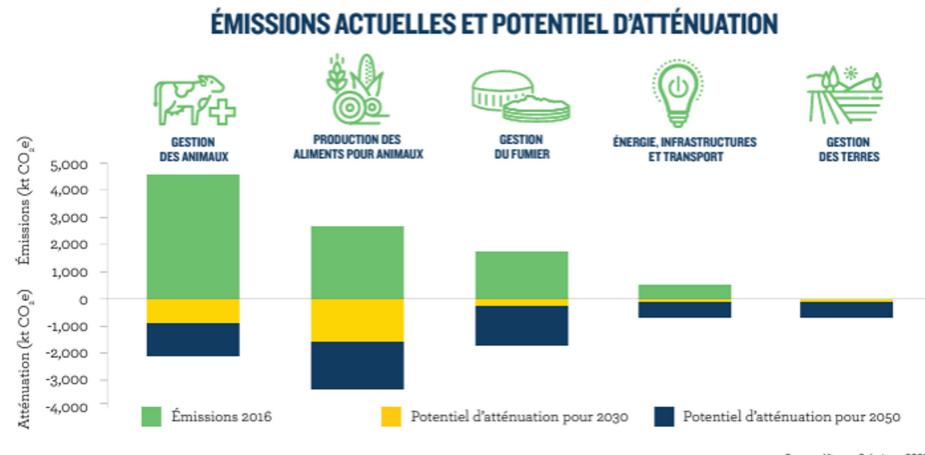
La croissance des jeunes bovins, un axe majeur de décarbonation des élevages bovins, un rôle naturel pour le vétérinaire

En France, l'agriculture était responsable en 2022 de 19% des émissions de gaz à effet de serre (GES) avec 77 Mt eq. CO₂ (millions de tonnes équivalents CO₂) sur un total d'environ 400 Mt eq. CO₂ (45). C'est un secteur qui doit, comme les autres activités économiques, réduire son empreinte carbone face au défi du changement climatique. La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) prévoit une baisse des émissions agricoles de GES, par rapport au niveau de l'année 2015, de respectivement 18% à échéance 2030 et 46% en 2050. L'application progressive depuis début 2024 de la Directive européenne CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) devrait accélérer le mouvement de décarbonation dans les filières bovines : elle impose dans un premier temps aux entreprises de plus

de 250 employés et de plus de 50 Millions (Mn) € de chiffre d'affaires (et/ou plus de 25 Mn € au bilan financier) de rendre publics leurs efforts visant à réduire leur empreinte carbone.

L'élevage français est à l'origine de 59% des émissions agricoles nationales, avec 46 Mn tonnes équivalent CO₂ (t. eq. ; 47). Tous secteurs confondus, l'élevage émet 11,8% des GES français. Les bovins en représentent à eux seuls 62%, soit environ 30 Mn t. eq. CO₂. 50 à 55% des émissions de gaz à effet de serre des bovins sont représentées par le méthane, produit par leurs fermentations ruminantes. Or, le méthane se caractérise par un pouvoir réchauffant global (PRG) beaucoup plus élevé que celui du CO₂ : défini sur une période de 100 ans, son PRG est en effet 25 à 28 fois supérieur à celui du CO₂. Ce qui explique la sur-représentation des bovins dans l'empreinte carbone globale car 89% du méthane d'origine agricole est produit par les bovins. D'après le rapport FAO publié en 2023

Figure 1. Les sources de réduction des émissions de GES des bovins laitiers au Canada en 2016 (50).



Source : Viresco Solutions, 2022

sur les moyens de réduire l'empreinte carbone de l'élevage (51), la conduite et l'alimentation des animaux sont les axes pour lesquels des progrès sur l'empreinte carbone sont les plus envisageables. A l'échelle mondiale, le potentiel estimé de réduction des émissions de GES est de 20% en améliorant la productivité, 12% pour la nutrition, 10% pour la santé, 8% pour la génétique (35). Au Canada, l'analyse des cycles de vie des bovins laitiers sur 5 ans (**Figure 1**) montre que la gestion des animaux représente 48% des émissions globales (contre 28% pour la production de leurs aliments, 18% pour la gestion des effluents et 6% pour le reste (énergie, transport, ...)).

Ces données mettent en avant l'importance de la bonne croissance des animaux en tant que levier de la décarbonation des élevages, en particulier chez les bovins. Et donc le rôle majeur que le vétérinaire peut jouer en tant que professionnel de la santé et expert en zootechnie, deux domaines incontournables pour le bon développement des jeunes bovins.

Dans cet article, 3 axes seront discutés concernant l'importance de la croissance des jeunes animaux dans le cadre de la décarbonation bovine :

- Le maintien des jeunes bovins en bonne santé pour une bonne croissance,
- L'importance de la croissance pour une production débutant plus tôt et permise avec un moindre nombre d'animaux,
- L'optimisation de la croissance pour produire plus et plus longtemps.

Des exemples seront pris à la fois chez les bovins laitiers et allaitants, même si pour ces derniers, les références bibliographiques sont moins abondantes.

Réduction de la morbidité et de la mortalité des jeunes bovins : maintenir les animaux vivants et en bonne santé pour éviter d'élever des animaux avec une production associée nulle ou réduite

Les prévalences de la morbidité et de la mortalité néonatale (plus de 10% pour cette dernière dans les élevages laitiers) demeurent trop élevées dans les élevages de bovins. Elles sont inacceptables d'un point de vue éthique, préjudiciables sur le plan économique, et délétères pour l'environnement. En effet, les animaux malades impactent l'empreinte carbone des exploitations car les émissions qui leurs sont associées correspondent à une production soit nulle (en cas de mortalité), soit sévèrement amputée (en cas d'atteinte néonatale).

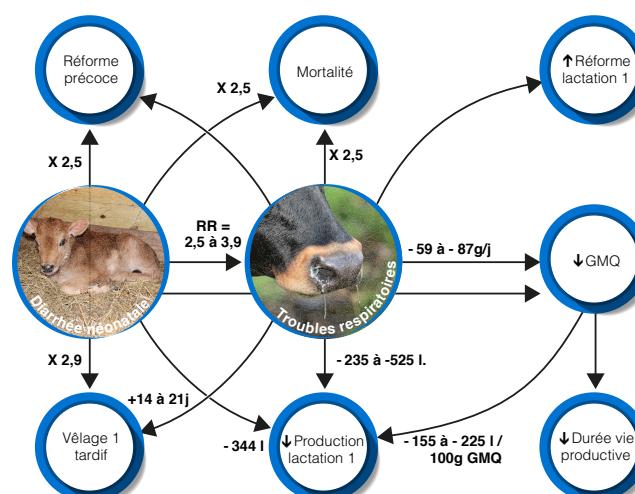
Maintenir santé et bien-être pour réduire l'impact environnemental des jeunes bovins

A l'échelle mondiale, d'après l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (OMSA, ex-OIE, ou WOAH), 20% de la production des élevages est perdue du fait de maladies, avec un coût annuel associé d'environ 270 milliards de dollars (54, 55). La prévention des maladies est primordiale pour la santé du troupeau et une production durable. Des animaux en bonne santé produisent plus avec moins de ressources (aliments, eau, ...), ce qui permet de répondre à la demande en produits bovins avec un nombre moindre d'animaux, concourant ainsi à la réduction de l'empreinte carbone rapportée à l'unité de produit (litre de lait, kg de viande). Lors d'épisodes de maladies, des travaux de recherche anglais ont montré que les émissions de GES des bovins

à viande peuvent croître jusqu'à 113%, celles des bovins laitiers jusqu'à 24% (20, 44). En cas de maladie, le besoin énergétique nécessaire à l'entretien augmente. Pour atteindre un même objectif de production, plus de temps et d'énergie seront nécessaires si les animaux sont affectés par des maladies (20), avec des effets défavorables sur l'empreinte carbone. De plus, l'amélioration de la santé permet de réduire la part des produits animaux devant être écartés de la commercialisation (34). En réduisant de 10% l'incidence des maladies, 800 Mt de GES pourraient être épargnées à l'échelle globale (46). Dans cet objectif, la vaccination participe à la baisse de l'empreinte carbone : par exemple, quand 60% des bovins à viande sont vaccinés sur une année dans le monde, la production de viande augmente de 53% (46). Dans le contexte de l'élevage anglais avec une situation sanitaire déjà correcte, il a été évalué que l'amélioration de la santé peut être associée à une baisse de 10% de la production de GES (38). A l'échelle d'un troupeau, les progrès envisageables sont d'autant plus importants que la situation de départ est plus dégradée.

Les maladies parasitaires, en compromettant l'efficacité alimentaire et la productivité peuvent accroître aussi la production de méthane, jusqu'à 33% par kg de matière sèche ingérée (MSI ; 16). Du fait notamment de l'augmentation de la quantité d'aliment ingéré pour un même objectif, le parasitisme peut conduire à une augmentation de 11% du CH₄ produit, de 32% du CH₄ dans le fumier et de 30% pour le N₂O émis à partir du fumier, le tout rapporté au kg de gain de poids (données chez les agneaux ; 25).

Le respect du bien-être animal constitue un autre point d'importance dans l'objectif de réduire les émissions de GES des Ruminants (27). Ainsi de jeunes bovins à l'engraissement présentant des niveaux élevés de cortisol en lien avec des situations de stress se caractérisent par une moindre efficacité alimentaire et des émissions accrues de CH₄ rapportées à la MSI (29). La production supérieure de méthane est associée à une rétention prolongée des aliments dans le rumen, et donc davantage de fermentation. De plus, les facteurs de stress rencontrés par les bovins sont également à l'origine d'une mortalité accrue et d'une altération des performances de reproduction (9), qui tous deux entraînent une augmentation directe des émissions de GES. Par ailleurs, la viande issue d'animaux stressés



peut conduire à une augmentation du taux de saisie, voire au refus de consommation par les consommateurs du fait d'altération de la qualité des carcasses (texture, couleur, ...) (2, 18). Enfin, l'amélioration de la santé des bovins, si elle s'inscrit dans une démarche 'Une seule santé' (OneHealth), s'accompagne de bénéfices additionnels en termes de décarbonatation : réduction du risque d'émergence de maladies zoonotiques, limitation des phénomènes d'antibiorésistance et amélioration de la sécurité des denrées alimentaires (53).

Prévenir les maladies du jeune âge pour préparer à une carrière réussie

La prévention des maladies néonatales est primordiale car elle conditionne la santé et la productivité ultérieure. La **figure 2** résume les conséquences des maladies du jeune âge des génisses laitières sur leur carrière.

Pour exemple, le risque de maladie respiratoire chez un veau concerné par un épisode antérieur de diarrhée néonatale est multiplié par un facteur généralement compris entre 2,5 et 4 selon les études (21, 43). De même, une méta-analyse récente montre les conséquences délétères d'un épisode respiratoire chez des génisses laitières au cours de leur élevage : mortalité multipliée par 2,85, risque de réforme multiplié par 2,85, Gain Moyen Quotidien (GMQ) réduit de 87 g /j, production laitière amputée de 121 kg en 1^{re} lactation (5). Même quand l'atteinte est subclinique, les conséquences sur la productivité ultérieure sont avérées : les génisses présentant des lésions du poumon (sans signes cliniques associés) dans les 8 premières semaines produiront 525 litres de lait en moins en 1^{re} lactation (13). Ce qui renforce l'intérêt d'une prévention efficace. Dans ce

Figure 2.

Conséquences des maladies néonatales des génisses laitières sur leur carrière (revue bibliographique de l'auteur, d'après 5, 21, 36, 43, ...).

cadre, l'intérêt de la vaccination vis-à-vis des maladies du jeune âge a été largement démontrée. Ainsi, la vaccination contre les diarrhées néonatales permet de réduire fortement, par 2 à 3, la mortalité et la mortalité des jeunes veaux (en association avec une prévention contre la cryptosporidiose ; 31). De même en France, la double vaccination contre les maladies diarrhéiques et respiratoires a montré une réduction importante de la mortalité, en la divisant par environ 4, passant de 11,8% à 2,8%, chez des veaux de boucherie suivis jusque 5 mois d'âge (32). En système allaitant, les affections des jeunes veaux pénalisent également leur croissance ; pour exemple, un épisode diarrhéique provoqué par la cryptosporidiose peut se traduire par la baisse de près de 200g/j du GMQ observé à 6 mois d'âge (37). De même, une atteinte respiratoire est associée à une baisse de GMQ de 60 à 150g/j (23). En termes de productivité numérique, l'Institut de l'Elevage (IDELE) considère que l'optimisation du nombre de veaux vendus par vache allaitante permettrait de réduire l'empreinte CO₂ de la viande produite de 11% (48).

Le rôle du vétérinaire pour sensibiliser et accompagner les éleveurs en période néonatale

La mise en œuvre de mesures systématiques simples permet(trait) de réduire fortement les pertes de jeunes animaux ou l'élevage de non-valeurs économiques (et environnementales). Une étude conduite Outre-Rhin auprès de 301 exploitations laitières (de taille moyenne supérieure à la norme française) conclut que plus de 50% des éleveurs ne prodiguent pas les soins appropriés aux nouveau-nés ni ne mettent en place une gestion colostrale efficace (33). Parmi les tâches pour lesquelles les éleveurs se sentent le moins à l'aise viennent en tête la distribution de colostrum à la sonde, l'écorrage et le contrôle de la qualité du colostrum. Les raisons pourraient être le manque de formation, de matériel ou de temps. Les praticiens vétérinaires peuvent participer à l'amélioration de la situation par la mise en œuvre de procédures standardisées intégrant les meilleures pratiques de soins, la proposition de formations pratiques, l'offre d'audit spécifique concernant l'élevage des jeunes. A titre d'exemple, des procédures de gestion néonatale sont accessibles aux vétérinaires et téléchargeables sous l'on-

glet 'Médiathèque' du site La santé de mon Troupeau (49).

Pour rappel, le maintien des jeunes bovins en bonne santé repose sur des principes bien connus ; il s'agit de donner aux veaux les moyens de se défendre contre les agents infectieux, de limiter leur contamination et de réduire la multiplication des agents pathogènes dans leur environnement :

- Gestion colostrale irréprochable, avec application chez les veaux laitiers de la règle dite 'des 5Q' :

- o Distribution précoce ('Quickness' en anglais) du colostrum (dans les 2 à 6 heures suivant le vêlage)

- o Distribution suffisante ('Quantity') d'un colostrum de bonne qualité ('Quality') : l'objectif est d'apporter au moins 200 grammes d'immunoglobulines G (IgG) dans les toutes premières heures de vie. En pratique, le veau doit ingérer 4 litres d'un colostrum contenant au moins 50 g/l d'IgG.

- o Distribution dans des conditions d'hygiène maîtrisée ('sQueaky clean').

- o Vérification ('Quantifying') de la qualité du colostrum (au réfractomètre par exemple) et du transfert d'immunité passive chez le veau (par exemple au réfractomètre, sur plasma ou sérum de veaux âgés de 2 à 7 jours)

- Hygiène du logement et du matériel d'élevage : application des normes concernant l'ambiance, les surfaces et volumes, le paillage, la gestion des lots ; désinfection, biosécurité ; hygiène du matériel de distribution du lait en système laitier : sonde à drencher, seaux, tétines, taxi-lait, ...

- Confort et bien-être : logement, alimentation, abreuvement et mode d'élevage adaptés.

- Prévention vaccinale contre les agents des principales maladies digestives et respiratoires présents sur l'exploitation : la protection peut être passive suite au transfert d'anticorps via le colostrum produit par les mères vaccinées en période sèche (contre les principaux agents de diarrhée), ou bien consécutive à la vaccination précoce des nouveau-nés (agents de troubles respiratoires).

Par ailleurs, plusieurs essais montrent l'intérêt de la distribution prolongée de colostrum ou de lait de transition sur 3 à 10 jours pour renforcer l'immunité des jeunes veaux, prévenir les maladies néonatales et améliorer le GMQ (12, 22, 40, 41).

Optimiser la croissance, en particulier en présevrage : pour faire vêler plus tôt et avoir moins d'animaux nécessaires pour le renouvellement

La bonne croissance des jeunes femelles, notamment au cours de la phase lactée, permet d'avancer l'âge au premier vêlage ; le vêlage précoce s'accompagne d'avantages en termes de préservation de l'environnement car il participe à l'augmentation de la proportion des périodes productives sur la durée de carrière des animaux.

Faire vêler jeune pour accroître la part des périodes productives sur la carrière

En système laitier, les génisses de renouvellement contribuent pour 20 à 33% du total des émissions de GES du troupeau. Leur impact diminue si l'âge au 1^{er} vêlage est abaissé ou bien si la durée de carrière productive est prolongée (10).

Par exemple, le vêlage à 24 mois est associé à une durée de production représentant 59% de la vie totale de la femelle ; ce ratio tombe à 52% en cas de vêlage à 30 mois (**Figure 3** ; 36). L'avantage, mathématique, pour les carrières démarquées plus tôt, est d'autant plus important que les génisses vêlant précocement présenteront à la fois un niveau de production et une longévité productive (intervalle entre 1^{er} vêlage et réforme) accrues (voir partie « Optimiser la croissance et réduire l'âge au 1^{er} vêlage »).

Faire vêler jeune pour réduire le besoin en génisses de renouvellement

Un poids élevé au sevrage, associé à une croissance soutenue au cours des mois suivants, autorise une mise à la reproduction à un âge réduit (dès 13 à 15 mois d'âge), et finalement l'obtention d'un premier vêlage précoce. Dans un système à l'équilibre, associé à un taux de renouvellement maîtrisé, l'abaissement de l'âge au 1^{er} vêlage permet de réduire le nombre de génisses nécessaires pour le renouvellement, et donc les émissions de carbone associées à leur élevage. Le vêlage précoce autorise en effet un même niveau de production de lait avec un nombre plus faible de génisses de renouvellement, et une empreinte carbone associée à la période d'élevage des génisses diminuée du fait de leur entrée plus tôt en production. C'est pourquoi les troupeaux avec une forte proportion de génisses émettent davantage de méthane dans l'environnement par litre de lait (10).

Figure 3. Pourcentage de la carrière consacrée à la production laitière en fonction de l'âge au 1^{er} vêlage (36)

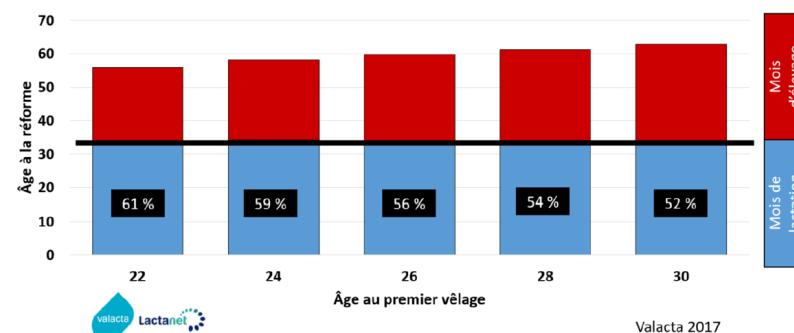


Tableau 1. Nombre nécessaire de génisses d'élevage selon le pourcentage de renouvellement et l'âge au 1^{er} vêlage (APV, calcul pour une exploitation de 100 vaches ; d'après 36)

APV (mois)	Taux de remplacement (%)				
	20%	25%	30%	35%	40%
22	38	47	57	66	76
24	41	52	62	72	82
26	45	56	67	78	89
28	48	60	72	84	96
30	52	64	77	90	103
32	55	69	82	96	110

Pour un troupeau de 100 vaches, avec une mortalité sevrage-vêlage de 3%

A l'opposé, la combinaison d'un âge réduit à la mise-bas des génisses avec un taux de renouvellement maîtrisé et des conditions d'élevage adaptées est à même de réduire les émissions de GES de 9% (avec des variations selon la valeur de l'empreinte carbone initiale ; 24).

En France dans les troupeaux laitiers (toutes races), l'âge au premier vêlage est d'environ 31/32 mois et le taux de renouvellement de 31/32% (données de l'observatoire Reproscopie ; 52) ; dans ces conditions, une exploitation de 100 vaches a besoin d'élever 82 génisses (tous âges compris) pour assurer le maintien du nombre de vaches (en prenant une valeur de 3% pour la mortalité entre le sevrage et le vêlage). Le calcul montre que le passage à un âge moyen au 1^{er} vêlage de 24 mois, permettrait d'épargner l'élevage de 20 génisses (62 au lieu de 82, **Tableau 1**). Le même calcul appliqué spécifiquement aux races Holstein & Montbéliarde, se caractérisant par un taux de renouvellement plus élevé (33/34%) et un âge moyen au 1^{er} vêlage de 26 mois, permettrait d'épargner l'élevage de 18 génisses (74 au lieu de 92, **Tableau 1**).

Tableau 2. Emissions de méthane sur la période d'élevage de génisses laitières en fonction de leur âge au 1^{er} vêlage (8)

Âge au premier vêlage (années)	Holstein		Normande	
	2	3	2	3
Émissions de CH₄ cumulées, kg				
0 - 12 mois	34	30	31	29
12 - 24 mois	83	70	81	68
24 - 36 mois	-	100	-	101
Total ¹	117	200	112	198
CH₄, g/kg de MSI ingéré				
0 - 12 mois	22.9	22.9	22.6	22.8
12 - 24 mois	24.2	23.9	24.1	23.8
24 - 36 mois	-	24.7	-	24.7
Total	23.5	23.8	23.4	23.8
CH₄, g/kg de GMQ				
0 - 12 mois	110	114	104	115
12 - 24 mois	317	364	299	341
24 - 36 mois	-	474	-	418
Total	214	317	202	292

¹ Émissions de méthane cumulées de la naissance au vêlage

sant par un âge au 1^{er} vêlage de 29/31 mois et un taux de renouvellement de 32/34% aboutit à un besoin réduit d'environ 15 à 18 génisses.

Le même raisonnement est applicable en système viande dans lequel l'âge moyen au 1^{er} vêlage pourrait aussi être grandement abaissé.

Faire vêler jeune pour finalement réduire la production de méthane

L'abaissement de l'âge au premier vêlage se concrétise à la fois par la réduction des émissions de méthane au cours de la période d'élevage, qu'elles soient exprimées en valeur totale, au kg de matière sèche ingérée ou encore au kg de GMQ, et sur la carrière productive, rapportées à l'unité de temps ou l'unité de production, c'est-à-dire le litre de lait ou le kilogramme de viande. Pour exemple, de la naissance au 1^{er} vêlage, 50% du CH₄ est produit entre 24 et 36 mois d'âge chez les génisses vêlant à 3 ans ; en d'autres termes, leur production de méthane est doublée en comparaison avec des génisses vêlant à 2 ans (**Tableau 2**). En production, le CH₄ émis par litre de lait diminue avec l'augmentation du numéro de lactation, et avec l'accroissement de la production (en lien avec la

race de l'animal ou le niveau supérieur des apports alimentaires ; **Tableau 3**).

En parallèle, un autre facteur important jouant sur le niveau des émissions de méthane est le taux de renouvellement, dont la valeur dépend en partie de l'âge au premier vêlage des génisses de remplacement. Par rapport à une valeur initiale (élevée) de 45%, amener le taux de renouvellement à une valeur-cible de 25% permet de réduire entre 14% et 20% les émissions de CH₄ du troupeau laitier (**Tableau 4**).

En pratique, pour assurer une croissance optimale jusqu'au sevrage en troupeau laitier, les points clés de réussite sont les suivants :

- Gestion colostrale optimisée (cf 1^{ère} partie),
- Plan d'allaitement adapté : volumes suffisants (ad libitum, un veau laitier consomme 20% de son poids vif), teneur élevée en protéines et ratio protéines / matières grasses proche de 1,3 pour les poudres de lait, préparation au sevrage (réduction progressive du volume et du nombre de repas quotidiens), ...,
- Privilégier le lait reconstitué à partir de poudre de lait au lait de vache (composition régulière et adaptée, hygiène maîtrisée) ; proscrire la distribution de lait non commercialisable (lait produit pendant la durée du temps d'attente de médicaments vétérinaires, ou bien avec des taux cellulaires trop élevés),
- Introduction dès les premiers jours d'un aliment sec 'starter' et mise à disposition d'eau,
- Sevrage réalisé dans de bonnes conditions : consommation suffisante d'aliment sec (au moins 2kg par jour, idéalement 2,5kg ; évaluation indirecte possible par la mesure du bêta-hydroxybutyrate sanguin), limitation du stress (pas d'intervention telle que l'écornage par exemple), transition alimentaire (idéalement, maintenir quelques semaines l'aliment sec utilisé en pré-sevrage),
- Prévention efficace des maladies : hygiène, biosécurité, vaccination, gestion parasitaire,
- Confort et propreté du logement, respect des normes d'élevage (surface, volume d'air, ventilation, température, hygrométrie, luminosité ...),
- Suivi de la croissance, idéalement avec un système de pesée, à défaut à l'aide d'un ruban barymétrique.

Tableau 3. Emissions de méthane de vaches laitières au cours de leurs lactations en fonction de leur âge au 1^{er} vêlage, race et niveau des apports alimentaires (8)

Niveau alim.	Holstein				Normande			
	Élevé		Bas		Élevé		Bas	
Âge 1 ^{er} vêl. (an.)	2	3	2	3	2	3	2	3
CH ₄ , g/d								
Lactation 1	357	401	310	345	339	381	297	329
Lactation 2	409	438	354	374	394	420	341	359
Lactation 3+	443	462	381	393	430	447	370	380
	403	434	348	371	388	416	336	356
CH ₄ , g/kg de lait								
Lactation 1	18.2	18.8	23.5	22.3	25.0	24.7	29.7	26.6
Lactation 2	17.0	17.5	21.7	21.1	22.7	22.9	27.7	25.9
Lactation 3+	16.7	17.4	20.7	20.7	21.8	22.4	25.8	25.2
	17.2	17.9	21.8	21.3	23.0	23.3	27.5	25.9

Tableau 4. Effet du taux de renouvellement sur les émissions de méthane de vaches laitières en lactation en fonction de leur âge au 1^{er} vêlage, race et niveau des apports alimentaires (8)

Niveau alim.	Holstein				Normande			
	Élevé		Bas		Élevé		Bas	
Âge 1 ^{er} vêl. (an.)	2	3	2	3	2	3	2	3
Taux remplacement Baisse du CH₄ (%) avec un taux de remplacement à 25%								
30	3.8	5.1	4.4	5.6	4.0	5.3	4.5	5.6
35	6.7	8.9	7.8	9.8	7.2	9.2	8.0	9.8
40	10.8	14.1	12.4	15.4	11.5	14.7	12.7	15.4
45	14.0	18.1	16.1	19.7	15.0	18.8	16.4	19.7

Optimiser la croissance et réduire l'âge au 1^{er} vêlage : pour produire plus, et plus longtemps

La maîtrise de l'âge au 1^{er} vêlage, associée à la réduction du taux de renouvellement, réduit dans les exploitations bovines le ratio d'animaux improductifs et accroît la productivité par jour de vie, 2 indicateurs intimement liés à l'empreinte carbone rapportée à la production. L'abaissement de l'âge au 1^{er} vêlage est clairement identifié comme un levier important de réduction de l'empreinte carbone, que ce soit en système laitier ou allaitant (6, 7, 48). En système laitier, l'âge réduit au premier vêlage est associé à une augmentation du ratio des litres de lait produits par jour de vie, cet indicateur se trouvant amélioré grâce à l'action conjointe du démarrage anti-

cipé en production, de la productivité et de la longévité. En système allaitant, le premier vêlage précoce participe à l'objectif d'une production accrue de viande par femelle présente, en même temps qu'une reproduction maîtrisée et un élevage réussi des veaux produits (santé et croissance).

En troupeaux laitiers

Production accrue de lait

Il a été montré dans différentes études que chaque pas additionnel de 100 g de GMQ des génisses en pré-sevrage est associé à une production laitière ultérieure accrue de 150 à 200kg en 1^{ère} lactation (30, 39). Cet effet bénéfique de la croissance des jeunes génisses sur la production laitière ultérieure a été démontré jusqu'à 150 jours d'âge (4), mais pas ultérieurement, avec même des effets délétères d'une croissance compensatrice tardive.

Tableau 5. Production de méthane (exprimée en mégajoules, totaux, par litre de lait sur une lactation ou sur la carrière totale) en fonction de la parité et de l'intervalle entre vêlages (365 jours et 4 lactations vs 415 jours et 3 lactations) ; 17)

Parité						
	Génisse	1	2	3	4	Somme
IVV 365 j.	Lait (l)	0	6060	7163	7845	7845
DL 305 j.	CH4 (MJ)	9837	8811	8920	8986	7639
	MJ/l		1.45	1.25	1.15	0.97
	MJ/l carrière		3.08	2.08	1.75	1.53
IVV 415 j.	Lait (l)	0	6533	7717	8487	22737
DL 345 j.	CH4 (MJ)	9837	10105	10223	8951	39116
	MJ/l		1.55	1.32	1.05	
	MJ/l carrière		3.05	2.12	1.72	

DL = durée de lactation

De plus, la précocité du 1^{er} vêlage est corrélée à de meilleures performances de reproduction ultérieures (15) dont les effets bénéfiques sur l'environnement s'ajoutent à ceux associés à la productivité laitière accrue. L'amélioration de la fécondité est de nature à réduire les émissions de GES par un double mécanisme :

- La réduction de l'intervalle moyen entre vêlages (IVV) dans le troupeau se traduit par une réduction du mois moyen laitier (MML), ce qui augmente automatiquement la production laitière ; en situation stabilisée avec des vêlages étalés sur toute l'année, la réduction de 2 mois de l'IVV entraîne la baisse d'1 mois du MML. Pour rappel, le gain d'1 mois de MML est associé à une augmentation de 8 à 10% de la production journalière (du fait de la baisse de la production avec l'avancement de la lactation, une fois dépassé le pic de production)
- Les bonnes performances de reproduction sont de nature à améliorer la longévité, par réduction des réformes pour motif d'infécondité.

Finalement, la réduction de l'âge au 1^{er} vêlage, quand celui-ci est maintenu dans une fourchette raisonnable, est favorable à la productivité : dans des essais réalisés en France, il a été démontré que le vêlage à 24 mois des génisses de race Holstein est associé à une carrière productive prolongée et à une quantité accrue de lait produit par jour de vie, en comparaison à du vêlage tardif à 3 ans (28). Le gain observé pour un vêlage à 24 mois vs 33 mois est d'environ 2kg de lait en plus par jour de vie (26, 28).

Pour les races laitières, un objectif de 22 - 24 mois est le plus souvent proposé en race Holstein ; celui-ci semble approprié également en race Montbéliarde. Un âge compris entre 24 et 28 mois paraît plus adapté en race Normande (28).

La réduction de l'âge au 1^{er} vêlage requiert une technicité accrue de l'éleveur pour atteindre les objectifs de croissance requis pour une mise à la reproduction précoce ; en la matière, le vétérinaire a un rôle primordial à jouer par son conseil et son assistance dans les domaines de la bonne gestion colostrale, de la nutrition en pré-sevrage et jusqu'au vêlage, de la prévention des maladies (infectieuses, parasitaires, alimentaires) ainsi que de la gestion de la reproduction (déttection des chaleurs, stratégie de mise à la reproduction).

Longévité

La longévité, facteur de rentabilité des élevages laitiers (19), constitue aussi un levier de réduction des émissions de GES. En effet, l'empreinte carbone du litre de lait diminue avec l'augmentation du rang de lactation (Tableau 5). Ainsi, plus la carrière est longue, plus l'empreinte moyenne du lait produit pendant celle-ci tend à se réduire.

La bonne conduite de l'élevage des jeunes génisses conditionne déjà leur longévité. Les travaux de recherche ont montré qu'une gestion colostrale adaptée associée à des volumes élevés de lait reconstitué est de nature à maintenir les jeunes animaux en bonne santé et à assurer une croissance soutenue (24). Ces bénéfices permettent l'abaissement de l'âge au 1^{er} vêlage et l'allongement de la carrière productive. Dans un essai contrôlé, il a été montré qu'avec un plan d'allaitement soutenu, 20% des femelles sont encore présentes dans le troupeau en 5^{ème} lactation, contre seulement 7% en l'absence de celui-ci (24).

De même, la précocité du 1^{er} vêlage est un levier d'amélioration de la longévité productive ; en Italie, un suivi rétrospectif sur plus de 4 millions de génisses Holstein a montré que les meilleurs résultats en termes de durée de la carrière, de production totale, et de performances de reproduction sont obtenus pour les vêlages intervenant à 22 ou 23 mois. En comparaison à un 1^{er} vêlage à 28 -30 mois, le bénéfice est de l'ordre de 2 mois en plus pour la durée de production, 2000 kg de lait produit en plus sur la carrière, et 12 jours en moins pour obtenir une

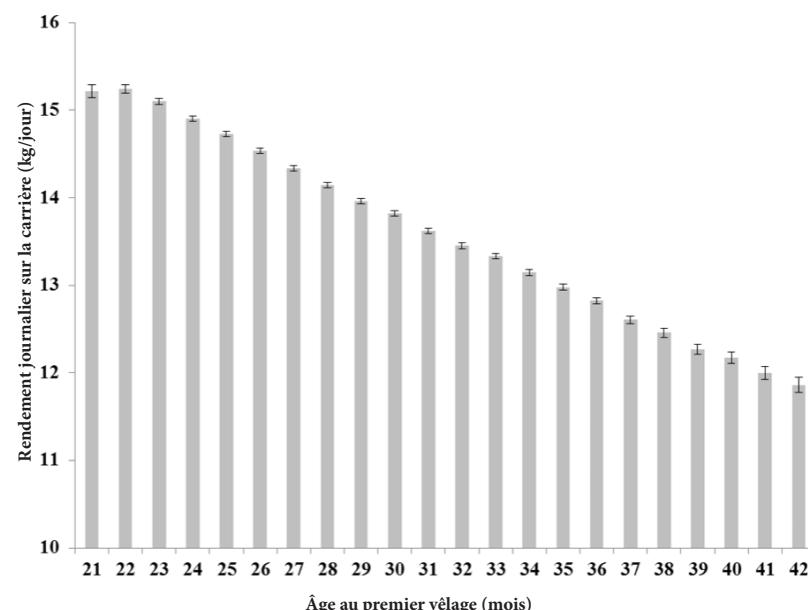
insémination fécondante (15). Ces résultats rejoignent ceux obtenus au Royaume-Uni sur plus de 400.000 femelles, mettant en évidence un gain d'environ 1 litre de lait / jour de vie entre un 1^{er} vêlage à 22-23 mois vs 28-30 mois (**Figure 4**).

Avec des taux de renouvellement observés souvent compris entre 30 et 40%, une faible proportion de vaches finissent leur 3^{ème} lactation, au cours de laquelle pourtant elles expriment pleinement leur potentiel génétique. La recherche récente montre que la réforme en 5^{ème} lactation constitue le meilleur compromis entre expression du potentiel, introduction de nouvelle génétique et coûts de santé (**Figure 5**). En conséquence, le taux de réforme aurait tout intérêt à s'approcher de 20% dans les troupeaux laitiers.

Finalement, à côté de l'abaissement de l'âge au 1^{er} vêlage et de l'augmentation de la production individuelle de lait, l'amélioration de la longévité est de nature à augmenter l'indicateur 'Litres de lait produit par jour de vie' ; ce ratio est corrélé négativement à l'empreinte carbone rapportée au litre de lait produit : plus la vache produit de lait par jour de vie, plus basse est la valeur des 'kg équivalent CO₂' émis par litre de lait produit.

Il est important de noter que l'effet bénéfique de la longévité des vaches laitières sur la réduction de l'empreinte CO₂ est cependant atténué si la quantité de viande produite est prise en compte dans le calcul de émissions. En effet, la viande produite par les femelles laitières se caractérise par une empreinte carbone réduite par rapport à celle des bovins allaitants, du fait de l'allocation d'une grande partie de leurs émissions à la produc-

Figure 4. Production quotidienne de lait sur la carrière en fonction de l'âge au 1^{er} vêlage (14)



tion de lait. Or l'amélioration de la longévité a pour effet de réduire le nombre de femelles réformées, et donc la viande qu'elles produisent à la réforme.

Troupeaux à viande

En système allaitant, l'intérêt du vêlage à 24 mois est plus discutable qu'en production laitière car il peut être associé à des effets défavorables tels que mortalité accrue des veaux, moindre croissance des veaux, baisse des performances de reproduction des primipares, ... (23). L'âge au vêlage doit donc être décidé, selon la race, pour atteindre un bon compromis entre amélioration de la productivité liée à la précocité de mise à la reproduction et maintien des performances technico-économiques. De même, le taux de

Figure 5. Coût de maintien des femelles dans le troupeau laitier selon leur longévité (10, 24)

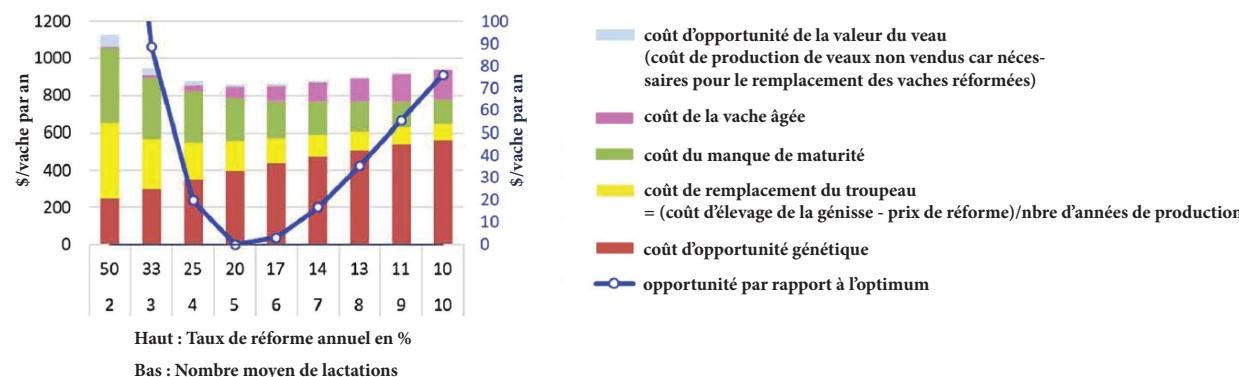


Tableau 6. Comparaison des performances techniques d'éleveurs allaitant dans différents systèmes (3)

Variables	Naisseur		NE de JB		E de JB	
	Moyenne	Moyenne TOP 10%	Moyenne	Moyenne TOP 10%	Moyenne	Moyenne TOP 10%
Quantité de concentré (kg/100kgpbvv)	167	117	175	143	266	207
Carburant (MJ/ha)	10,7	6,9	9,5	6,7	5,2	1,7
Azote minéral (kg N/ha)	27,8	17,5	56	51,7	76	92
Productivité (kgpbvv/UGB)	291	399	367	493	910	1529
Intervalle vêlage-vêlage	382	379	380	376	NA	NA

NE de JB : Naisseur Engrisseur de Jeunes Bovins ; E de JB : Engrisseur de Jeunes Bovins ; pbvv : Production Brute de Viande Vive ; UGB : Unité de Gros Bétail

Figure 6.
Principaux leviers de productivité et de décarbonatation en système bovin allaitant



renouvellement doit être raisonné selon la race, le système de vêlage (1 ou 2 périodes) et les objectifs de l'éleveur (progrès génétique, réforme des femelles à facteurs de risque en termes de productivité) ; un taux de 25% pour les élevages à 1 seule saison de vêlage, et de 30% en cas de double période a été proposé (23).

Lorsqu'il est techniquement possible, le vêlage à 2 ans en race à viande requiert une conduite exigeante, avec des GMQ de 1000g/j pour atteindre 60% du poids adulte au moment de la mise à la reproduction. Il permet une réduction des émissions de GES évaluée à 14% par rapport à du vêlage à 3 ans, soit 1kg eq. CO₂ / kg viande en moins (dans un système où le même nombre de vêlage est conservé, réalisé avec moins d'UGB ; 42). L'objectif final est de maximiser la production brute de viande vive par UGB, indicateur à la fois de l'efficience technico-économique et environnementale de l'élevage ; sa valeur peut être très variable entre exploitations, témoignant d'un potentiel d'amélioration à l'échelle globale (**Tableau 6**).

En système viande naisseur, la réduction de l'âge au 1^{er} vêlage permettrait de gagner 7% sur l'empreinte carbone associée à la viande produite.

A l'échelle mondiale, l'amélioration de la croissance est un facteur de réduction de la durée d'engraissement ; or en baissant l'âge d'abattage de 36 mois à 24 mois, il est possible de réduire l'empreinte carbone de

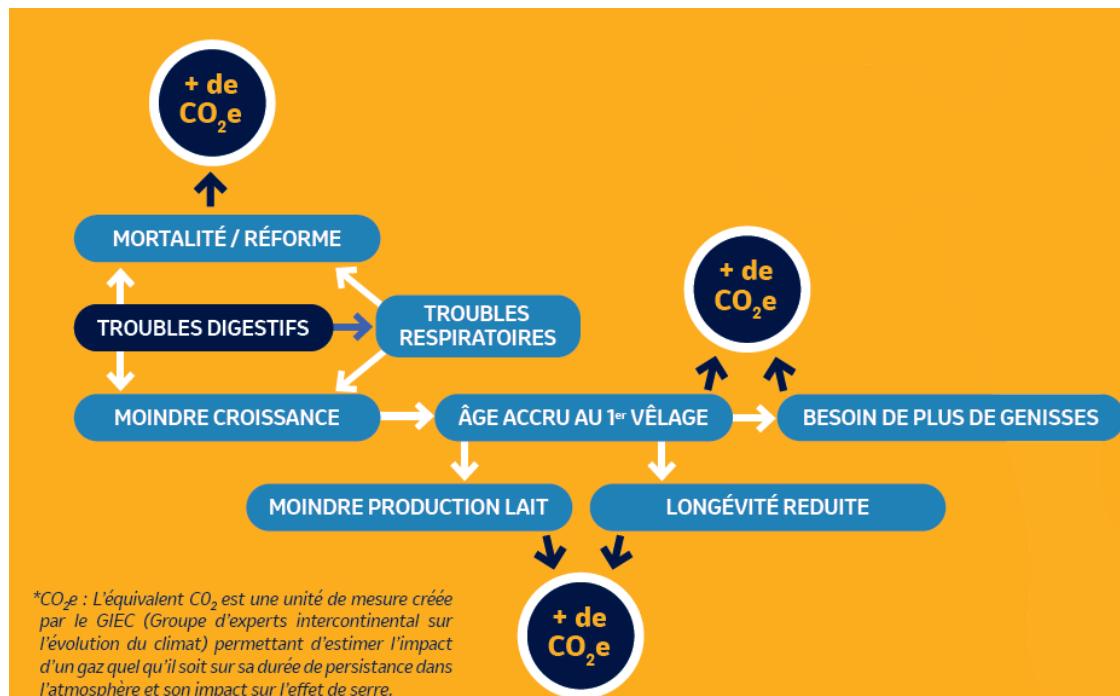
13,5% (15,6 kg eq. CO₂ / kg viande, au lieu de 17,7 ; 1).

Au cours du cycle de production des bovins allaitants, 5 leviers principaux peuvent être actionnés pour réduire l'empreinte carbone de la production de viande (**Figure 6**) :

- L'âge au 1^{er} vêlage des génisses
- L'intervalle entre vêlages et le taux de gestation du troupeau
- La santé néonatale des veaux issus des reproductrices (mortalité, morbidité)
- La croissance des veaux à l'engraissement. Ainsi, la croissance optimisée est-elle un facteur de décarbonatation à la fois chez les génisses destinées à la reproduction et sur leur progéniture.

Dans les deux types de production, laitier et allaitant, l'amélioration de la précocité des premiers vêlages est soumise à différentes conditions :

- La fixation d'objectifs clairs d'âge au 1^{er} vêlage (24 mois par exemple en système laitier) et la définition d'une stratégie adaptée pour les atteindre
- Les choix génétiques pour la sélection des animaux reproducteurs
- La nutrition adaptée aux objectifs de croissance : apport de concentrés, teneur en protéines de la ration, fourrages de qualité...
- Le suivi régulier de la croissance à différents âges-cibles : sevrage, 6 mois, mise à la reproduction
- Le confort et le bien-être des animaux

Figure 7. Liens entre santé néonatale et croissance et empreinte carbone chez les bovins laitiers

Conclusion : le vétérinaire, acteur primordial de la croissance des bovins et de la réduction de leurs émissions de GES

La croissance optimisée des bovins, en particulier grâce à la prévention efficace contre les maladies du jeune âge, participe à la réduction de l'empreinte carbone des exploitations bovines, ainsi qu'à l'amélioration de leurs performances technico-économiques et financières.

Plusieurs mécanismes, parfois liés, sont impliqués dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre (**Figure 7**) :

- Réduction de la mortalité des jeunes bovins (émissions de GES sans produit).
- Réduction de la morbidité néonatale et de ses conséquences différées ; de jeunes animaux maintenus en bonne santé, c'est une **croissance accrue**.
- Pour les femelles, cela permet la **réduction de l'âge au 1^{er} vêlage**. Et donc la réduction du nombre de jours improductifs avant la 1^{ère} lactation. Et par conséquent la **réduction (mathématique) du nombre nécessaire de génisses de renouvellement**, en lien avec le vêlage plus précoce. L'élevage d'un moindre nombre d'élèves est associé à une réduction de l'empreinte carbone. L'abaissement de l'âge au 1^{er} vêlage est as-

socié chez les femelles laitières à l'**amélioration du niveau de production** et de la **longévité productive** (intervalle entre le 1^{er} vêlage et la réforme).

La croissance optimisée des jeunes bovins permet la réduction de la part des périodes improductives sur leur carrière globale, tout en optimisant leur potentiel sur les périodes de production (et en accroissant leur longévité au moins pour les animaux laitiers). Il en résulte une augmentation des unités de production (litres de lait, kg de viande) par jour de vie, ce qui constitue à la fois un bon indicateur environnemental et d'efficience technico-économique.

Cette reconnaissance de l'**impact majeur de la santé et de la productivité sur la durabilité des élevages** concrétise le rôle majeur que les vétérinaires peuvent/doivent jouer dans la décarbonation bovine.

En pratique, la réduction des émissions implique une biosécurité améliorée, le recours accru à la vaccination, l'évolution des pratiques d'élevage et l'optimisation de la nutrition, ainsi que l'adoption de nouvelles technologies digitales (11), autant de domaines où le praticien est un acteur incontournable.

Le vétérinaire doit pouvoir apporter un conseil global aux éleveurs, intégrant des domaines de compétence habituelle tels que

la prévention des maladies néonatales, respiratoires et parasitaires d'étable, mais aussi l'alimentation jusqu'au vêlage, la conduite du sevrage, la maîtrise du parasitisme au pâturage (en proposant des plans d'action permettant de viser une croissance tout en développant une bonne immunité contre les parasites), la conduite de la reproduction, le logement, la préparation au vêlage des laitières...

Les marges de progrès existent comme en témoignent la variabilité de l'empreinte CO₂ des exploitations. En système allaitant par

exemple, le top 10 des élevages se caractérise par une empreinte carbone de la viande réduite de 30% par rapport à la moyenne (3). La mise en œuvre de leviers techniques, se concrétisant par l'amélioration de la productivité numérique, a un effet positif sur l'Excédent Brut d'Exploitation (EBE) des élevages. Le vétérinaire a un double rôle décisif à jouer en ce qui concerne la croissance des animaux : assurer une croissance soutenue des femelles pour les amener plus tôt au vêlage, prévenir les maladies du jeune âge pour optimiser le GMQ des veaux qu'elles produisent.

BIBLIOGRAPHIE

- 1** - ABREU L, DE PAULA V, CARVALHO B, SOUZA A, ALBERTINI S, GRICIO E, REBEIS L, MORI F & BARUSELLI P. Influence of reduced age at slaughter on the carbon foot print of beef herd under the life cycle assessment metric. Proceedings of WBC, Cancun. 2024;1704:424.
- 2** - ALCADE MJ, SUAREZ MD, RODERO E, ÁLVAREZ R, SAEZ MI. & MARTINEZ TF. Effects of farm management practices and transport duration on stress response and meat quality traits of suckling goat kids. Animal. 2017;11(9):1626-1635.
- 3** - ANDURAND J, VELGHE M, LABARRE J, DOLLE J-B & MOREAU S, BEEF CARBON. Le plan carbone de la filière viande bovine. Innovations agronomiques. 2021;82:43-51.
- 4** - BACH A, AHEDO J & KERTZ A. Invited Review: Advances in efficiency of growing dairy replacements. Animal Science. 2021;37:404-417.
- 5** - BUCZINSKI S, ACHARD D & TIMSIT E. Effects of calfhood respiratory disease on health and performance of dairy cattle : A systematic review and meta-analysis. Journal of Dairy Science. 2020;104:8214-8227.
- 6** - CASTELLAN E, BELOT P-E, PECHUZAL Y, FOURDIN S, CHARROIN T, LEBRUN A, LAURENT M, BERCHOUX A, CHOUTEAU A, TIRARD S, COUEFFE D & DUPIRE O. Optimiser la conduite de mon troupeau. Publié le 01/12/2021. Web. <https://idele.fr/detail-article/optimiser-la-conduite-de-mon-troupeau> (31 janvier 2025)
- 7** - CASTELLAN E. Empreinte carbone, leviers de réduction en élevage bovin lait. Publié le 06/12/2021. Web. <https://idele.fr/detail-dossier/empreinte-carbone-leviers-de-reduction-en-elevage-bovin-lait> (31 janvier 2025)
- 8** - DALL-ORSOLETTA AC, LEURENT-COLETTE S, LAUNAY F, RIBEIRO-FILHO HMN & DELABY L. A quantitative description of the effect of breed, first calving age and feeding strategy on dairy systems enteric methane emission. Livestock Science. 2019;224:87-95.
- 9** - DA SILVA WC, ILVA JARD, CAMARGO-JUNIOR RNC, SILVA ÉBRD, SANTOS MRPD, VIANA RB, SILVA AGME, SILVA CMGD & LOURENCO-JUNIOR JDB. Animal welfare and effects of per-female stress on male and cattle reproduction—A review. Frontiers in Veterinary Science. 2023;10:1-10.
- 10** - DE VRIES A. Symposium review: Why revisit dairy cattle productive lifespan? Journal of Dairy Science. 2020;103(4):3838-3845.
- 11** - Du MARCHIE SARVAS C. The role of animal health in supporting livestock sustainability and helping meet climate goals. Feed and additive magazine. 2024;6-7.
- 12** - DENHOLM K. Benefits of extended colostrum feeding in dairy calves and how to implement it on farm. In practice. 2024;380-387.
- 13** - DUNN TR, OLLIVETT TL, RENAUD DL, LESLIE KE, LeBLANC SJ, DUFFIELD TF & KELTON DF. The effect of lung consolidation, as determined by ultrasonography, on first-lactation milk production in Holstein dairy calves. Journal of Dairy Science. 2018;101:5404-5410.
- 14** - EASTHAM NT, COATES A, CRIPPS P & OIKONOMOU G. Associations between age at first calving and subsequent lactation performance in UK Holstein and Holstein-Friesian dairy cows. PLOS ONE. 2018;13:1-13.

BIBLIOGRAPHIE

- 15** - FERRARI V, GALLUZZO F, VAN KAAM JBCHM, PENASA M, MARUSI M, FINOCCHIARO R, VISENTIN G & CASSANDRO M. Genetic and genomic evaluation of age at first calving in Italian Holsteins. *Journal of Dairy Science*. 2024;107:3104–3113.
- 16** - FOX NJ, SMITH LA, HOUDIJK JGM, ATHANASIADOU S & HUTCHINGS MR. Ubiquitous parasites drive a 33% increase in methane yield from livestock. *International Journal for Parasitology*. 2018;48 (13):1017–1021.
- 17** - GARNSWORTHY P. The Environmental Impact of Fertility in Dairy Cows: A Modeling Approach to Predict Methane and Ammonia Emissions. *Animal Feed Science and Technology*. 2004;112:211–223.
- 18** - GONZALES-RIVAS PA, CHAUHAN SS, HA M, FEGAN N, DUNSHEA FR & WARNER RD. Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: A review. *Meat Science*. 2020;162:1–13.
- 19** - GRANDL F, FURGER M, KREUZER M & ZEHETMEIER M. Impact of longevity on greenhouse gas emissions and profitability of individual dairy cows analyzed with different system boundaries. *Animal*. 2019;13:198–208.
- 20** - GROSSI G, GOGLIO P, VITALI A & WILLIAMS AG. Livestock and climate change: impact of livestock on climate and mitigation strategies. *Animal Frontiers*. 2019;9(1):69–76. Web. <https://academic.oup.com/af/article/9/1/69/5173494?login=true> (31 janvier 2025)
- 21** - GULLIKSEN SM, JOR E, LIE KI, LOKEN T, AKERSTEDT J & OSTERAS O. Respiratory infections in Norwegian dairy calves. *Journal of Dairy Science*. 2009;92(10):5139–5146.
- 22** - HARE KS, PLETS S, PYO J, HAINES D, GUAN LL & STEELE M. Feeding colostrum or a 1:1 colostrum:whole milk mixture for 3 days after birth increases serum immunoglobulin G and apparent immunoglobulin G persistency in Holstein bulls. *Journal of Dairy Science*. 2020;103:11833–11843.
- 23** - HERRY V, MASSET N & DE CREMOUX G. Conduite stratégique de l'élevage de la génisse allaitante. Recueil des JNGTV. 2024:587–597.
- 24** - HOMER L. A holistic approach to sustainability from calf to 5th lactation. Responsible mineral nutrition at all stages. *Feed and Additive Magazine*. 2024:56–59.
- 25** - HOUDIJK JGM, TOLKAMP BJ, ROOKE JA & HUTCHINGS MR. Animal health and greenhouse gas intensity: the paradox of periparturient parasitism. *International Journal for Parasitology*. 2017;47(10–11):633–641.
- 26** - JURQUET J & PLOUZIN D. L'âge au 1er vêlage a-t-il des conséquences sur les performances de production. IDELE, 25/08/2020. Web. <https://idele.fr/detail-article/4-lage-au-1er-velage-a-t-il-des-consequences-sur-les-performances-de-production> (31 janvier 2025)
- 27** - LANZONI L, WAXENBERG K, RAMSEY R, REES RM, BELL J, VIGNOLA G & ATZORI A.S. The potential of improved animal welfare as an environmental impact mitigation strategy in dairy sheep farming. *Animal. Science proceedings*. 2023;14(2):370.
- 28** - LE COZLER Y. Reproduction chez la génisse laitière. *ReproMag*. 2015;15:12–23. (disponible auprès de l'auteur)
- 29** - LLONCH P, HASKELL MJ, DEWHURST RJ & TURNER SP. Current available strategies to mitigate greenhouse gas emissions in livestock systems: an animal welfare perspective. *Animal*. 2017;11(2):274–284.
- 30** - MASCARON L. Elevage et croissance des génisses : les points-clé pour optimiser la performance du troupeau laitier. *La Dépêche Vétérinaire*. 2020;1518:21.
- 31** - MEGANCK V, HOFLACK G, PIEPERS S & OPSOMER G. Evaluation of a protocol to reduce the incidence of neonatal calf diarrhoea on dairy herds. *Preventive Veterinary Medecine*. 2015;118(1):64–70.
- 32** - MOUNAIX B, CHANTEPERDRIX M, AMPROU L, ASSIE S & JOZAN T. VEAU2+ : Vaccination contre les diarrées et les maladies respiratoires : intérêt de l'intégration des mâles issus d'élevages vaccinant les mères. Publié le 04/10/2019. Web. <https://idele.fr/detail-article/vaccination-contre-les-diarrhees-et-les-maladies-respiratoires-interet-de-integration-des-males-issus-de-elevages-vaccinant-les-meres> (31 janvier 2025)
- 33** - NEUKIRCHNER S, JENSEN KC & HEUWIESER W. Feasibility and acceptance of ready-made standard operating procedures in calf care on German dairy farms. *Journal of Dairy Science*. 2024;107:9477–9490.
- 34** - OZCAN S, TEILLARD F, LINDAY B, MONTGOMERY H, ROTA A, GERBER P, DHINGRA M & MOTTE A. The role of animal health in national climate commitments. FAO. 2022:24.
- 35** - PETRE R. Cattle health, husbandry and genetics: the sustainability connection. *Proceedings of the 32nd World Buiatrics Congress*, Cancun. 2024:210–220.
- 36** - SANTSCHI D. Stratégie et coût de production des génisses au Canada. *Journée Génisse SEENERGI*. 2019. (support disponible auprès de l'auteur)
- 37** - SHAW HJ, INNES EA, MORRISON LJ, KATZE F & WELLS B. Long-term production effects of clinical cryptosporidiosis in neonatal calves. *International Journal of Parasitology*. 2020;50(5):371–376.
- 38** - SKUCE P. Acting on methane: opportunities for the UK cattle and sheep sectors. *Ruminant Health & Welfare*. 2022. Web. <https://ruminanthw.org.uk/actingonmethane/> (31 janvier 2025)
- 39** - SOBERON F & VAN AMBURGH ME. Biology Symposium: The effect of nutrient intake from milk or milk replacer of preweaned dairy calves on lactation milk yield as adults: a meta-analysis of current data. *Journal of Anim Science*. 2013;91(2):706–12.

BIBLIOGRAPHIE

- 40** - TORTADES M, MARTI S, DEVANT M, VIDAL M, FABREGAS F & TERRE M. Feeding colostrum and transition milk facilitates digestive tract functionality recovery from feed restriction and fasting of dairy calves. *Journal of Dairy Science*. 2023;106:8642-8657.
- 41** - VAN SOEST B, CULLENS F, VandeHAAR MJ & WEBER NIELSEN M. Effects of transition milk and milk replacer supplemented with colostrum replacer on growth and health of dairy calves (short communication). *Journal of Dairy Science*. 2020;103(12):12104-12108.
- 42** - VELGHE & al. Réduction des émissions de gaz à effet de serre en production bovine viande. Publié le 05/02/2021. Web. https://idele.fr/beef-carbon/publications/detail?tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Baction%5D=showArticle&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bcontroller%5D=Detail&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bpublication%5D=14672&cHash=744b37f583bd9bc24a518886638df4e8 (31 janvier 2025)
- 43** - WALTNER-TOEWS D, MARTIN SW & MEEK AH. Dairy calf management, morbidity and mortality in Ontario Holstein herds. III. Association of management with morbidity. *Preventive Veterinary Medicine*. 1986;4(2):137-158.
- 44** - WILLIAMS A, CHATTERTON J, HATELEY G, CURWEN A & ELLIOTT J. A systems-life cycle assessment approach to modelling the impact of improvements in cattle health on greenhouse gas emissions. *Advances in Animal Biosciences*. 2015;6:29-31.
- 45** - HAUT CONSEIL POUR LE CLIMAT. Résumé du rapport annuel, septembre 2023. Web. https://www.hautconseilclimat.fr/wp-content/uploads/2023/10/HCC_Rapport_GP_2023_VF_cor-1.pdf (31 janvier 2025)
- 46** - HEALTH FOR ANIMALS. Animal Health and Sustainability: a Global Data Analysis. 2023. Web. <https://healthforanimals.org/resources/publications/full-report-animal-health-and-sustainability-a-global-data-analysis/> (31 janvier 2025)
- 47** - INRAE. Document L'élevage face aux défis du changement climatique (calameo.com). 2024:36. (31 janvier 2025)
- 48** - INSTITUT DE L'ÉLEVAGE (IDELE). Élevage de ruminants et changement climatique. Collection l'Essentiel. 2015:24.
- 49** - LA SANTÉ DE MON TROUPEAU (médiathèque). Web. <https://www.sante-troupeau.fr/mediatheque/> (31 janvier 2025)
- 50** - LES PRODUCTEURS LAITIERS DU CANADA. L'avenir laitier : cap sur 2050. La stratégie de carboneutralité des producteurs laitiers du Canada. 2023:16. Web. <https://producteurslaitiersducanada.ca/fr/developpement-durable/la-carboneutralite-dici-2050> (31 janvier 2025)
- 51** - RAPPORT FAO. Pathways towards lower emissions. 2023:62.
- 52** - REPROSCOPE. Web. <http://www.reproscope.fr/> (31 janvier 2025)
- 53** - WORLD BANK. Moving towards sustainability: The livestock sector and the world bank. 2021. Web. <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/moving-towards-sustainability-the-livestock-sector-and-the-world-bank> (31 janvier 2025)
- 54** - WORLD ORGANIZATION FOR ANIMAL HEALTH (WOAH). One Health. Web. <https://www.woah.org/en/what-we-do/global-initiatives/one-health/> (31 janvier 2025)
- 55** - WORLD TRADE ORGANIZATION (WTO). New WTO paper explores linkages between trade and the spread of diseases of animal origin. 2020. Web. https://www.wto.org/english/news_e/news20_e/sps_05nov20_e.htm (31 janvier 2025)