

Enjeux et orientations de la sélection génétique bovine en France d'ici 2040 : propositions issues d'une réflexion collective

Henri LAGARDE¹, Pauline MARTIN¹, Philippe BARRE², René BAUMONT³, Mickaël BROCHARD⁴,
Philippine COEUGNET¹, Pascal CROISEAU¹, Luc DELABY⁵, Anne DE LA TORRE³, Nicolas C.FRIGGENS^{5,6},
Raphael GUATTEO⁷, Frédéric JOLY³, Hélène LECLERC⁸, Marie-Angelina MAGNE⁹, Sandra NOVAK¹⁰,
Christophe PERROT⁴, Laurent SCHIBLER¹¹, Patrick VEYSSET³, Aurélie VINET¹, Didier BOICHARD¹

¹ Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, 78350, Jouy-en-Josas, France

² INRAE, URP3F, 86600, Lusignan, France

³ Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122, Saint-Genès-Champanelle, France

⁴ Institut de l'Élevage – Idele, 75012, Paris, France

⁵ PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint-Gilles, France

⁶ Université Paris Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants, 91120, Palaiseau, France

⁷ Oniris, INRAE, BIOEPAR, 44300, Nantes, France

⁸ Eliance, 75012, Paris, France

⁹ Université de Toulouse, ENSFEA, INRAE, Toulouse INP, El PURPAN, AGIR, 31326, Castanet-Tolosan, France

¹⁰ INRAE, Ferlus, 86600, Lusignan, France

¹¹ Gènes Diffusion, 59000, Douai, France

Courriel : henri.lagarde@inrae.fr

■ La production bovine en France doit faire face aux multiples défis posés par le changement climatique et la recherche de systèmes de production économiquement, environnementalement et socialement durables. Cet article explore, à travers une réflexion collective pluridisciplinaire associant chercheurs, ingénieurs et professionnels de l'élevage, comment la sélection génétique française peut préparer les bovins laitiers et allaitants aux défis de 2040.

Introduction

Les objectifs de sélection animale des filières bovines françaises se sont historiquement complexifiés par ajouts successifs de caractères pris en compte dans les index (Boichard *et al.*, 2017) : productivité après-guerre ; morphologie dans les années 1980 ; qualité du lait, caractères fonctionnels de fertilité, résistance aux mammites, longévité, conditions de naissance pour les bovins laitiers dans les années 1990 ; conditions de naissance et développement

musculaire pour les bovins allaitants dans les années 2000 ; puis augmentation du rôle des caractères fonctionnels dans les objectifs de sélection des bovins laitiers dans les années 2010. Ces ajouts ont été permis par l'amélioration progressive des outils de phénotypage et, depuis les années 2010, par le développement de la sélection génomique. Cette constante évolution des objectifs de sélection a permis et permet de répondre aux attentes des filières et des consommateurs. L'évolution génétique des animaux a également influencé, et dans certains cas suivi, l'évolution

des systèmes de production. Les races bovines ont été spécialisées, conduisant à l'augmentation de la productivité par animal et par actif (Veyssset & Boukhriess, 2021). Ainsi, en bovin laitier, le modèle dominant est celui de la race Prim'Holstein fortement sélectionnée pour ses rendements laitiers (Pflimlin *et al.*, 2009) au détriment des caractères bouchers et fonctionnels. L'introduction de caractères fonctionnels dans les objectifs de sélection a permis de limiter la dégradation voire de retrouver une amélioration de certaines fonctionnalités comme la fertilité (Boichard *et al.*,

2017). En bovin allaitant, la sélection dans les principales races françaises (Charolaise, Limousine) a conduit à la production d'animaux lourds et tardifs (Pflimlin *et al.*, 2009).

Dans un monde changeant et incertain, les orientations génétiques doivent être adaptées aux besoins futurs des systèmes de production. En effet, la production bovine française fait face à de multiples défis comme la diminution du nombre d'éleveurs, la défiance d'une partie croissante de la société vis-à-vis de l'élevage et de ses pratiques, le changement climatique, la dépendance du revenu aux aides ou la volatilité du coût des intrants. L'influence relative et globale de ces défis sur l'évolution des productions bovines françaises est cependant peu documentée. La sélection génétique est, et sera, l'un des leviers d'adaptation des élevages face à ces évolutions. Elle a l'avantage d'avoir des effets permanents et cumulatifs. Cependant, elle a une grande inertie chez les bovins du fait d'un intervalle entre générations de plusieurs années, bien que le progrès génétique ait été accéléré par la sélection génomique. Anticiper dès aujourd'hui les évolutions probables des systèmes de production bovins en France est donc indispensable pour définir les besoins génétiques futurs et orienter efficacement les objectifs de sélection.

Les objectifs de cet article sont les suivants : *i)* identifier les principaux facteurs susceptibles d'influencer les systèmes de production bovins dans le futur et en étayer les effets plausibles ; *ii)* déterminer les caractéristiques génétiques majeures des animaux permettant leur adaptation aux évolutions probables des systèmes de production ; et *iii)* discuter les implications de ces évolutions potentielles sur l'organisation de la sélection génétique bovine en France.

Cet article s'intéresse aux filières bovines laitière (BL) et allaitante (BA) de France métropolitaine sur un horizon de 20 ans (2040). L'analyse présentée est de type « projection » et vise à déterminer les besoins génétiques futurs les plus probables, indépendamment du fait que ce futur soit « désirable » ou non.

Cette étude est basée sur les échanges d'un groupe de travail interdisciplinaire constitué de 20 scientifiques spécialisés dans les productions BL et/ou BA, coauteurs de cet article. Les expertises représentées sont l'économie, la génétique, la nutrition, la physiologie, la santé animale, les productions fourragères, l'écologie, les sciences de gestion, la zootechnie et les systèmes d'élevage. Les échanges au sein du groupe de travail ont été structurés de la manière suivante : *i)* état des lieux des filières bovines françaises ; *ii)* caractérisation des éléments moteurs de l'évolution des filières bovines ; *iii)* déduction des besoins futurs en génétique ; et *iv)* discussion sur l'avenir de l'organisation de la sélection bovine française. Les échanges ont été complétés par un travail bibliographique. Les principaux résultats ont été discutés avec des acteurs de la filière répartis sur toute la France : dix éleveurs de bovins, cinq animateurs d'organismes de conseil en élevage et un chargé de projet de méthanisation. Ces acteurs ont été choisis par échantillonnage boule de neige à partir de notre réseau et ne sont pas représentatifs de l'ensemble des filières et des territoires.

1. Principales tendances d'évolution des productions bovines françaises à l'horizon 2040

■ 1.1. Structure des élevages et robotisation

Une première évolution des systèmes bovins français concerne des modifications des structures des élevages et l'accroissement de leur robotisation. Le nombre d'éleveurs diminue de façon structurelle en France, avec une baisse de 26 et 16 %, respectivement en BL et BA, entre 2010 et 2020 (Idele, 2022a). Cette diminution est due à un accroissement des départs en retraite tandis que le nombre d'installations reste stable. Le taux de remplacement des départs est de 45 % en BL et 83 % en BA (Idele, 2022a). Compte tenu de la pyramide des âges avec une forte proportion d'éleveurs de plus de 55 ans, cette tendance va continuer et peut-être s'accroître. En France, plusieurs facteurs expliquent

ce solde négatif, dont le faible revenu des élevages (surtout en BA), la charge élevée des astreintes (surtout en BL), les gains de productivité du travail, ou le niveau élevé de capital nécessaire relativement au revenu espéré (surtout en BA) (Idele, 2022a, 2022c). Cette baisse du nombre d'exploitations d'élevage s'est accompagnée :

- d'une augmentation de la surface moyenne des exploitations (+35 % en BL et +31 % en BA entre 2010 et 2020) (Agreste, 2022) ;

- d'une augmentation de la taille moyenne du cheptel par exploitation (+39 % en BL et +27 % en BA entre 2010 et 2020) (Cour des comptes, 2023). Cette tendance s'infléchit néanmoins avec la moindre augmentation du nombre d'élevages de plus de 100 vaches laitières et, en BA, une réduction du cheptel par exploitation depuis 2020 (Idele, 2025a). Cette inflexion s'explique par le manque de main-d'œuvre, la recherche d'autonomie alimentaire et/ou l'investissement dans d'autres activités ;

- d'une diminution rapide du cheptel national, comme dans le reste de l'Europe, dans le cadre d'un mouvement qualifié de « décapitalisation ». Ainsi, de 2014 à 2023, les nombres de vaches laitières et de vaches allaitantes ont baissé de 10 % chacun et les projections indiquent une baisse probable de 15 % des cheptels BL et BA entre 2023 et 2040 (Idele, 2023b, 2024a) ;

- d'une augmentation de la productivité par exploitation et par actif. En BL, la quantité de lait produite par exploitation et par actif a augmenté de +150 et +37 % entre 2010 et 2020, respectivement (Cour des comptes, 2023 ; Idele, 2025a). La robotisation de la traite devient progressivement la norme pour les nouvelles installations individuelles ou rénovations, combinée avec une progression rapide du salariat dans les plus grandes exploitations. Le pourcentage d'installations robotisées est passé de 13 % en 2021 à 19 % en 2023, et la proportion de main-d'œuvre salariée est passée de 15 % en 2018 à 21 % en 2023 (Idele, 2025a). En BA, la productivité du travail a augmenté de +68 % UGB/actif entre 1990 et 2012 (Veyssset *et al.*, 2015). Cependant, dans le même temps, la quantité d'intrants par kg de poids

vif produit a augmenté : +0,5 %/an pour l'énergie fossile, +2 %/an pour le concentré (Veyssset *et al.*, 2015). Les intrants et le capital ont donc tendance à se substituer au travail dans les élevages, au détriment de leur rentabilité (Veyssset & Boukhriess, 2021).

Pour réduire le temps d'astreinte et la pénibilité du travail, les éleveurs mobilisent différents leviers : simplification des pratiques, innovations technologiques (modernisation des bâtiments, robotisation, notamment de la traite), recours à la sous-traitance et au salariat (15 % des exploitations BL avaient un équivalent temps plein salarié non familial en 2020 contre 10 % en 2010), ou encore réorientation de leur production (passage de l'élevage BL à l'élevage BA ou abandon de l'élevage bovin pour des cultures végétales) (Peyraud & Duhem, 2013 ; Hostiou *et al.*, 2020 ; Idele, 2025a).

Ces différentes évolutions ne sont pas indépendantes les unes des autres. Ainsi, l'agrandissement de la taille des cheptels, le morcellement des exploitations et la robotisation de la traite ont pour conséquence un difficile maintien du pâturage des vaches laitières. La tendance à la baisse de la pratique du pâturage est ainsi déjà constatée. La part de vaches laitières disposant de moins de 20 ares de pâturage par animal est passée de 28 % en 2008 à 44 % en 2020. Le nombre de vaches laitières en zéro pâturage était de 10 % en 2020 (Idele, 2025a). Une nette spécificité des exploitations en agriculture biologique, représentant 10 % des exploitations BL en 2020, est le maintien du pâturage, avec 93 % des vaches laitières à plus de 20 ares (Idele, 2025a).

■ 1.2. Changement climatique

a. Production fourragère

Certains effets du changement climatique sur la production fourragère font consensus : augmentation de la variabilité des rendements entre années et régions ; hausse des températures moyennes favorable à la pousse automnale et hivernale des prairies ; augmentation de la concentration atmosphérique en CO₂ entraînant une augmentation de la production fourragère en absence de stress ; augmentation des stress

hydriques et thermiques réduisant la production fourragère estivale ; fréquence plus élevée des excès de pluviosité ponctuels perturbant les semis, les récoltes et la pratique du pâturage ; émergence de nouveaux ravageurs (Durand *et al.*, 2010 ; Déqué, 2015 ; Madrid *et al.*, 2025).

Ces effets varieront selon les conditions pédoclimatiques locales. Il existe des divergences importantes entre modèles agroclimatiques sur la prévision de l'évolution de la production fourragère française. Ces divergences s'expliquent par les hypothèses qu'ils comportent, notamment sur celles de la capacité d'adaptation des filières agricoles (changement de variété, possibilité de maintenir l'irrigation...).

Le projet Climator a conclu à l'horizon 2070-2100 à un impact négatif du changement climatique sur les rendements de maïs grain irrigué dans le sud de la France et à une augmentation de ces rendements au nord, ainsi qu'à un impact plutôt positif du changement climatique sur la productivité des prairies en France mais avec une baisse de leur teneur en azote (Durand *et al.*, 2010). Des prévisions plus récentes prévoient une augmentation de la productivité du maïs de l'ordre de 5 % dans le Nord à horizon 2050, alors que les rendements devraient baisser au sud d'une ligne Nantes-Bourges (Parent *et al.*, 2018). Cette baisse des rendements au sud de la France pourrait cependant être complètement atténuée voire inversée avec la mise en place de mesures d'adaptation (Parent *et al.*, 2018). La productivité des prairies devrait rester équivalente à l'actuelle mais avec une plus grande variabilité intra et interannuelle, avec plus d'herbe en entrée/sortie d'hiver et moins en été (Madrid *et al.*, 2025). Les stocks fourragers et les surfaces par vache devront augmenter pour assurer une marge de sécurité fourragère (Lemaire & Pflimlin, 2007 ; Ruget *et al.*, 2012). Les éleveurs utiliseront des espèces et variétés prairiales plus tolérantes à la sécheresse et au stress thermique, comme le dactyle, la fétuque élevée ou la luzerne, mais au détriment de la quantité et de la valeur nutritive, même si des améliorations variétales sont en cours (Barre *et al.*, 2020).

Un avantage majeur du maïs relativement aux prairies est sa double fin possible, en grain ou en ensilage, décidée au moment de la récolte (Ruget *et al.*, 2012) et qui confère de la flexibilité au système fourrager. Dans les zones où l'eau sera limitante, le maïs pourrait être remplacé par le sorgho, espèce à double fin également, moins exigeante en eau mais moins productive (Ruget *et al.*, 2012). Dans les zones où la croissance estivale des prairies sera limitée, l'élevage BL pourrait évoluer vers des systèmes proches des modèles espagnols et italiens, avec des animaux confinés en bâtiments et alimentés toute l'année avec des fourrages conservés.

Les événements climatiques extrêmes augmentant en fréquence, jouer sur la diversité et la complémentarité des cultures et des espèces semées contribuera à sécuriser le système fourrager (Martin & Magne, 2015 ; Tracy *et al.*, 2018 ; Madrid *et al.*, 2025 ; Novak *et al.*, 2025). Il s'agit de jouer sur l'équilibre maïs/herbe selon les possibilités agronomiques, d'utiliser des espèces annuelles à cycle court (p. ex. méteil, maïs, sorgho, betterave fourragère, ray-grass d'Italie, trèfles annuels) pour échapper aux périodes de stress et d'y associer des espèces économes ou plus efficaces en eau (p. ex. luzerne, fétuque élevée, chicorée) et des espèces plus tolérantes au stress thermique (p. ex. dactyle).

b. Stress hyperthermique sur les animaux

Les vagues de chaleur deviendront plus fréquentes et plus intenses sous l'effet du changement climatique (IPCC, 2023). En France, leur durée annuelle devrait augmenter de 5 à 15 jours d'ici à 2050, relativement à la période 1976-2005 (Météo-France, 2020). Le stress hyperthermique a des effets négatifs sur les performances, le bien-être, l'immunité et la survie des bovins, avec des animaux plus sensibles aux maladies infectieuses et métaboliques (Polsky & von Keyserlingk, 2017 ; Becker *et al.*, 2020 ; Djelailia *et al.*, 2021). À titre d'exemple, la vague de chaleur de l'été 2003, pendant laquelle la température a dépassé 35 °C durant neuf jours sur la majorité du territoire, a induit une hausse de 24 % des mortalités bovines,

laitières et allaitantes confondues (Morignat *et al.*, 2014). Les vaches laitières à haut niveau de production sont particulièrement sensibles. La température moyenne journalière optimale pour la production laitière est comprise entre 8 et 13 °C (Vinet *et al.*, 2023). Au-delà de 20 °C, les baisses de production laitière, de fertilité et de santé de la mamelle sont sensibles pour chaque degré supplémentaire. Reconfigurer les pratiques d'élevage (p. ex. rentrer les animaux dans des bâtiments conçus et équipés dans cet objectif, pratiquer du pâturage nocturne...) et les structures d'élevage (p. ex. implantation d'arbres dans les pâtures...) constitueront des moyens pour assurer le bien-être des animaux et limiter leurs baisses de performances (Vallée *et al.*, 2024 ; Madrid *et al.*, 2025).

c. Émergence de nouveaux pathogènes

Le changement climatique favorise l'émergence de pathogènes, en élargissant leur aire de répartition ainsi que celle de leurs vecteurs (Bett *et al.*, 2017). L'émergence de maladies bovines est déjà une réalité en France, avec par exemple la maladie hémorragique épizootique (MHE), la fièvre catarrhale ovine (FCO), ou la dermatose nodulaire contagieuse (DNC). Ces maladies ont des conséquences sur les performances des animaux, le temps de travail des éleveurs, le commerce et les exportations. Les premiers départements français impactés par la MHE ont connu un épisode de surmortalité des vaches allaitantes de 33 % entre octobre 2023 et septembre 2024, et la fertilité apparente dans ces départements a baissé de quatre points sur la même période (David *et al.*, 2024). Certaines maladies aux conséquences importantes pourraient émerger en Europe comme la fièvre de la vallée du Rift (Chevalier *et al.*, 2010). Les parasites pourraient devenir plus abondants, et de nouveaux vecteurs comme certaines tiques pourraient s'établir (Bett *et al.*, 2017 ; Gharbi, 2020). Il est cependant difficile d'anticiper l'arrivée de pathogènes, leurs sérotypes, et leur temporalité. Ces effets pourraient se conjuguer à la plus grande sensibilité des bovins aux maladies infectieuses et métaboliques, induite par l'augmentation de

la fréquence des conditions de stress hyperthermique et la variabilité de la qualité des fourrages.

■ 1.3. Raréfaction des ressources non renouvelables

L'élevage bovin est dépendant des énergies fossiles et des engrais minéraux (N, P, K), non renouvelables. L'approvisionnement européen en énergie fossile est vulnérable, cependant l'épuisement total des ressources énergétiques non renouvelables semble peu probable à l'horizon 2040. La raréfaction progressive des intrants augmente leur prix, plus rapidement que celui des produits agricoles, érodant ainsi leur efficacité économique (Devienne *et al.*, 2018). L'efficacité de leur utilisation a donc de plus en plus d'impact sur les performances économiques (Benoit & Mottet, 2023). Cette évolution devrait avantager les systèmes herbagers, les prairies des zones tempérées pâturées nécessitant moins d'intrants par unité de produit relativement aux systèmes à base de maïs (Delaby & Fiorelli, 2014 ; Devienne *et al.*, 2018). Les prairies apportent en outre des services écosystémiques, limitant les besoins en intrants, grâce à l'introduction d'azote dans le sol par les légumineuses et l'amélioration du taux de matière organique des sols (Michaud *et al.*, 2020). Si ces services ont pour le moment une valeur économique relativement faible, car substituable par les intrants pour certains, il est possible qu'à l'avenir cela ne soit plus le cas. Les systèmes plus intensifs à l'animal peuvent également être efficaces, les larges volumes produits par animal diluant l'usage important d'intrants comme le concentré (Peyraud *et al.*, 2009).

La raréfaction des ressources pourrait également accentuer la compétition entre élevage bovin et production d'énergie. En effet, les fourrages et coproduits des industries agroalimentaires présentent des potentiels méthanogènes bien plus importants que les effluents d'élevage (Béline *et al.*, 2010). Si la réglementation française limite à 15 % l'usage de cultures principales pour la méthanisation, les prairies,

cultures intermédiaires et coproduits ne sont pas concernés et pourraient devenir moins disponibles et concurrencer le maintien de l'élevage bovin.

Les terres cultivables sont également une ressource limitée, et les productions végétales à forte valeur ajoutée (lin, betteraves, pomme de terre...) ou nettement moins exigeantes en travail (céréales) concurrencent déjà l'élevage bovin dans certaines régions.

■ 1.4. Développement de la production de viande issue du troupeau laitier

Le croisement terminal est une technique de croisement entre une vache laitière et un taureau de race allaitante pour améliorer les qualités bouchères des veaux non conservés pour le renouvellement. L'utilisation de semence sexée permet de réduire le nombre de produits procréés à des fins de renouvellement du cheptel laitier et ainsi augmenter la part de croisement terminal (Boichard *et al.*, 2024). La proportion de femelles laitières croisées avec une race allaitante est passée de 8 à 20 % entre 2012 et 2022 en France (Idele, 2022b) et pourrait encore augmenter jusqu'à 50 %, voire 65 % si la longévité est augmentée (Boichard *et al.*, 2024). En France, les veaux croisés sont actuellement principalement élevés en veaux de boucherie ou exportés mais pourraient à l'avenir être engraisés en jeunes bovins à destination du marché domestique, à condition qu'une filière de sevrage de ces veaux soit mise en place et que les mâles trouvent leur place dans la consommation française de viande bovine (la consommation de viande bovine est issue à 81 % de femelles, 50 % des mâles engraisés en France sont exportés en carcasse) (Idele, 2025b).

■ 1.5. Facteurs réglementaires

Quatre grandes évolutions réglementaires possibles pourraient modifier significativement les systèmes de production bovins :

i) Les incitations à la réduction de l'empreinte carbone. L'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre

(GES) du secteur agricole français est de -46 % entre 2015 et 2050 (Ministère de la transition écologique et solidaire, 2020). L'élevage bovin qui représente 68 % de ces émissions (essentiellement sous forme de méthane entérique) sera mis à contribution. L'empreinte carbone des productions bovines est très variable entre et pour un même produit selon les systèmes d'élevage. Les ordres de grandeur des empreintes carbone nettes exprimées par kg de protéines produites sont de 100-300 kg eqCO_2 pour la viande de BA, 50-60 kg pour la viande issue de vaches laitières réformées, 15-25 kg pour le lait (Nijdam *et al.*, 2012 ; Idele, 2015 ; Joly *et al.*, 2024). En comparaison, l'empreinte des viandes de porc et de poulet est de 10-50 kg eqCO_2 (Nijdam *et al.*, 2012). Les productions de BA sont donc particulièrement sensibles à d'éventuelles demandes de réduction des émissions de GES. Différents types de mesures permettraient d'accélérer la réduction des émissions, incitatives (comme la subvention de certaines pratiques d'élevage) ou coercitives (taxe ou quota carbone par exemple). Les contours de ces mesures influenceront fortement les systèmes de production, notamment selon la manière dont seront prises en compte la compensation liée au stockage du carbone par les prairies, très variables et controversées (Wang *et al.*, 2023) et les autres externalités positives de l'élevage bovin.

ii) Un durcissement des standards de transport d'animaux vivants. Les filières françaises exportent un grand nombre d'animaux, principalement des brouillards allaitants vers l'Italie et l'Espagne, et les veaux laitiers non conservés pour le renouvellement vers l'Espagne et les Pays-Bas. Le transport routier sur de longues distances est critiqué pour des raisons de bien-être animal. Il semble peu probable que le transport de brouillards vers l'Italie soit interdit à moyen terme, en raison de la forte interdépendance des filières française et italienne. Le transport des veaux laitiers est plus vulnérable, du fait de leur jeune âge et des distances importantes parcourues. Un renforcement des normes est probable comme une augmentation du nombre de pauses ou une limitation du transport

pendant les périodes de canicule. Le coût du transport devrait donc augmenter mais sans induire de changements majeurs (Poizat *et al.*, 2019). Les exportations d'animaux vivants par bateau, principalement vers l'Afrique du Nord, sont probablement plus menacées mais représentent des volumes nettement moins importants.

iii) Une interdiction de séparer le veau de sa mère à la naissance, tel que pratiqué en élevage laitier et qui aurait des conséquences sur la production laitière, et l'organisation de l'élevage et des bâtiments comme la mise en place de vaches nourrices. Cette évolution paraît moins probable à l'horizon 2040.

iv) L'interdiction de l'écornage pourrait entrer en vigueur mais ne sera sans doute pas un déterminant majeur de l'avenir des productions bovines.

■ 1.6. Politiques agricoles

Les quotas laitiers avaient permis un maintien relatif de la production laitière sur tout le territoire (Chatellier *et al.*, 2013). Leur suppression en 2015 a remis en concurrence des régions aux potentiels inégaux. La production laitière s'effondre dans le Sud-Ouest (-28 % de collecte de lait entre 2015 et 2022) et le Poitou-Charentes (-17 % 2015/2022) (Duplomb *et al.*, 2022). La baisse de densité de production laitière fragilise les infrastructures de collecte et de transformation locales, renforçant d'autant le déclin de la production. La production laitière devrait donc se concentrer dans les zones propices aux productions fourragères ou à forte valeur ajoutée (AOP, labels) tandis que les zones plus défavorables à la production laitière pourraient se tourner vers l'élevage allaitant ou les grandes cultures (Idele, 2025a).

La concurrence des productions bovines s'accroît également avec les accords internationaux. La dynamique de compétitivité des filières dépend beaucoup de l'évolution des mesures protectionnistes ou de libre-échange qui sont difficiles à anticiper. En parallèle, les aides à la production bovine, principalement de la PAC, pourraient

être réorganisées, avec un accompagnement des exploitations les moins performantes vers un autre type de production agricole (Cour des comptes, 2023). Les conséquences seraient très importantes pour les filières bovines, et en particulier pour les BA, car hors subventions 90 % des exploitations BA et 40 % des BL ont un résultat économique négatif (Cour des comptes, 2023). En BA, la dépendance aux aides publiques est en augmentation structurelle, leur montant équivalait à 15 % du revenu des éleveurs en 1980 contre 200 % en 2015 dans le bassin charolais (Veyssset *et al.*, 2017).

■ 1.7. Consommation de produits bovins

En France, la production de viande bovine diminue légèrement plus rapidement que le niveau de consommation. Ainsi, entre 2019 et 2024, le volume de viande bovine consommé annuellement en France a diminué au rythme de -1,7 %/an (Agreste & FranceAgriMer, 2025) tandis que la production a baissé au rythme de -1,9 % sur la même période en raison de la décapitalisation structurelle des cheptels (Idele, 2025c). Le mode de consommation de la viande bovine évolue avec davantage de viande transformée (57 % en 2017, 61 % en 2022) et de consommation hors domicile, avec comme conséquences une baisse relative de la consommation de viande piécée et une moindre valorisation économique des carcasses (Idele, 2025b). La taille des morceaux piécés se réduit par adaptation aux attentes des consommateurs (Idele, 2025b).

Pour les produits laitiers, le volume consommé augmente (+3 % entre 2015 et 2023) (CNIEL, 2023) alors que la production a diminué de 7 % entre 2015 et 2024 (Agreste, 2016, 2025). L'évolution de la consommation en produits laitiers et en viande bovine n'est donc *a priori* pas le facteur à l'origine de la déprise de la production bovine en France. La décroissance plus rapide de l'offre que de la demande a pour conséquence actuelle des prix du lait et de la viande bovine très favorables qui, s'ils sont durables et fiables, pourraient ralentir le déclin des productions bovines.

2. Quelles orientations génétiques pour répondre aux futurs besoins des filières bovines ?

La sélection génétique est une composante essentielle de l'évolution des systèmes de production bovine. Elle a historiquement permis l'intensification des productions, l'adaptation aux équipements de traite, et plus récemment, l'amélioration des caractères fonctionnels. En BL, les gains génétiques de production laitière ont été importants, autour de 50 à 100 kg de lait supplémentaire par vache et par an selon les races. La sélection sur la conformation des mamelles a permis l'adaptation à la traite mécanique et plus récemment à la traite robotisée. Le format a également augmenté de façon significative. Le modèle majoritaire est ainsi celui de la race spécialisée laitière, avec la domination de la race Prim'Holstein (65 % de l'effectif laitier en 2024, proportion stable depuis 2014). La proportion de vaches Normandes, race mixte, diminue (8 % en 2024 contre 10 % en 2014) tandis que celle de la race Montbéliarde, initialement mixte et maintenant plus orientée vers la production laitière, est stable (17 % en 2014 et en 2024) (Pflimlin *et al.*, 2009 ; Idele, 2024a).

En BA, les races françaises sont principalement sélectionnées pour le potentiel de croissance et de production de viande, la facilité de vêlage et les qualités maternelles (Griffon *et al.*, 2017). Une des conséquences de la sélection pour le potentiel de croissance et de développement musculaire est la sélection d'animaux lourds et tardifs (Pflimlin *et al.*, 2009), particulièrement adaptés au marché italien vers lequel sont orientés près de deux tiers des mâles allaitants. Ainsi, sur 15 ans, la génétique a augmenté en moyenne le poids à 210 jours de +1,1 kg/an en race Limousine, +0,8 kg/an en Charolaise et +0,6 kg/an en Blonde d'Aquitaine (Taussat *et al.*, 2023). Ces animaux plus lourds requièrent une alimentation plus riche et concentrée pour les phases d'engraissement et de finition, cette dernière phase se faisant pour les mâles dans les « *feedlots* » italiens de la plaine du Pô favorable à la culture du

maïs et de la luzerne. En proportion, la race Charolaise est majoritaire mais régresse (36 % de l'effectif en 2024 contre 41 % en 2014), la race Limousine est en expansion (30 % en 2024, 28 % en 2014) et la race Blonde d'Aquitaine stagne (12 % en 2024, 13 % en 2014). Les races rustiques, moins spécialisées et moins exigeantes dans leur conduite, principalement l'Aubrac ou la Salers, progressent (13 % en 2024 contre 11 % en 2014) et les croisées régressent (7 %, -2 points) (Idele, 2024a).

L'objet de cette partie est d'étudier les besoins génétiques actuels et futurs induits par les évolutions probables des systèmes de production bovins de France métropolitaine.

■ 2.1. Augmenter la rentabilité économique plutôt que la productivité par animal

La pérennité de l'élevage dépend de sa rentabilité économique. La santé économique des élevages bovins français est fragile, avec un faible revenu relativement au temps de travail et au capital investi. En génétique, comme pour une partie importante des éleveurs et conseillers, la rentabilité est souvent associée au rendement par animal. Cependant, les animaux plus productifs sont plus exigeants, plus fragiles, nécessitant un environnement plus contrôlé, mieux maîtrisé et une alimentation plus régulière et concentrée. Les charges associées sont ainsi plus élevées, au détriment de la rentabilité économique. Dans cette partie, nous listons différents caractères permettant d'améliorer l'efficacité d'utilisation des moyens de production et donc logiquement la rentabilité économique des élevages.

a. Filière laitière : optimiser la rentabilité des vaches laitières sur leur carrière

Une marge de manœuvre importante pour améliorer la rentabilité des élevages laitiers est d'augmenter la proportion de jours de vie productifs des vaches. Actuellement, une vache laitière est en production moins d'un jour sur deux de sa vie, en prenant une moyenne de 2,3 lactations par vache

de race Holstein en France, 10 mois de lactation, 4 mois de tarissement et 29 mois avant le premier vêlage (Balandraud *et al.*, 2018). Plusieurs leviers sont actionnables : augmenter le nombre de lactations, réduire l'âge au premier vêlage, ou augmenter la durée des lactations.

La rentabilité d'une vache laitière augmente avec la durée de sa carrière, jusqu'à environ cinq lactations, soit bien plus que la moyenne française (De Vries, 2020 ; Adamie *et al.*, 2023). En pratique, les troubles de santé et d'infertilité liés à l'intensité de la production et au cumul des lactations, ainsi que la nécessité de laisser la place aux génisses disponibles, expliquent un âge de réforme beaucoup plus précoce que l'optimum (Adamie *et al.*, 2023 ; Idele, 2026). Si l'excès de renouvellement dépend en grande partie de la conduite d'élevage, la longévité peut cependant être améliorée *via* la génétique, directement, sur la base de la durée de carrière productive observée, ou de manière indirecte sur la base des caractères corrélés à la longévité comme la fertilité ou la santé. Bien que la génomique ait permis d'améliorer la précision des index de longévité directs, le poids attribué à la longévité dans les objectifs de sélection tend à diminuer au profit des caractères qui lui sont liés. La pertinence technique de ce choix mériterait d'être revisitée et le poids de la longévité devrait être augmenté dans les objectifs de sélection.

Si les premières mises-bas sont relativement précoces en races Jersiaise (27 mois) et Holstein (29 mois), elles ont lieu à trois ans ou plus pour les autres races (Idele, 2025d). La précocité de première mise-bas relève davantage du système d'élevage que de la génétique. Cependant, des gains de précocité génétiques sont possibles, permettant de réduire d'un an la durée d'élevage improductive, sans altérer la carrière des animaux dès lors que le poids à la mise à la reproduction est suffisant.

La pratique usuelle en élevage laitier reste la recherche d'un vêlage par vache et par an. Allonger la durée des lactations est un levier prometteur, sous réserve d'une persistance laitière suffisante (Blanc *et al.*, 2024). En effet,

cela permet de *i)* réduire le nombre de vêlages et de débuts de lactation, périodes les plus à risque pour la santé des vaches laitières, *ii)* réduire le risque de réforme pour infertilité, les inséminations étant plus espacées du pic de lactation, et *iii)* augmenter la part de fourrages grossiers dans la ration, la production journalière en lactation longue limite les besoins en aliment concentré par kg de lait produit (Lehmann *et al.*, 2019). Des études préliminaires ont montré que cette pratique permet des gains économiques, d'efficacité alimentaire et de longévité (Brocard *et al.*, 2013 ; Lehmann *et al.*, 2019). Historiquement, la lactation longue n'était pas intéressante en raison d'une persistance laitière insuffisante et donc d'une faible production en fin de lactation. Cela est de moins en moins vrai avec l'augmentation du niveau de production mais aussi de la persistance laitière. La persistance, lorsqu'elle est définie en pourcentage de la production, est fortement ($> 0,85$) et favorablement corrélée génétiquement au rendement laitier et elle s'est améliorée par sélection indirecte. Il est fréquent d'observer des niveaux élevés (20-30 L de lait/jour) de production au moment du tarissement, en particulier en race Holstein.

L'adoption de cette pratique dépend de facteurs technico-culturels, la lactation longue nécessitant de repenser la stratégie de reproduction avec un décalage de la mise à la reproduction et des adaptations de l'alimentation. Une sélection directe pour la persistance laitière permettrait d'améliorer plus rapidement ce caractère et donc d'améliorer la rentabilité de la lactation longue. Si la lactation longue s'applique moins facilement aux systèmes avec vêlages groupés sur une période (sauf à réussir à l'allonger jusqu'à 22 mois), combiner lactation longue et vêlages groupés est possible avec deux périodes de vêlages comme c'est le cas dans l'expérimentation système OasYs (Novak *et al.*, 2025). Par ailleurs, la recherche de l'expression du plein potentiel de production n'est pas toujours rationnelle, notamment si cela implique de densifier la ration. Par exemple, dans un système à base d'ensilage de maïs et d'herbe pâturée, avec 1 100 kg de concentré et 7 500 kg

de lait/an/vache, les sept derniers pourcents de lait produits représentent 33 % du coût alimentaire (Delaby, 2014). Le compromis optimal entre volume de production, durée de vie de l'animal, et coûts de production n'est cependant pas évident à déterminer et reste très dépendant de chaque élevage.

Enfin, une évolution génétique actuelle discutable est l'accroissement continu du format des vaches laitières (Idele, 2023a), les éleveurs et sélectionneurs étant attachés aux animaux de grand format. Cette évolution ne présente pas d'intérêt zootechnique objectif car elle entraîne : *i)* un faible gain de productivité, la corrélation génétique entre production et format est comprise entre 0 et 0,3, ce qui est assez faible (Berry *et al.*, 2003 ; Idele, 2016), *ii)* une augmentation des besoins d'entretien sur l'ensemble de la carrière, ainsi que des émissions de méthane, *iii)* une augmentation des boiteries et des problèmes de locomotion, *iv)* des difficultés au pâturage associées à la portance des sols, et *v)* une moins bonne tolérance au stress hyperthermique (Dikmen *et al.*, 2012 ; Elayadeth-Meethal *et al.*, 2018). Plusieurs intérêts convergent donc à sélectionner les animaux les plus productifs à taille constante ou réduite.

b. Filière allaitante : maintien des orientations ou vers des animaux plus précoces et herbagers ?

Les principales races allaitantes françaises sont de grand format et tardives, avec des objectifs de sélection orientés dans ce sens. Ces caractéristiques répondent aux attentes du marché italien, où les brouillards importés sont engraisés à l'auge et produisent à 18-20 mois, une viande rosée et peu grasse. Elles répondent également au besoin des industriels français pour la viande hachée et transformée, dont la consommation augmente en proportion, un grand format permettant des économies d'échelle à l'abattage et à la transformation.

Cependant, ces orientations génétiques sont antagonistes avec certains besoins et attentes des éleveurs et consommateurs français. La faible précocité de développement des races

françaises impose l'utilisation d'une ration très concentrée pour l'engraissement des animaux de moins de 30 mois, celui-ci étant très difficile à l'herbe (Veysset *et al.*, 2015), au détriment de la rentabilité des élevages. De plus, la qualité de la viande issue de ces jeunes bovins (JB) est inadéquate aux attentes du marché français de la viande piécée car trop maigre et les pièces surdimensionnées (Chotteau, 2014). Les races allaitantes françaises sont également peu précoces sexuellement, avec comme conséquence une majorité de mises-bas à trois ans ou plus contre deux ans en moyenne pour les races anglo-saxonnes (Martin *et al.*, 2023). Un vêlage plus précoce est possible mais assez difficile chez les races françaises, et il nécessite certaines conditions dans l'élevage des génisses (suivi régulier des génisses, prairies de qualité, bonne productivité laitière des mères...). La faible précocité sexuelle et de développement des races françaises est pour partie associée génétiquement à leur grand format (Lepers *et al.*, 2022 ; Martin *et al.*, 2023), et une réduction du format ira de pair avec une meilleure précocité. Enfin, les animaux de plus grand format ont des besoins d'entretien plus élevés pendant toute leur carrière, et émettent plus de méthane.

Il est probable que le marché italien restera structurant et demandera des animaux du type génétique actuel. Mais les pressions sur la précocité, la capacité d'engraissement en limitant le concentré, l'autonomie avec des vêlages plus faciles, et les contraintes associées aux émissions de méthane devraient promouvoir une sélection assez différente vers des animaux plus petits, plus précoces et moins maigres, au moins sur une partie du cheptel. Il est donc probable que deux systèmes de production coexisteront en fonction des demandes du marché.

Une autre tendance observée, ayant un effet néfaste sur la rentabilité des élevages, est la généralisation de la distribution de concentré aux jeunes veaux avant sevrage, la production laitière des vaches allaitantes devient alors faible et peu persistante. Sélectionner davantage le potentiel laitier des mères (au travers de la croissance de leur veau)

qui sont essentiellement nourries à l'herbe, permettrait de limiter l'usage de concentré pour les veaux (Sepchat *et al.*, 2017). Les index existent, mais ils ne sont pas suffisamment utilisés et ils pourraient aussi être améliorés par un enregistrement plus fin du mode de conduite (adoptions, concentrés...).

c. Filières laitières et allaitantes : améliorer la capacité de valorisation de fourrages à poids fixe

Les élevages laitiers et allaitants les plus herbagers, bien que sensibles aux aléas climatiques, créent plus de richesse (taux de valeur ajoutée brute) et sont plus résilients face aux variations économiques que les élevages se basant sur l'ensilage de maïs (Devienne *et al.*, 2018 ; Doyle *et al.*, 2023). L'herbe pâturée ou le foin sont moins onéreux et nécessitent moins d'intrants que les aliments concentrés. Augmenter la part de fourrages grossiers dans les rations est donc intéressant dans le contexte économique des élevages bovins et de renchérissement probable des intrants. Cependant, les fourrages grossiers sont moins denses en énergie et la capacité de valorisation de ceux-ci, résultant de la capacité d'ingestion et de digestion des animaux, peut devenir limitante à l'expression du potentiel génétique des animaux. Augmenter la capacité d'ingestion des animaux est un levier pour assurer une production tout en réduisant les coûts alimentaires associés, notamment dans les systèmes herbagers (Buckley *et al.*, 2005). Cette sélection pour une augmentation de la capacité d'ingestion doit se faire à poids fixe, car une augmentation du poids induirait en même temps une augmentation des besoins alimentaires, en plus des raisons mentionnées précédemment. Ce type de sélection est un défi puisqu'il nécessite le phénotypage de la quantité ingérée, difficile à mettre en œuvre à grande échelle. Des solutions sont cependant en cours de développement, par exemple avec des mesures par caméra. Toutefois la capacité d'ingestion est potentiellement négativement corrélée à la capacité de digestion, une meilleure capacité d'ingestion étant souvent liée à une accélération du transit et donc à une plus faible capacité de digestion. Le

phénotypage de la capacité de digestion est également difficile à mettre en œuvre à grande échelle, des recherches étant en cours à partir de la spectroscopie dans le proche infrarouge des fèces (Andueza *et al.*, 2026). Nous suggérons dans un premier temps de sélectionner la capacité d'ingestion mais en s'assurant que les effets indirects de celle-ci n'aient pas d'impacts trop négatifs sur la capacité de digestion.

■ 2.2. Des animaux plus autonomes

Un défi majeur à court terme est le remplacement d'une génération d'éleveurs sur le départ, rendu difficile par le poids de l'astreinte, la faible espérance de revenu, et les exigences en capital (cheptel, bâtiment-équipements). L'agrandissement probable des troupeaux (notamment laitiers) limitera les possibilités de suivi individuel (vêlage, santé, fertilité) qui amplifient les contraintes et ont un coût économique important. La sélection doit rechercher des animaux nécessitant moins de surveillance et de soins.

Le vêlage est un événement critique pour la santé et la survie de la mère et du veau. La facilité de vêlage est un critère essentiel pour un nombre grandissant d'éleveurs et explique en partie le gain de popularité de la race Limousine relativement à la Charolaise avec 3 et 9 % de vêlages difficiles, respectivement (Coutard *et al.*, 2007). La génétique est déjà mobilisée pour améliorer les conditions de vêlage des mères et de naissance des veaux, mais également par l'utilisation de taureaux permettant un vêlage facile pour les génisses (Idele, 2024b). Toutefois, en bovins allaitants, la sélection sur la croissance s'est traduite par une augmentation corrélée du poids à la naissance des veaux.

La santé des veaux est un enjeu important, un bon démarrage ayant une forte influence sur le reste de la carrière. C'est un problème critique en élevage allaitant, le veau étant le produit principal alors que le niveau de perte moyen atteint 8 % à six mois (Mounaix *et al.*, 2011). Outre la facilité au vêlage, il existe plusieurs pistes génétiques pour améliorer la santé et la survie des

veaux. En France, la mortalité (dans les 48 heures après la mise-bas) dispose d'une évaluation génomique en laitier mais pas encore en allaitant (Mandal *et al.*, 2019). Une évaluation génomique de la mortalité juvénile (avant un an en laitier, avant le sevrage en allaitant) est en développement. Des travaux de recherche sont également actuellement conduits sur la réduction des troubles digestifs et respiratoires, les deux principales affections touchant les veaux (Lynch *et al.*, 2024). L'amélioration de la qualité du colostrum par sélection est une autre piste intéressante, une étude ayant montré une proportion significative (20 %) des colostrums trop faiblement concentrés en immunoglobulines avec comme conséquence une plus faible survie du veau chez la vache Charolaise (Martin *et al.*, 2021).

En BA, 34 % des animaux présentent des lésions podales et près d'un lot de JB sur deux présente des problèmes respiratoires à l'entrée de la station d'engraissement (Fanuel, 2012 ; Ishak *et al.*, 2024). Ainsi, l'introduction de caractères de santé des pieds et du système respiratoire dans les objectifs de sélection présente un intérêt mais les données nécessaires à sa mise en place ne sont actuellement pas collectées en quantité suffisante.

■ 2.3. Tolérance au stress hyperthermique

Les occurrences de stress hyperthermique pour les bovins devraient augmenter en fréquence et en intensité. Les conditions d'élevage peuvent suffire à limiter ce stress. Par exemple, les systèmes laitiers en Israël, Italie ou Espagne, où les climats actuels pourraient être représentatifs du futur climat français et dont les vaches laitières ont un haut niveau de production, s'adaptent essentiellement avec des animaux confinés dans des bâtiments adaptés, parfois rafraîchis, et des rations concentrées pour limiter la chaleur émise par la digestion. Ce modèle n'est pas transposable à la France à moyen terme, ni durable, en raison des investissements qu'il nécessiterait et de son coût économique et environnemental (énergie et aliment concentré notamment). Les solutions techniques palliatives mises

en place en France (ventilation, brumisation et plantation d'arbres) ne suffiront probablement pas.

La sélection génétique pour l'adaptation aux températures élevées est nécessaire et complémentaire des solutions techniques. La sélection intrarace est possible mais se pose la question du phénotype à mesurer (Vinet, 2024). En l'absence de mesure directe, le phénotype privilégié est la réponse des performances (production, reproduction...) face à une augmentation de température. Ce phénotype repose sur des données déjà collectées (contrôle de performance et données météorologiques). La variabilité génétique des caractères de fertilité et de résistance aux mammites augmentera avec la température et les différences génétiques vont sensiblement s'accroître, ce qui encourage une sélection volontariste sur ces caractères dès aujourd'hui. Une diminution du format favorise également la tolérance par une moindre production et une meilleure déperdition de chaleur grâce à un rapport surface/volume augmenté.

Une deuxième solution est l'introggression d'allèles de gènes ciblés, comme l'allèle slick du gène *PRLR*, conférant une amélioration significative de la résistance à l'hyperthermie aux bovins porteurs (Hansen, 2020). Dans certaines populations Holstein à l'étranger (États-Unis, Nouvelle Zélande) cet allèle est progressivement introgressé par croisements successifs (Zayas *et al.*, 2025) et des premiers taureaux porteurs de l'allèle slick sont déjà en vente en race Holstein. Cette solution implique cependant que les hivers ne soient pas trop froids (des études sont en cours sur l'effet de cet allèle sur la tolérance au froid des veaux).

■ 2.4. Réduction des émissions de méthane

La réduction des émissions de méthane du cheptel bovin français est nécessaire pour que la France respecte ses engagements de réduction des émissions de GES. Ce sujet impactera directement les éleveurs, et donc les orientations génétiques des bovins, même si les critères retenus

et la nature des mesures incitant à la réduction des émissions restent à préciser. La sélection génétique permet de réduire l'intensité des émissions de méthane des bovins à production constante par deux approches complémentaires et non exclusives (Gondret *et al.*, 2026).

Une première approche consiste à augmenter la productivité globale sur la carrière des animaux relativement à leurs émissions de méthane. L'augmentation du rendement individuel, la réduction du besoin d'entretien, et la réduction des périodes de vie improductives relativement à la durée de vie productive, par augmentation de la précocité ou de la longévité des animaux, permettent par exemple de diluer les émissions de méthane par unité de produit. En ordre de grandeur, les émissions pourraient être réduites de 10 % avec une mise-bas généralisée à deux ans en élevage laitier et allaitant, de 10 % en élevage laitier avec une réduction du taux de renouvellement (de 33 % à 25 %), de 5 % en élevage laitier et allaitant avec une réduction de 100 kg du format (Dall-Orsoletta *et al.*, 2018 ; Boichard, com. pers.). Cette approche indirecte a l'avantage d'améliorer également les performances économiques des élevages.

Une deuxième approche, complémentaire de la précédente, est la sélection directe d'animaux émettant moins de méthane, à niveau de production équivalent. Elle pose différentes questions :

i) quels phénotypes ? Les prédictions de méthane à partir des spectres MIR du lait constituent une première solution prête à être mise en œuvre (Fresco *et al.*, 2024). Leur précision est modérée et elles ne sont disponibles que pour les vaches laitières en lactation. Dans un second temps, des outils plus précis seront nécessaires dans les populations de référence pour la sélection (des sniffers sont à l'étude) ;

ii) le poids dans l'objectif de sélection doit être élevé (~ 20 %) pour obtenir une baisse de 1 % par an (González-Recio *et al.*, 2020 ; Manzanilla-Pech *et al.*, 2021 ; Fresco *et al.*, 2025) ;

iii) cette sélection ne sera effective que si les réductions des émissions de méthane ont une valeur économique pour l'éleveur ;

iv) les conséquences physiologiques d'une sélection contre la production de méthane ne sont pas complètement décrites et comprises, en particulier sur l'aptitude à digérer les fibres. Des travaux complémentaires sont prévus pour mesurer l'impact de la sélection directe contre le méthane sur le processus de digestion et sur la santé des animaux. La génétique est lente (une diminution de 1 % par an est un objectif réaliste), mais ses effets sont durables et cumulatifs.

Outre la génétique, il existe d'autres leviers pour réduire les émissions de méthane, notamment la nutrition. Le potentiel de réduction des émissions par la nutrition est d'environ 15 % avec une adaptation de la ration (avec l'usage de davantage de concentré, ce qui pose alors le problème de la compétition alimentation animale/humaine et qui augmente le coût de l'alimentation) et pourrait atteindre 30 % avec des additifs alimentaires comme le 3-NOP (Van Wesemael *et al.*, 2019). L'usage d'additifs alimentaires reste cependant controversé, et des questions subsistent : quelle durabilité des effets, la majorité des études ayant été réalisées dans des milieux peu représentatifs d'un élevage ou à court terme ? Quelle acceptabilité des consommateurs ? Qui va payer le surcoût ?

■ 2.5. Réponse aux maladies émergentes

L'apparition de nouvelles maladies bovines en métropole va s'intensifier sous l'effet du changement climatique. La sélection génétique a prouvé être un levier efficace pour améliorer la résistance ou la tolérance des animaux à une diversité de pathogènes. Cependant, la sélection pour améliorer la résistance des animaux ne peut constituer une réponse d'urgence face à une maladie émergente particulière. En effet, outre l'absence de phénotype permettant de caractériser les animaux sensibles et résistants avant l'émergence, la sélection est un levier d'action de long

terme, mettant plusieurs années pour commencer à être efficace, alors que l'émergence d'une maladie précise est difficilement anticipable et demande une forte réactivité.

La lutte contre les maladies en début d'émergence se fera à l'aide des autres outils disponibles comme la lutte contre les vecteurs, la vaccination ou l'élimination des animaux atteints. Par contre, la sélection sera probablement un levier essentiel pour lutter contre les maladies ayant émergé et devenues endémiques sur le territoire. Dans de nombreux cas, cela nécessitera un diagnostic individuel plus systématique et une connexion des bases de données génétiques et sanitaires pour caractériser les résistances génétiques et détecter les animaux résistants (capables de ne pas être infectés durablement) ou tolérants (qui supportent l'infection) dans un milieu exposé. Les maladies émergentes constituent une menace considérable, voire existentielle, pour l'élevage bovin et la sélection ne pourra pas les négliger.

D'autres pistes sont également à l'étude. On peut rechercher une meilleure réponse vaccinale ou une meilleure immunité globale des animaux (Glass, 2004 ; Denholm *et al.*, 2017). Une seconde piste, encore peu étudiée, est la sélection pour une plus grande épaisseur du cuir ou des odeurs attractives diminuées, limitant les piqûres d'insectes et de tiques vecteurs de maladies. L'intérêt et la faisabilité de ces autres approches reste à démontrer.

■ 2.6. Sélection sur la qualité du lait

Les critères de qualité du lait sont variés : composition en macronutriments (taux protéique et butyreux), en micronutriments (acides gras, caséines (dont beta-A2 ou kappa-B), peptides, minéraux, polysaccharides), propriétés technologiques (fromageabilité, lipolyse), taux de cellules somatiques. Toutes ces caractéristiques peuvent être améliorées par sélection (Miglior *et al.*, 2017) et les outils sont disponibles même s'ils ne sont pas tous déployés. La hiérarchisation et l'importance de ces critères de qualité dépendent des attentes des marchés

visés. La grille de paiement oriente les choix génétiques et zootechniques des éleveurs. Ainsi, les caractéristiques qui influencent la valeur réelle du produit, mais qui ne font pas partie du système de paiement sont généralement négligées par les producteurs (Desbois, 2015). De plus, la grande diversité des produits laitiers en France ne favorise pas un consensus dans les évolutions souhaitées. Une caractéristique sur laquelle devrait se poursuivre, *a minima*, l'effort de sélection est le taux butyreux car le taux d'autoapprovisionnement national en matière grasse laitière n'était que de 77 % en 2021 (FranceAgriMer, 2021). Ainsi, sous l'effet de la sélection et de la conduite d'élevage, le taux butyreux moyen du lait mesuré par le contrôle laitier en France a augmenté, de 39,3 g/kg en 2014 à 40,9 g/kg en 2024 (Idele, 2025d).

■ 2.7. Sélection contre la présence de cornes

L'arrêt de la pratique de l'écornage est une demande sociétale qui pourrait prendre de l'ampleur. La génétique permet de sélectionner des animaux sans corne. Aujourd'hui, les taureaux génétiquement sans corne (« *polled* ») ont, chez quelques races, encore un retard génétique relativement à ceux avec cornes, notamment sur le rendement, freinant leur diffusion. Cependant, ce retard se comble progressivement ou est déjà comblé chez les races les plus diffusées (Randhawa *et al.*, 2021), et l'écornage devrait tendre à disparaître dans les systèmes où il est pratiqué, au profit de la solution génétique.

■ 2.8. Adaptation à la robotisation de la traite

La robotisation de la traite nécessite une conformation de la mamelle adaptée au robot. Une sélection est en cours sur ce caractère. Celle-ci est efficace, la réforme de vaches incompatibles avec la traite robotisée est devenue plus rare (Idele, 2022c). La robotisation de la traite se traduira surtout sur les pratiques d'élevage et d'alimentation, avec généralement une intensification de la conduite et une réduction du pâturage. Des solutions innovantes pour améliorer la compatibilité de l'utilisation de robots avec le pâturage doivent être recherchées.

■ 2.9. En résumé : quels caractères pour quels systèmes de production ?

Plusieurs caractères dont l'amélioration par sélection présente un intérêt élevé pour tous les systèmes de production futurs ont été identifiés : tolérance au stress hyperthermique, réduction des émissions de méthane (par voies indirecte ou directe), augmentation de la capacité d'ingestion pour mieux valoriser les fourrages grossiers, précocité pour les races tardives.

L'augmentation de la productivité individuelle animale devra être raisonnée à l'échelle de la carrière et en veillant à l'augmentation des coûts de production et environnementaux associés. Le poids des caractères fonctionnels doit être renforcé pour améliorer la rentabilité des élevages et l'autonomie des animaux : longévité fonctionnelle, santé des aplombs, tolérance aux maladies actuelles, facilité de naissance/mise-bas, santé et survie des jeunes. La majorité de ces préconisations s'accordent avec les conclusions d'une étude précédente définissant les besoins génétiques des bovins dans le cadre de la transition agroécologique (Phocas *et al.*, 2017). Certains des caractères préconisés sont génétiquement négativement corrélés. Il est cependant possible de réaliser du progrès génétique simultané sur des caractères antagonistes, dès lors que la corrélation reste modérée. Un travail de modélisation des objectifs de sélection permettrait d'avoir un meilleur aperçu du progrès réalisable pour cette combinaison de caractères. Le **tableau 1** résume, à dire d'expert, les principaux caractères que nous suggérons de sélectionner ainsi que leur facilité de sélection en l'état actuel.

Certains besoins en matière de génétique sont spécifiques à certains systèmes de production. En BL, la santé des mamelles et la fertilité sont des caractéristiques importantes. Le format devrait également être réduit. Pour les systèmes à forte productivité laitière par animal, en général avec des animaux élevés en bâtiments nourris avec une ration dense, le principal besoin

identifié est une augmentation de la persistance laitière pour favoriser les lactations longues.

Les besoins pour les systèmes moins productifs par vache, en général plus herbagers, sont une forte capacité d'ingestion pour valoriser des fourrages grossiers, une amélioration de la fertilité pour les conduites en vélages groupés, et une augmentation de la tolérance au stress hyperthermique.

En BA, les besoins génétiques généraux sont une plus forte précocité sexuelle pour raccourcir le cycle de production et un meilleur potentiel laitier pour améliorer la croissance des veaux sans concentrés. Le marché italien et celui de la viande transformée restent demandeurs d'animaux lourds et tardifs. À l'inverse, la filière française de viande bovine est demandeuse d'animaux précoces, pour mieux répondre au besoin d'une viande plus persillée. La précocité sexuelle et de développement s'oppose au format des animaux. Un compromis doit donc être trouvé. Celui-ci pourra se traduire par un compromis intrarace ou plus vraisemblablement par une segmentation des systèmes d'élevage et une orientation différente des races selon le marché visé. Les besoins génétiques pour un engraissement à l'herbe sont une nécessaire réduction du format pour faciliter le pâturage et améliorer la précocité et l'adaptation au stress hyperthermique.

L'augmentation de l'importance ou l'ajout de caractères dans un objectif de sélection induit mathématiquement une baisse du poids relatif des autres caractères. Il semble important de maintenir l'effort de sélection sur les caractères de production en anticipant les conditions futures. Il serait rationnel de réduire l'effort de sélection sur certains caractères de morphologie dont le lien avec la longévité ou la fonctionnalité n'est pas démontré. Bien que la filière y soit attachée et que les standards de race fassent partie intégrante de la « passion » du métier d'éleveur, aspect non négligeable pour l'attractivité du métier, une sélection plus modérée de ces caractères doit pouvoir être envisagée sans compromettre ces attentes.

3. Quelles évolutions dans l'organisation de la sélection ?

L'évolution des filières bovines ainsi que des réorientations génétiques nécessiteront des adaptations de l'organisation de la sélection.

■ 3.1. Adapter les programmes de sélection à la baisse des effectifs phénotypés

Le nombre d'animaux participant aux programmes de sélection devrait s'éroder du fait à la fois de la baisse du nombre total d'animaux présents, de la baisse du taux de pénétration du contrôle de performance (en 2020, 65 % des BL inscrits au contrôle de performance et 12 % des BA) et de la hausse future probable du cheptel d'animaux croisés (Pouzoulet *et al.*, 2021). Ainsi, entre 2016 et 2020, l'effectif d'animaux inscrits au contrôle de performances a baissé de 9 % en BL et de 8 % en BA (Pouzoulet *et al.*, 2021). Cette baisse s'explique par le coût du contrôle, par la concurrence avec les données issues des robots de traite et des salles de traite équipées de capteurs en BL, et par un souhait de réduction des contraintes.

La sélection génomique modifie les besoins de phénotypage. Le besoin correspond à la population dite de référence, génotypée et phénotypée pour l'ensemble des caractères à sélectionner. Sa taille doit être raisonnée en fonction de la précision des index souhaitée. On peut sans doute considérer différents cercles d'élevages selon leur intensité de phénotypage.

Dans le premier cercle, les éleveurs réalisent un phénotypage intensif sur une large gamme de caractères, en intégrant une instrumentation dédiée et en bénéficiant d'une participation financière du programme de sélection. Idéalement, ce premier cercle rassemble une population de quelques dizaines de milliers d'animaux renouvelés à chaque génération.

Un deuxième cercle rassemble une population plus large avec phénotypage standard, particulièrement utile pour les caractères peu héréditaires, mais aussi pour couvrir la diversité des systèmes de production et des conditions pédoclimatiques, et estimer les interactions génotype × milieu et la tolérance à la chaleur. Enfin, des bases de données non génétiques apportent des informations complémentaires, par exemple les données de carcasse à l'abattoir ou des bases de données sanitaires permettant de caractériser la résistance à des pathologies.

Ce schéma est fonctionnel pour les plus grandes races en termes d'effectif et pour lesquelles le premier cercle ne représente qu'une petite partie de leur population. Il est plus difficile à mettre en œuvre dans les races régionales d'effectifs modérés dans lesquelles la base de sélection doit être proportionnellement plus importante que dans les races nationales. Ces races devraient subsister dans leur zone d'origine par attachement culturel, par leur intégration dans des niches économiques, ou car elles présentent une caractéristique d'adaptation importante à leur milieu, mais elles devront adapter leurs objectifs génétiques à leurs moyens.

En BA, le nombre d'animaux inscrits au contrôle de performance devient critique, nécessitant à terme de repenser l'organisation du phénotypage. Une solution serait de recentrer le noyau de sélection sur la population strictement utile, avec des troupeaux phénotypés avec précision et une rémunération des éleveurs pour ce service. Cela nécessiterait le déploiement d'outils automatisés adaptés pour réduire le coût de phénotypage (systèmes de pesées automatiques, caméras couplées à un logiciel d'analyse d'images...). Ce noyau de sélection servirait à évaluer les taureaux, qu'ils soient d'insémination ou de monte naturelle. Le modèle économique permettant de financer ces troupeaux de référence semble cependant très difficile à trouver en l'état, même pour les populations à fort pouvoir de diffusion.

Tableau 1. Synthèse des principaux caractères à sélectionner et de leurs caractéristiques, à dire d'expert.

Caractères	Filières	Enjeux	Priorité de sélection	Disponibilité des données	Maturité (en France, sauf mention contraire)	Amplitude du progrès génétique potentiel	Freins
Précocité sexuelle	BL/BA	↳ périodes improductives ↳ méthane	1	Phénotypes disponibles	Travaux de recherche terminés, diffusion d'index prévue	Modérée	– Qualité des phénotypes – Crainte des éleveurs d'altérer la carrière des vaches – Nécessite une conduite d'élevage adaptée – Antagonisme génétique avec le grand format des animaux
Réduction du format à production et capacité d'ingestion équivalente		↗ précocité ↳ coût d'entretien ↗ santé des pattes ↳ méthane		Phénotypes disponibles (mais améliorations possibles)	Index disponibles mais peu utilisés	Forte	– Freins culturels des filières pour des animaux de plus petit format – En BA, le rendement animal diminuera avec la réduction du format
Réduction de la mortalité périnatale des veaux		↗ survie du veau ↳ travail		Phénotypes disponibles	Index disponibles (BL) ou prévus (BA)		/
Réduction de la mortalité juvénile des veaux		↗ survie du veau		Phénotypes de mortalité disponibles, sans détail	Travaux de recherche en cours, diffusion d'index prévue		/
Tolérance au stress hyperthermique		Adaptation aux conditions futures		BL : phénotypes indirects disponibles BA : peu disponibles	Travaux de recherche en cours	Modérée à forte	– Réflexions et décisions peu avancées en France – Antagonisme avec le grand format des animaux
Réduction des émissions de méthane		Anticipation de réglementations ou des incitations futures		BL : longévité, précocité, MIR du lait BA : précocité mais pas encore de mesure directe	Travaux de recherche en cours, diffusion d'index prévue	Forte	– Difficultés de phénotypage direct (surtout BA) – Pas d'incitation économique actuellement pour les éleveurs – Faible connaissance des effets physiologiques d'une sélection pour ce caractère
Résistance/tolérance aux maladies émergentes		Se préparer à des menaces sanitaires sérieuses		Pas/peu de phénotypes mesurables tant que la maladie n'a pas émergé. Résoudre les questions réglementaires et politiques pour fluidifier l'information	Absence de travaux de recherche en cours	Difficile à estimer	– Projets de recherche sur ce sujet stratégique à démarrer – Inertie de la sélection génétique ne permettant pas une réponse rapide à l'émergence d'un phénotype – Piste du croisement à explorer
Longévité fonctionnelle	BL	↳ renouvellement du cheptel ↗ bien-être animal ↳ méthane ↳ travail		Phénotypes disponibles	Index disponibles et utilisés	Forte	– La part de la longévité dans les index de synthèse se réduit au profit de ses composantes.
Précocité d'engraissement	BA	↳ usage de concentré ↳ durée d'élevage ↳ coût d'engraissement ↳ méthane ↗ utilisation de l'herbe		Outils de phénotypage en développement	Travaux de recherche en cours	Forte, à confirmer	– Des souhaits, mais pas encore d'application – Antagonisme génétique avec le grand format des animaux (freins culturels)
Amélioration de la production laitière en allaitement	BA	↗ croissance du veau ↳ usage de concentré		Phénotypes disponibles (croissance des veaux)	Travaux de recherche arrêtés par manque de moyens	Forte	– Nombre de pesées limitant la précision – Phénotypes biaisés liés à la complémentation des veaux
Amélioration de la capacité de valorisation de fourrages grossiers à production et format constant	BL/BA	↳ usage de concentré ↗ utilisation de l'herbe		Pas de collecte en routine	Travaux de recherche en cours	À démontrer	– Difficultés de phénotypage à grande échelle – Antagonisme entre la capacité d'ingestion et la réduction du format – Antagonisme potentiel entre la capacité d'ingestion et la capacité de digestion des fourrages

Caractères	Filières	Enjeux	Priorité de sélection	Disponibilité des données	Maturité (en France, sauf mention contraire)	Amplitude du progrès génétique potentiel	Freins
Facilité de vêlage	BL/BA	↗ autonomie des animaux ↗ bien-être animal ↗ santé ultérieure ↗ survie du veau ↘ travail	2	Phénotypes disponibles	Index disponibles et utilisés en France	Forte en BA, faible en BL	– Souhaité, mais en opposition avec la sélection actuelle sur la croissance en BA
Suppression des cornes		Anticipation d'une interdiction de l'écornage ↘ travail ↗ bien-être animal		Phénotypes et tests génétiques disponibles	Index disponibles et utilisés	Forte (gène dominant)	– Temps nécessaire pour une introgression complète
Amélioration des phénotypes globaux : « santé générale », « Robustesse », « Résilience »...		Recherche du meilleur compromis global		Des projets sur les données des robots et capteurs	Travaux de recherche en cours		– Sujet en émergence
Persistance laitière	BL	↗ longueur lactations ↗ bien-être animal ↘ périodes improductives ↗ facilité de conduite		Phénotypes disponibles	Absence de travaux de recherche en France. Index disponibles et utilisés à l'étranger de longue date	Forte	– L'adoption de la pratique de la lactation longue nécessite une conduite d'élevage adaptée – Possibilité d'obtenir par la sélection une courbe de lactation plus plate mais sans baisse du pic
Qualité du lait et attentes de la filière et des consommateurs		Satisfaction du marché		Phénotypes disponibles ou potentiellement disponibles (composition fine, lipolyse)	Nombreux travaux de recherche en France, index disponibles mais peu utilisés		– Paiement du lait à mettre en cohérence avec la demande
Précocité de développement	BA	↘ durée d'élevage ↘ usage de concentré ↘ méthane		Phénotypes disponibles (mais améliorations possibles)	Travaux de recherche terminés, premiers index pilotes disponibles	Modérée	– Antagonisme génétique avec le grand format des animaux (freins culturels)
Réponse à la vaccination	BL/BA	↗ santé des animaux ↗ bien-être animal ↘ travail		Pas de phénotype existant	Travaux de recherche en cours	Difficile à estimer	– Sujet en émergence
Amélioration de la qualité du colostrum		↗ santé du jeune	3	Pas de collecte en routine		Forte	– Coût de phénotypage (prise d'échantillon et d'analyse)
Réduction des troubles infectieux des JB en engraissement	BA	↗ bien-être animal ↘ travail				Difficile à estimer	– Phénotypage non organisé
Réduction des lésions podales des JB		↗ bien-être animal ↘ travail					
Adaptation à la robotisation de la traite	BL	Adaptation incontournable, déjà bien avancée	4	Phénotypes disponibles	Index disponibles et utilisés	Faible car l'essentiel du travail de sélection est déjà fait	/

■ 3.2. Améliorer l'adéquation entre la génétique et la diversité des systèmes de production

Certaines races sont présentes dans une grande diversité de systèmes de production, dont les besoins en génétique peuvent être très différents, alors que la valeur génétique des animaux est résumée dans un index de synthèse unique (ISU). Un levier important d'optimisation de l'usage de la génétique est de personnaliser l'offre génétique intrarace aux systèmes de production. Il est compliqué et coûteux de conduire plusieurs programmes de sélection avec des objectifs différents au sein d'une même population. La solution qui devrait se développer est l'estimation et l'utilisation des interactions génotype × milieu. En pratique, cela revient à faire évoluer les méthodes d'indexation pour estimer non pas une, mais plusieurs valeurs génétiques par animal et par caractère : la première, analogue à l'index actuel, représente le niveau moyen sur l'ensemble des milieux ; les autres varient en fonction des gradients de milieu (intensification, santé, température...), de sorte que l'index de synthèse pour un milieu est recalculé en combinant les différentes valeurs génétiques élémentaires. Si le classement des animaux par caractère est souvent peu modifié, on observe des changements de variabilité très importants, de sorte que l'index de synthèse est très sensiblement affecté.

Le milieu pourrait être caractérisé dans un premier temps par des informations générales sur le système de production (rendement à l'animal, type de ration, pâturage ou non), sa topographie (plaine, montagne...) et sa position géographique pour en déterminer le climat à partir des données météo. Un travail sur l'identification des facteurs de milieu impliquant des reclassements importants entre animaux fait l'objet d'études en cours. On peut ainsi utiliser la génétique la mieux adaptée à chacun des milieux, prédire plus précisément le progrès attendu, tout en utilisant au mieux les mêmes ressources génétiques grâce à une gamme élargie de reproducteurs réellement utilisés. Cette approche d'estimation des interactions

génotype × milieu pourra se cumuler avec l'adaptation du poids des caractères dans l'index de synthèse pour produire une synthèse « personnalisée » au type d'élevage, contribuant ainsi à des reclassements entre reproducteurs. Les outils nécessaires sont en développement, mais restent à déployer, notamment auprès des opérateurs de la génétique.

■ 3.3. Étudier le croisement en élevage bovin lait et viande ?

Le croisement permet une amélioration génétique rapide, ciblée et personnalisée par la combinaison d'aptitudes complémentaires des races croisées et l'effet d'hétérosis. C'est une technique intéressante pour produire une diversité de solutions adaptées à la diversité des systèmes de production, mais également pour adapter le type d'animal à un changement rapide de système de production, à condition que les ressources génétiques contribuant à cette adaptation existent et soient disponibles. Le croisement continu avec des mâles et femelles croisés au cours de générations successives est peu pratiqué, car il ne profite pas du progrès génétique des races pures. Il existe trois grands types de croisement.

Le croisement le plus pratiqué est le croisement terminal, entre une vache laitière et un taureau de race allaitante, ou entre deux races allaitantes différentes souvent rustiques et spécialisées. Les produits ne participant pas au renouvellement du cheptel, les enjeux génétiques se limitent à la sélection des meilleurs mâles utilisés pour le croisement. Actuellement, le choix de la génétique allaitante pour un croisement sur race laitière repose principalement sur la facilité de naissance du veau et le prix de la dose d'insémination. Si les croisés seront à l'avenir davantage élevés comme jeunes bovins plutôt que comme veaux de boucherie, les qualités bouchères prendront davantage d'importance dans le choix du profil génétique du taureau (Berry, 2021).

Le deuxième est le croisement rotatif, méthode impliquant l'accouplement des femelles croisées avec des mâles de

racres pures différentes par alternance. Cette méthode permet de bénéficier de la sélection réalisée en races pures tout en maximisant l'effet d'hétérosis (Dezetter *et al.*, 2019). Elle offre un cadre formalisé sur la durée, au-delà de la première génération. Les animaux ainsi procréés présentent en général un profil équilibré tout en affichant des performances élevées pour de nombreux caractères, du fait de l'hétérosis. Ce modèle, malgré ses avantages, a longtemps été peu encouragé pour des raisons historiques, culturelles, par manque d'outils techniques et génétiques disponibles, par complexification de l'élevage du fait de la grande hétérogénéité du troupeau induite, mais aussi par difficulté à établir un cadre organisationnel et économique équilibré entre les éleveurs sélectionnant les races pures et les éleveurs utilisant ces races pures pour réaliser leurs croisements sans participer à la sélection (Magne & Quénon, 2021). Ce type de croisement pourrait se développer dans l'avenir pour répondre au besoin d'adapter les vaches laitières à des systèmes bas intrants et herbagers (Quénon *et al.*, 2020). Le taux de croisement du cheptel reproducteur laitier est encore faible, mais augmente graduellement, de 4,5 % en 2013 à 6,2 % en 2023 (Idele, 2024c). Les outils génétiques qui permettront d'optimiser cette pratique devraient être déployés prochainement.

Le troisième, peu ou pas pratiqué en France métropolitaine mais qui existe par ailleurs dans le monde, est le croisement entre races bovines européennes et tropicales. Les races tropicales sont, relativement aux races européennes, naturellement adaptées à des températures plus élevées et résistantes à certains pathogènes tropicaux risquant d'émerger en Europe. Elles sont cependant nettement moins productives. Seule une rupture importante à même de mettre en péril l'élevage bovin européen, comme une augmentation très rapide des températures ou l'arrivée de nouveaux pathogènes incurables, favoriserait le développement de cette technique. Il serait cependant intéressant, par sécurité, d'anticiper et d'étudier comme objet de recherches, le comportement et les performances de ce type

d'animaux en Europe. Une approche fréquente chez les plantes est le *pre-breeding*, c'est-à-dire la constitution d'une ressource génétique mutualisée utilisant la ressource exogène en croisement et sélectionnée sur plusieurs générations pour en accroître le niveau de production. Une approche *prebreeding* en génétique bovine serait sans doute souhaitable pour l'avenir, mais son organisation et son financement restent à définir.

■ 3.4. Davantage de mixité ou des races toujours plus spécialisées ?

Dans un contexte de spécialisation de plus en plus poussée des races bovines vers la production laitière ou de viande (Pflimlin *et al.*, 2009), on peut se demander quel est l'avenir des races mixtes et quel est l'intérêt de leur sélection. La mixité présente un intérêt agroécologique, ces races valorisant des rations plus grossières tout en ayant un niveau de production plus élevé que celui des races allaitantes. Cependant, le croisement terminal, dont la pratique augmente rapidement en France (Boichard *et al.*, 2024), fait perdre une partie du principal atout des races mixtes, en permettant une bonne valorisation en viande des animaux ne servant pas au renouvellement. Il est ainsi très probable que la spécialisation des races dans le lait ou la viande reste le modèle dominant à un horizon de 20 ans.

■ 3.5. Améliorer la gestion de la consanguinité et des anomalies génétiques

L'augmentation de la consanguinité est préoccupante dans les principales races bovines françaises, en particulier chez la Prim'Holstein (+ 1,4 % par génération depuis la mise en place de la sélection génomique) (Doublet *et al.*, 2019). La réduction de la hausse d'apparement intrarace est une condition de durabilité de ces races pures. Une méthode simple de gestion de la parenté est d'augmenter le nombre de taureaux utilisés, ainsi que le nombre de pères à taureaux. En complément, l'utilisation des reproducteurs peut être optimisée, par exemple avec la méthode des contributions optimales

(Meuwissen, 1997), mais l'acceptabilité par les éleveurs de cette pratique assez directive est faible. Au contraire, la prise en compte des interactions génotype × milieu et la personnalisation d'objectifs d'amélioration à l'échelle des élevages semblent être de bons moyens de favoriser l'utilisation effective d'un plus grand nombre de taureaux. Il est également important d'optimiser la gestion des anomalies génétiques ainsi que l'apparement (idéalement génomique) au moment de l'accouplement.

■ 3.6. Collecter de nouveaux phénotypes

Le développement des technologies d'automatisation, de robotisation et de l'intelligence artificielle permet de réduire les coûts de collecte des phénotypes les plus complexes (Urban *et al.*, 2018). Cependant, un certain nombre de phénotypes pourtant importants présentent encore des difficultés de collecte, tant pour des raisons organisationnelles que technologiques.

Certains caractères mal phénotypés font perdre en précision les indexations. Il serait ainsi intéressant d'améliorer la qualité des données collectées concernant :

- i) la longévité fonctionnelle, car les causes précises de réforme sont très mal renseignées dans les bases de données ;
- ii) la tolérance aux maladies. Lorsqu'elle existe, cette information n'est que binaire (malade/sain) et est absente pour de nombreuses maladies. Quantifier le degré d'affection permettrait de mieux caractériser les phénotypes de tolérance ;
- iii) la précocité sexuelle. Le critère facilement disponible, à savoir l'âge au premier vêlage, est de fait peu informatif sur la précocité réelle car un nombre important d'éleveurs pratiquent par choix des mises-bas tardives. Une meilleure caractérisation des pratiques des éleveurs sur cet aspect est donc nécessaire pour améliorer la sélection de ce caractère ;
- iv) la croissance des veaux allaitants. Les animaux évalués sont pour certains uniquement nourris au lait maternel et d'autres complémentés, nécessitant là encore une meilleure caractérisation des pratiques des éleveurs.

D'autres phénotypes sont difficiles ou coûteux à collecter (auges connectées pour mesurer l'ingestion, sniffers pour les émissions de méthane, accéléromètres et caméras pour le comportement). Le phénotypage au pâturage reste très limité. Les données des robots de traite, nombreuses et diverses, offrent des perspectives prometteuses. Une fois les études terminées, elles devraient pouvoir être mobilisées pour la sélection sous réserve d'obtention des consentements. Concernant la qualité de la viande, les travaux restent encore loin des applications. La tendreté de la viande ne pourra être modulée par la génétique que si la durée de maturation est suffisante. Pour le persillé, des méthodes de phénotypage par imagerie sont en développement. L'information sur les conditions d'élevage permettra de mieux estimer les interactions génétique × environnement (voir section 3.2).

Enfin, un enjeu majeur reste celui de caractériser des phénotypes plus « globaux », intégrateurs comme la robustesse (animal dont les performances varient peu dans des environnements divers, pour l'ensemble de ses fonctions et sur du long terme), la résilience (animal dont les performances rattrapent rapidement un niveau acceptable suite à une perturbation), ou la santé globale (meilleure immunité, meilleure réponse vaccinale...) (Knap, 2005 ; Ducos *et al.*, 2021 ; Bédère & David., 2023). Pour quantifier la résilience et la robustesse globale à l'échelle d'une carrière (Friggens *et al.*, 2017), il faut un nombre important de phénotypes différents et mesurés de façon répétée sur des séries temporelles. Les données issues de robots de traite sont, pour ces raisons, une opportunité. Différentes études ont montré chez les bovins une possibilité de sélection pour la réponse vaccinale ou la réponse immunitaire cellulaire et humorale (Glass, 2004 ; Denholm *et al.*, 2017).

Si le lien entre ces critères et la santé globale est démontré, cette approche pourrait conférer aux animaux une meilleure adaptation générale quelles que soient les conditions environnementales futures. Cela présente un intérêt élevé, les aléas étant amenés à

augmenter. À supposer qu'il soit possible à terme de sélectionner la robustesse des animaux, il restera néanmoins une problématique générale d'optimisation des systèmes. En effet, il existe un antagonisme au moins partiel entre caractères d'adaptabilité et de productivité ou d'efficacité des animaux (Friggens *et al.*, 2017). La question est donc de déterminer quel est l'optimum économique entre ces caractères. Cet optimum dépend très probablement de la fréquence et de l'intensité des perturbations environnementales touchant le milieu d'élevage. Un travail de modélisation sera nécessaire pour définir les compromis idéaux selon les différents milieux.

Conclusion

Les évolutions des conditions d'élevage sont encore peu anticipées dans les programmes de sélection actuels, ce qui est dommageable compte tenu de l'inertie de la sélection génétique.

Certaines évolutions des filières et systèmes de production sont d'ores et déjà prévisibles. La réduction du nombre d'éleveurs et des petites exploitations laitières, la robotisation de la traite, la fermeture des outils industriels dans certains territoires, la hausse du croisement terminal et la réduction du pâturage sont des tendances déjà engagées. Les effets du changement climatique sur la production fourragère, l'émergence de maladies et l'augmentation des conditions de stress hyperthermique, la raréfaction de certains intrants issus de ressources non renouvelables et l'évolution de la consommation des produits bovins et des demandes

sociétales sont probables, mais plus difficiles à quantifier. Enfin, les évolutions réglementaires sont incertaines.

Plusieurs des orientations génétiques proposées ont été anticipées et font déjà l'objet d'une mise en œuvre opérationnelle. Les premiers index méthane sont disponibles auprès des organismes de sélection en BL. Des recommandations sont émises pour la tolérance à l'hyperthermie, tandis que ce caractère est déjà en cours de sélection dans certains pays. En revanche, certaines évolutions des objectifs recommandés sont nouvelles et parfois contrastent avec les pratiques actuelles : réduction du format en bovin laitier et allaitant, précocité sexuelle et de dépôt de gras en bovin allaitant, persistance laitière en bovin laitier. Il existe également des leviers qui permettraient d'améliorer l'efficacité d'utilisation du progrès génétique produit en race pure comme le développement et l'optimisation du croisement, qu'il soit terminal ou non, et une meilleure personnalisation de la génétique à l'échelle des exploitations pour prendre en compte les interactions génotype × milieu. Ces changements invitent également à penser la sélection génétique pour un objectif global et non seulement comme un levier des systèmes de production actuels. L'évolution des filières et des besoins en génétique induira une réorganisation partielle de la sélection.

Notre étude a exploré les besoins génétiques les plus probables pour l'avenir. Des travaux complémentaires seront indispensables afin d'engager un dialogue entre les filières, les politiques, la communauté scientifique et

la société civile sur la conception d'un ou des futurs « désirable(s) » pour l'élevage bovin et des besoins génétiques associés.

Contribution des auteurs

H. Lagarde : Méthodes, Administration du projet, Ressources, Méthode, Écriture – Manuscrit original.

P. Martin & D. Boichard : Conception, Supervision, Méthodes, Ressources, Écriture – Revue et édition, Acquisition de financement.

P. Barre, R. Baumont, M. Brochard, P. Coeugnet, P. Croiseau, L. Delaby, A. De La Torre, N. C. Friggens, R. Guatteo, F. Joly, H. Leclerc, M.-A. Magne, S. Novak, C. Perrot, L. Schibler, P. Veyssset, A. Vinet : Ressources, Écriture – Revue et édition.

Remerciements

Merci aux éleveuses, éleveurs et professionnels de la filière ayant consulté et donné leur avis sur les principaux résultats de cette étude : Anthony, Antoine, Cécile, Charlotte, Elisa, Gregory, Guillaume, Karine, Manon, Michel, Michel, Nicolas, Patrick, Quentin, Quentin, Thierry et Sylvain. Merci aux personnes m'ayant donné les contacts des professionnels de la filière consultés : Corentin, Frédéric, Marie, Michel.

Ce travail a été réalisé au sein du projet CoBreeding financé dans le cadre du PEPR (Programmes et équipements prioritaires de recherche) Agroécologie et Numérique.

Références

Adamie, B. A., Owusu-Sekyere, E., Lindberg, M., Agenäs, S., Nyman, A. K., & Hansson, H. (2023). Dairy cow longevity and farm economic performance: Evidence from Swedish dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 106(12), 8926-8941. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23436>

Agreste. (2016). Enquête annuelle laitière 2015 – Quasi-stabilité de la collecte, repli des fabrications de laits liquides et de yaourts. *Agreste Primeur*, 340. <http://sg-proxy02.maaf.ate.info/IMG/pdf/pri-meur340.pdf>

Agreste. (2022). Recensement agricole 2020 – Surface moyenne des exploitations agricoles en 2020. *Agreste Primeur*, 13(octobre 2022). https://www.agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/Pri2213/Primeur%202022-13_RA2020_%20VersionD%C3%A9finitive.pdf

Agreste. (2025). En 2024, hausse modérée de la collecte de lait après trois années de baisse. *Synthèses conjoncturelles*, 442. <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/SynLai25442/consyn442202507-Lait.pdf>

Agreste & FranceAgriMer. (2025). En 2024, la consommation de viande de volailles rattrape celle de viande de porc. *Synthèses conjoncturelles*, 443. https://www.franceagrimer.fr/sites/default/files/2025-07/SYN-VIA-Conso%20viande%20Fce2024_0.pdf

Andueza, D., Martin, C., Brandolini-Bunlon, M., Edouard, N., Lund, P., Reynolds, C. K., Crompton, L. A., Froidmont, E., Morel, I., Nozière, P., & Cantalapiedra-Hijar, G. (2026). Optimisation of faecal near infrared spectroscopy for predicting organic matter digestibility in cows using local algorithms. *Journal of animal*

science, 104, skag154. <https://doi.org/10.1093/jas/skag154>

Balandraud, N., Mosnier, C., Delaby, L., Dubief, F., Goron, J.-P., Martin, B., Pomies, D., & Cassard, A. (2018). Holstein ou Montbéliarde : Des différences phénotypiques aux conséquences économiques à l'échelle de l'exploitation. *INRA Productions Animales*, 31(4), 337-352. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.4.2394>

Barre, P., Barillot, R., Bourgoïn, T., Combes, D., Durand, J. L., Gutierrez, A. E., Firmat, C., Frak, E., Ghesquière, M., Julier, B., Keep, T., Litrico, I., Louarn, G., Meilhac, J., Sampoux, J., Surault, F., Wolff, B., & Volaire, F. (2020). La diversité génétique pour l'adaptation des prairies au changement climatique. *Fourrages*, 244, 47-53. <https://afpf-asso.fr/revue/produire-des-fourrages-demain-dans-un-contexte-de-changements-climatiques?a=2277>

Becker, C. A., Collier, R. J., & Stone, A. E. (2020). Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103(8), 6751-6770. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17929>

Bédère, N., & David, I. (2023). « Rusticité, robustesse, résilience, adaptation » Quelle est la vision de la communauté des généticiens sur ces concepts ? [Communication]. Séminaire « Races rustiques » INRAE, Paris. <https://hal.inrae.fr/hal-04322643v1>

Béline, F., Dabert, P., Peu, P., & Girault, R. (2010). La méthanisation des effluents d'élevage en France et en Europe : Principe, état des lieux et perspectives. *Fourrages*, 203, 155-161. <https://afpf-asso.fr/revue/les-usages-emergents-des-surfaces-prairiales-et-des-especes-fourrageres-2e-partie?a=1804>

Benoit, M., & Mottet, A. (2023). Energy scarcity and rising cost: Towards a paradigm shift for livestock. *Agricultural Systems*, 205, 103585. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103585>

Berry, D. P. (2021). Invited review: Beef-on-dairy—The generation of crossbred beef × dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 3789-3819. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19519>

Berry, D. P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R. D., Rath, M., & Veerkamp, R. F. (2003). Genetic relationships among body condition score, body weight, milk yield, and fertility in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2193-2204. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73809-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73809-0)

Bett, B., Kiunga, P., Gachohi, J., Sindato, C., Mbotha, D., Robinson, T., Lindahl, J., & Grace, D. (2017). Effects of climate change on the occurrence and distribution of livestock diseases. *Preventive Veterinary Medicine*, 137, 119-129. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.11.019>

Blanc, F., Michaud, A. A., Durrenwachter, M., Soulat, J., Leclerc, H., Martin, P., & Delaby, L. (2024). La pratique de la lactation longue chez la vache laitière : Quelles motivations ? Quelles performances ? [Communication]. 27^e Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris. https://journées3r.fr/wp-content/uploads/2025/10/texte_11_article_systemes_elevage_o_martin.pdf

Boichard, D., Mattalia, S., & Fritz, S. (2017). La sélection dans l'espèce bovine et ses perspectives. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 170(5), 215-221. <https://doi.org/10.4267/2042/66513>

Boichard, D., Dominique, S., Bérodiér, M., Fritz, S., Delaby, L., Fouéré, C., Boussaha, M., & Barbat, A. (2024). Utilisation de la semence sexée en production bovine. *INRAE Productions Animales*, 37(4), 8320. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2024.37.4.8320>

Brocard, V., Portier, B., François, J., Tranvoiz, E., & Brun, T. (2013). *Conséquences techniques et économiques de l'allongement à 18 mois de l'intervalle entre vêlages chez les vaches laitières*. [Communication]. 20^e Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris. https://journées3r.fr/wp-content/uploads/2014/02/Texte_4_capacite_adaptation_V_Brocard-73c.pdf

Buckley, F., Holmes, C., & Keane, M. G. (2005). Genetic characteristics required in dairy and beef cattle for temperate grazing systems. In J. Murphy (Ed.), *Utilisation of Grazed Grass in Temperate Animal Systems* (pp. 61-78). Proceedings of a Satellite Workshop of the XXth International Grassland Congress, Wageningen Academic. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-554-3>

Chatellier, V., Lelyon, B., Perrot, C., & You, G. (2013). Le secteur laitier français à la croisée des chemins. *INRA Productions Animales*, 26(2), 77-100. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2013.26.2.3138>

Chevalier, V., Pépin, M., Plée, L., & Lancelot, R. (2010). Rift Valley fever – A threat for Europe? *Eurosurveillance*, 15(10), 18-28. <https://doi.org/10.2807/ese.15.10.19506-en>

Chotteau, P. (2014). La filière viande bovine française. *Viandes et Produits Carnés*, VPC-2014-30-6-4. https://viandesetproduitscarnes.com/phocadownload/vpc/vol_30/3064_chotteau_filiere_v viande_bovine_francaise.pdf

CNIEL. (2023). *Note de conjoncture – juin 2023*. CNIEL. <https://presse.filiere-laitiere.fr/actualites/conjoncture-laitiere-juin-2023-des-evolutions-de-prix-contrastees-selon-les-familles-de-produits-laitiers-fa12-ef05e.html>

Cour des comptes. (2023). *Les soutiens publics aux éleveurs de bovins* (N° S2023-0466). Cour des comptes. <https://www.ccomptes.fr/fr/publications/les-soutiens-publics-aux-eleveurs-de-bovins>

Coutard, J. P., Menard, M., Benoteau, G., Lucas, F., Henry, J. M., Chaigneau, F., & Raimbault, B. (2007). *Reproduction des troupeaux allaitants dans les Pays de la Loire : Facteurs de variation des performances*. [Communication]. 12^e Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris. https://journées3r.fr/wp-content/uploads/2008/12/2007_09_reproduction_02_Coutard-098.pdf

Dall-Orsoletta, A. C., Leurent-Colette, S., Foray, S., Launay, F., & Delaby, L. (2018). *Influence de la race, de la stratégie d'alimentation et de l'âge au 1^{er} vêlage sur les émissions de méthane entérique intégrées à l'échelle du système laitier*. [Communication]. 24^e Rencontres autour

des Recherches sur les Ruminants, Paris. https://www.journées3r.fr/wp-content/uploads/2019/06/texte_2_environnement_ac-dall_orsoletta-2-cfe.pdf

David, V., Ngwa-Mbot, D., Groshens, E., & Fuchey, H. (2024). *Maladies vectorielles et émergentes : Actualités et perspectives*. [Communication]. 11^e Conférence Grand Angle Viande. <https://idele.fr/detail-article/gav-2024-maladies-vectorielles-et-emergentes-actualites-et-perspectives>

De Vries, A. (2020). Symposium review: Why revisit dairy cattle productive lifespan? *Journal of Dairy Science*, 103(4), 3838-3845. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17361>

Delaby, L. (2014). *L'autonomie alimentaire en élevage laitier* [Communication]. Colloque « Renforcer le lien au sol des élevages bretons », Pontivy. <https://hal.science/hal-01210989>

Delaby, L., & Fiorelli, J.-L. (2014). Élevages laitiers à bas intrants : entre traditions et innovations. *INRA Productions Animales*, 27(2), 123-134. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2014.27.2.3060>

Denholm, S. J., McNeilly, T. N., Banos, G., Coffey, M. P., Russell, G. C., Bagnall, A., Mitchell, M. C., & Wall, E. (2017). Estimating genetic and phenotypic parameters of cellular immune-associated traits in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2850-2862. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11679>

Déqué, M. (2015). Le changement climatique en France et en Europe atlantique : Les domaines méditerranéens et tempérés. In J. L. Durand, L. Enjalbert, J. Hazard, I. Litrico, C. Picon-Cochard, M. P. Prud'homme, & F. Volaire (Éds.), *Adaptation des prairies au changement climatique*, Actes du colloque présentant les méthodes et résultats du projet Climagie (méta-programme ACCAF) (pp. 24-30). <https://hal.science/hal-01233901>

Desbois, D. (2015). La qualité du lait a-t-elle un prix ? Une estimation hédonique de la valeur des attributs spécifiques du lait de vache. *Cahiers d'Economie et de Sociologie Rurales*, 96(03), 499-529. <https://hal.science/hal-01608256v1>

Devienne, S., Garambois, N., Perrot, C., Dieulot, R., & Mischler, P. (2018). *Les exploitations d'élevage économes et autonomes en intrants, créatrices de valeur ajoutée* (Analyse n°126). Centre d'étude et de prospective, Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. <https://agriculture.gouv.fr/les-exploitations-delevage-economes-et-autonomes-en-intrants-creatrices-de-valeur-ajoutee-analyse>

Dezetter, C., Boichard, D., Bareille, N., Grimard, B., Le Meze, P., & Ducrocq, V. (2019). Le croisement entre races bovines laitières : Intérêts et limites pour des ateliers en race pure Prim'Holstein ? *INRA Productions Animales*, 32(3), 359-378. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.3.2575>

Dikmen, S., Ustuner, H., & Orman, A. (2012). The effect of body weight on some welfare indicators in feedlot cattle in a hot environment. *International Journal of Biometeorology*, 56(2), 297-303. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0433-6>

- Djelailia, H., M'Hamdi, N., Bouraoui, R., & Najar, T. (2021). Effects of thermal stress on physiological state and hormone concentrations in Holstein cows under arid climatic conditions. *South African Journal of Animal Science*, 51(4), 452-459. <https://doi.org/10.4314/sajas.v51i4.5>
- Doublet, A.-C., Croiseau, P., Fritz, S., Michenet, A., Hozé, C., Danchin-Burge, C., Laloë, D., & Restoux, G. (2019). The impact of genomic selection on genetic diversity and genetic gain in three French dairy cattle breeds. *Genetics Selection Evolution*, 51(1), 52. <https://doi.org/10.1186/s12711-019-0495-1>
- Doyle, P., O'Riordan, E. G., McGee, M., Crosson, P., Kelly, A. K., & Moloney, A. (2023). Temperate pasture- or concentrate-beef production systems: steer performance, meat nutritional value, land-use, food-feed competition, economic and environmental sustainability. *The Journal of Agricultural Science*, 161(5), 704-719. <https://doi.org/10.1017/S0021859623000540>
- Ducos, A., Douhard, F., Savietto, D., Sautier, M., Fillon, V., Gunia, M., Rupp, R., Moreno-Romieux, C., Mignon-Grasteau, S., Gilbert, H., & Fortun-Lamothe, L. (2021). Contributions de la génétique animale à la transition agroécologique des systèmes d'élevage. *INRAE Productions Animales*, 34(2), 79-96. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2021.34.2.4773>
- Duplomb, M. L., Louault, P., & Méryllou, S. (2022). *La compétitivité de la ferme France*. (Rapport d'information N° 905). Sénat, Commission des affaires économiques. <https://www.senat.fr/rap/r21-905/r21-905.html>
- Durand, J., Bernard, F., Lardy, R., & Graux, I. (2010). Changement climatique et Prairies : L'essentiel des impacts. In N. Brisson & F. Levraut (Éds.), *Livre vert du projet Climator Changement climatique, agriculture et forêt en France : Simulation d'impacts sur les principales espèces*. (pp. 181-190). ADEME Éditions. https://www.cerfacs.fr/~page/publications/livre_vert_climator/livre_vert_climator.pdf
- Elayadeth-Meethal, M., Thazhathu Veetil, A., Maloney, S. K., Hawkins, N., Misselbrook, T. H., Sejian, V., Rivero, M. J., & Lee, M. R. F. (2018). Size does matter: Parallel evolution of adaptive thermal tolerance and body size facilitates adaptation to climate change in domestic cattle. *Ecology and Evolution*, 8(21), 10608-10620. <https://doi.org/10.1002/ece3.4550>
- Fanuel, P. (2012). Points critiques d'une métaphysique raisonnée lors de troubles respiratoires des jeunes bovins de boucherie. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 165(1), 21-26. <https://doi.org/10.4267/2042/48112>
- FranceAgriMer. (2021). *Compétitivité de la filière française lait*. FranceAgriMer. https://www.franceagrimer.fr/sites/default/files/rdd/documents/20210625-COMPETITIVITE_CAHIER_LAIT_2.pdf
- Fresco, S., Boichard, D., Fritz, S., & Martin, P. (2024). Genetic parameters for methane production, intensity, and yield predicted from milk mid-infrared spectra throughout lactation in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 107(12), 11311-11323. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25231>
- Fresco, S., Boichard, D., Aguerre, S., Fritz, S., & Martin, P. (2025). Short communication: First insights into response to selection for reducing methane emissions in dairy cows. *Animal*, 19, 101700. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2025.101700>
- Friggens, N. C., Blanc, F., Berry, D. P., & Puillet, L. (2017). Review: Deciphering animal robustness. A synthesis to facilitate its use in livestock breeding and management. *Animal*, 11(12), 2237-2251. <https://doi.org/10.1017/S175173111700088X>
- Gharbi, M. (2020). Tiques traversant la Mare nostrum, quels risques ? *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 173(1), 168-179. <https://doi.org/10.4267/2042/70868>
- Glass, E. J. (2004). Genetic variation and responses to vaccines. *Animal Health Research Reviews*, 5(2), 197-208. <https://doi.org/10.1079/AHR200469>
- Gondret, F., Andueza, D., Assouma, M. H., Berthelot, V., Boichard, D., Eugène, M., Fresco, S., Lurette, A., Martin, C., Martin, Morgavi, D. P., Munoz-Tamayo, R., Popova, M., Roques, S., Tortereau, F., & Fernandez, X. (2026). Réduction des émissions de méthane entérique chez les ruminants : Enjeux, solutions et perspectives. *INRAE Productions Animales*, 39(1), 9470. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2026.39.1.9470>
- González-Recio, O., López-Paredes, J., Ouatahar, L., Charfeddine, N., Ugarte, E., Alenda, R., & Jiménez-Montero, J. A. (2020). Mitigation of greenhouse gases in dairy cattle via genetic selection: 2. Incorporating methane emissions into the breeding goal. *Journal of Dairy Science*, 103(8), 7210-7221. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17598>
- Griffon, L., Boulesteix, P., Delpeuch, A., Govignon-Gion, A., Guerrier, J., Leudet, O., Miller, S., Saintilan, R., Venot, E., & Tribout, T. (2017). La sélection génétique des races bovines allaitantes en France : Un dispositif et des outils innovants au service des filières viande. *INRA Productions Animales*, 30(2), 107-124. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2017.30.2.2237>
- Hansen, P. J. (2020). Prospects for gene introgression or gene editing as a strategy for reduction of the impact of heat stress on production and reproduction in cattle. *Theriogenology*, 154, 190-202. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.010>
- Hostiou, N., Vollet, D., Benoit, M., & Delfosse, C. (2020). Employment and farmers' work in European ruminant livestock farms: A review. *Journal of Rural Studies*, 74, 223-234. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.01.008>
- Idele. (2015). *Élevage de ruminants et changement climatique* (collection L'Essentiel). Idele – Institut de l'Élevage. https://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/IE_Elevage_ruminants_et_changement_climatique_juin_2015_BD.pdf
- Idele. (2016). *Évaluation génétique des taureaux normands production laitière – morphologie – caractères fonctionnels*. Idele & INRA UMR GABI. https://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/INTRO_NO_1615_VF.pdf
- Idele. (2022a). *Dynamiques territoriales, renouvellement des actifs et attractivité du métier de producteur de lait en France et en Europe* [Communication]. 9^e Conférence Grand Angle Lait, en ligne. <https://idele.fr/detail-article/grand-angle-lait-2022-dynamiques-territoriales-renouvellement-des-actifs-et-attractivite-du-metier-de-producteur-de-lait-en-france-et-en-europe>
- Idele. (2022b). *Statistiques des inséminations sur femelles laitières : le croisement viande en 2022* (Collection Résultats). Idele – Institut de l'Élevage. <https://idele.fr/detail-article/statistiques-des-inseminations-sur-femelles-laitieres-le-croisement-viande-en-2022>
- Idele. (2022c). *Un robot de traite sur mon exploitation, quels impacts ?* (Collection Théma). Idele – Institut de l'Élevage. <https://idele.fr/detail-article/un-robot-de-traite-sur-mon-exploitation-quels-impacts>
- Idele. (2023a). *Bilan d'indexation des races bovines laitières 2023* (Collection Résultats). Idele – Institut de l'Élevage. <https://idele.fr/detail-article/bilan-dindexation-laitiere>
- Idele. (2023b). *Décapitalisation bovine et impacts sur la production* [Communication]. 9^e Conférence Grand Angle Viande, en ligne. <https://fr.slideshare.net/idele-institut-de-l-elevage/dcapitalisation-bovine-et-impacts-sur-la-production#12>
- Idele. (2024a). *Les chiffres clés du GEB bovins 2024 : productions lait et viande*. Idele – Institut de l'Élevage & CNE. <https://idele.fr/detail-article/chiffres-des-bovins-2024-productions-lait-et-viande>
- Idele. (2024b). *Méthodes et résultats de l'évaluation IBOVAL 2024 pour les races bovines à viande* (Collection Résultats). Idele – Institut de l'Élevage. <https://idele.fr/detail-article/methodes-et-resultats-de-levaluation-iboval-2024-pour-les-races-bovines-a-viande>
- Idele. (2024c). *Statistiques des inséminations sur femelles laitières : le croisement laitier en 2023* (Collection Résultats). Idele – Institut de l'Élevage. <https://idele.fr/detail-article/statistiques-des-inseminations-sur-femelles-laitieres-en-croisement-laitier-campagne-2023>
- Idele. (2025a). *L'élevage de ruminants au recensement agricole 2020, et depuis* (Dossier Économie de l'Élevage n° 544). Idele – Institut de l'Élevage. <https://idele.fr/detail-article/lelevage-de-ruminants-au-recensement-agricole-2020-et-depuis>
- Idele. (2025b). *Où va le bœuf ?* (Dossier Économie de l'Élevage n° 555). Idele – Institut de l'Élevage. <https://idele.fr/detail-article/ou-va-le-boeuf-dossier-economie-de-lelevage-n555-fevrier-2025>
- Idele. (2025c). *Prévisions viande bovine 2025 : La production baisse encore, bousculée par le sanitaire*. Idele – Institut de l'Élevage. https://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/Communiqués_de_presse/Previsions_viande_bovine_2025_Communique_de_presse_22012024_VF.pdf
- Idele. (2025d). *Résultats de Contrôle Laitier Espèce Bovine, indicateurs d'efficacité des carrières laitières – France 2024* (Collection Résultats). Idele – Institut de l'Élevage. <https://idele.fr/detail-article/resultats-de-contrôle-laitier-espece-bovine-indicateurs-defficacite-des-carrieres-laitieres-france-2024>

- Idele. (2026). *Vers une meilleure longévité des vaches laitières – Principaux acquis du projet ALONGE* (Dossier Techniques de l'Élevage No 9). Idele – Institut de l'Élevage. <https://idele.fr/alonge/publications>
- IPCC. (2023). Summary for Policymakers. In Core Writing Team, H. Lee & J. Romero (Eds.), *Climate Change 2023: Synthesis Report*, Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 1-34). IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- Ishak, S., Guatteo, R., Lehébel, A., Brisseau, N., Enraygues, A. R., Gall, M., Duvauchelle, A. W., & Relun, A. (2024). *Prevalence and distribution of foot lesions in French slaughter dairy and beef young bulls housed in indoor feedlot*. [Communication]. 75rd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, Florence. https://docs.eaap.org/boa/2024_Florence_EAAP_Book_Abstracts.pdf
- Joly, F., Roche, P., Fossey, M., Rebeaud, A., Dewulf, J., van der Werf, H. M. G., & Boone, L. (2024). How closely do ecosystem services and life cycle assessment frameworks concur when evaluating contrasting animal-production systems with ruminant or monogastric species? *Animal*, 18(12), 101368. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101368>
- Knap, P. W. (2005). Breeding robust pigs. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45(8), 763-773. <https://doi.org/10.1071/EA05041>
- Lehmann, J. O., Mogensen, L., & Kristensen, T. (2019). Extended lactations in dairy production: Economic, productivity and climatic impact at herd, farm and sector level. *Livestock Science*, 220, 100-110. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.12.014>
- Lemaire, G., & Pflimlin, A. (2007). Les sécheresses passées et à venir : Quels impacts et quelles adaptations pour les systèmes fourragers ? *Fourrages*, 190, 163-180. <https://afpf-asso.fr/revue/productions-fourrageres-et-adaptations-a-la-secheresse-1re-partie?a=1658>
- Lepers, A., Aguerre, S., Promp, J., Taussat, S., Vinet, A., Martin, P., Philibert, A., Laramée, A., & Griffon, L. (2022). *Paramètres génétiques de la vitesse de développement et du poids adulte asymptotique en bovins allaitants* [Communication]. 26^e Rencontres autour des recherches sur les ruminants. https://journées3r.fr/wp-content/uploads/2023/03/texte_7_affiche_genetique_a-lepers-5e9.pdf
- Lynch, C., Schenkel, F. S., van Staaveren, N., Miglior, F., Kelton, D., & Baes, C. F. (2024). Investigating the potential for genetic selection of dairy calf disease traits using management data. *Journal of Dairy Science*, 107(2), 1022-1034. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23780>
- Madrid, A., De Crémoux, R., Delaby, L., Larroque, H., Novak, S., & Vinet, A. (2025). L'élevage de ruminants s'adaptera-t-il au changement climatique ? Impacts et leviers d'adaptation. *INRAE Productions Animales*, 38(2), 9200. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2025.38.2.9200>
- Magne, M.-A., & Quénon, J. (2021). Dairy crossbreeding challenges the French dairy cattle sociotechnical regime. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(2), 25. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00683-2>
- Mandal, A., Pathak, K., Karunakaran, M., & Ghosh, M. K. (2019). Postnatal calf mortality- A review. *Indian Journal of Animal Health*, 58(02), 147. <https://doi.org/10.36062/ijah.58.2.2019.147-156>
- Manzanilla-Pech, C. I. V., Løvendahl, P., Mansan Gordo, D., Difford, G. F., Pryce, J. E., Schenkel, F., Wegmann, S., Miglior, F., Chud, T. C., Moate, P. J., Williams, S. R. O., Richardson, C. M., Stothard, P., & Lassen, J. (2021). Breeding for reduced methane emission and feed-efficient Holstein cows: An international response. *Journal of Dairy Science*, 104(8), 8983-9001. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19889>
- Martin, G., & Magne, M. A. (2015). Agricultural diversity to increase adaptive capacity and reduce vulnerability of livestock systems against weather variability – A farm-scale simulation study. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 199, 301-311. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.006>
- Martin, P., Vinet, A., Denis, C., Grohs, C., Chanteloup, L., Dozias, D., Maupetit, D., Sapa, J., Renand, G., & Blanc, F. (2021). Determination of immunoglobulin concentrations and genetic parameters for colostrum and calf serum in Charolais animals. *Journal of Dairy Science*, 104(3), 3240-3249. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19423>
- Martin, P., Taussat, S., Vinet, A., Launay, F., Dozias, D., Maupetit, D., Villalba, D., Friggens, N. C., & Renand, G. (2023). Précocité, efficacité et résilience des femelles allaitantes. *INRAE Productions Animales*, 36(3), 7300. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2023.36.3.7300>
- Météo-France. (2020). *Météo-France éclaire le climat en France jusqu'en 2100*. Météo-France. <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/meteo-france-eclaire-le-climat-en-france-jusqu'en-2100>
- Meuwissen, T. H. E. (1997). Maximizing the Response of Selection with a Predefined Rate of Inbreeding. *Journal of Animal Science*, 75(4), 934-940. <https://doi.org/10.2527/1997.754934x>
- Michaud, A., Plantureux, S., Baumont, R., & Delaby, L. (2020). Les prairies, une richesse et un support d'innovation pour des élevages de ruminants plus durables et acceptables. *INRAE Productions Animales*, 33(3), 153-172. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2020.33.3.4543>
- Miglior, F., Fleming, A., Malchiodi, F., Brito, L. F., Martin, P., & Baes, C. F. (2017). A 100-Year Review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10251-10271. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12968>
- Ministère de la transition écologique et solidaire. (2020). *Stratégie nationale bas-carbone*. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/2020-03-25_MTES_SNBC2.pdf
- Morignat, E., Perrin, J.-B., Gay, E., Vinard, J.-L., Calavas, D., & Hénaux, V. (2014). Assessment of the impact of the 2003 and 2006 heat waves on cattle mortality in France. *PLoS ONE*, 9(3), e93176. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093176>
- Mounaix, B., Roussel, P., Ribaud, D., Seegers, H., & Assié, S. (2011). *Description de la mortalité des veaux dans les exploitations françaises d'élevage de bovins allaitants* [Communication]. 18^e Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris. https://journées3r.fr/wp-content/uploads/2012/02/Texte3_sante_Mounaix-a8d.pdf
- Nijdam, D., Rood, T., & Westhoek, H. (2012). The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy*, 37(6), 760-770. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.08.002>
- Novak, S., Bourgoïn, F., Chargelegue, F., Audebert, G., Delagarde, R., & Curtil Dit Galin, M. (2025). OasYs, un système bovin laitier basé sur la diversité des ressources fourragères. *Innovations Agronomiques*, 104, 31-42. <https://hal.inrae.fr/hal-05173752v1>
- Parent, B., Leclerc, M., Lacube, S., Semenov, M. A., Welcker, C., Martre, P., & Tardieu, F. (2018). Maize yields over Europe may increase in spite of climate change, with an appropriate use of the genetic variability of flowering time. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(42), 10642-10647. <https://doi.org/10.1073/pnas.1720716115>
- Peyraud, J.-L., & Duhem, K. (2013). Les élevages laitiers et le lait demain : Exercice d'analyse prospective. *INRA Productions Animales*, 26(2), 221-230. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2013.26.2.3150>
- Peyraud, J.-L., Gall, A. L., Delaby, L., Faverdin, P., Brunschwig, P., & Caillaud, D. (2009). Quels systèmes fourragers et quels types de vaches laitières demain ? *Fourrages*, 197, 47-70. <https://afpf-asso.fr/article/quels-systemes-fourragers-et-quels-types-de-vaches-laitieres-demain>
- Pflimlin, A., Faverdin, P., & Beranger, C. (2009). Un demi-siècle d'évolution de l'élevage bovin. Bilan et perspectives. *Fourrages*, 200, 429-464. <https://afpf-asso.fr/article/un-demi-siecle-d-evolution-de-l-elevage-bovin-bilan-et-perspectives>
- Phocas, F., Belloc, C., Bidanel, J., Delaby, L., Dourmad, J. Y., Dumont, B., Ezanno, P., Fortun-Lamothe, L., Foucras, G., Frappat, B., Gonzalez-Garcia, E., Hazard, D., Larzul, C., Lubac, S., Mignon-Grasteau, S., Moreno-Romieux, C., Tixier-Boichard, M., & Brochard, M. (2017). Quels programmes d'amélioration génétique des animaux pour des systèmes d'élevage agro-écologiques ? *INRAE Productions Animales*, 30(1), 31-46. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2017.30.1.2232>
- Poizat, A., Duvaléix-Treguer, S., Rault, A., & Bonnet-Beaugrand, F. (2019). Le marché des broutards en France. Organisation de la filière, transmission de l'information et qualité. *Économie rurale*, 368, 107-127. <https://doi.org/10.4000/economierurale.6814>
- Polsky, L., & von Keyserlingk, M. A. G. (2017). Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare.

Journal of Dairy Science, 100(11), 8645-8657. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>

Pouzoulet, B., Lebert, E., Buisson, D., Clément, V., Faradj, D., Griffon, L., Jullien, E., Pineau, C., & Brochard, M. (2021). *Conditions de mise en œuvre d'un service d'intérêt économique général pour la création et la diffusion du progrès génétique des ruminants*. (Rapport de l'étude SSP-DGPE-2021-023).

Quénou, J., Ingrand, S., & Magne, M. A. (2020). Managing the transition from purebred to rotational crossbred dairy cattle herds: Three technical pathways from a retrospective case-study analysis. *Animal*, 14(6), 1293-1303. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003458>

Randhawa, I. A., McGowan, M. R., Porto-Neto, L. R., Hayes, B. J., & Lyons, R. E. (2021). Comparison of genetic merit for weight and meat traits between the polled and horned cattle in multiple beef breeds. *Animals*, 11(3), 870. <https://doi.org/10.3390/ani11030870>

Ruget, F., Clastre, P., Moreau, J., Cloppet, E., Souverain, F., & Lorgeou, J. (2012). Conséquences possibles des changements climatiques sur la production fourragère en France. II. Exemples de quelques systèmes d'élevage. *Fourrages*, 211, 243-251. <https://afpf-asso.fr/article/consequences-possibles-des-changements-climatiques-sur-la-production-fourragere-en-france-ii-exemples-de-quelques-systemes-d-elevage>

Sepchat, B., D'Hour, P., & Agabriel, J. (2017). Production laitière des vaches allaitantes : Caractérisation et étude des principaux facteurs de variation. *INRA Productions Animales*, 30(2), 139-152. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2017.30.2.2240>

Taussat, S., Fossaert, C., Cantalapiedra-Hijar, G., Griffon, L., Martin, P., & Renand, G. (2023). Paramètres génétiques de l'efficacité alimentaire et faisabilité d'une sélection en population bovine allaitante. *INRAE Productions Animales*, 36(3), 7330. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2023.36.3.7330>

Tracy, B. F., Foster, J. L., Butler, T. J., Islam, M. A., Toledo, D., & Vendramini, J. M. B. (2018). Resilience in forage and grazinglands. *Crop Science*, 58(1), 31-42. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.05.0317>

Urban, B., Ingrand, S., Bidanel, J.-P., Pradel, P., Martignon, M., & Ricard, E. (2018). Le contexte du phénotypage animal, ses acteurs. *Cahier des Techniques de l'INRA, numéro spécial 1*, 9-15. <https://revue-novae.fr/article/view/8765>

Vallée, R., Vinet, A., Aguerre, S., Promp, J., Mattalia, S., Cuyabano, B., & Boichard, D. (2024). *Les performances de production laitière et de reproduction des vaches laitières sont dégradées en cas de stress thermique* [Communication]. 27^e Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris. <https://journées3r.fr/textes3r/20240508-les-performances-de-production-laitiere-et-de-reproduction-des-vaches-laitieres-sont-degradees-en-cas-de-stress-thermique/>

Van Wesemael, D., Vandaele, L., Ampe, B., Cattrysse, H., Duval, S., Kindermann, M., Fievez, V., De Campeneere, S., & Peiren, N. (2019). Reducing enteric methane emissions from dairy cattle: Two ways to supplement 3-nitrooxypropanol. *Journal of Dairy Science*, 102(2), 1780-1787. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14534>

Veyssat, P., & Boukhriess, S. (2021). Gains de productivité et évolution de la rentabilité des élevages bovins français

sur trois décennies (1988-2018). *Économie rurale*, 378, 119-135. <https://doi.org/10.4000/economierurale.9474>

Veyssat, P., Lherm, M., Roulenc, M., Troquier, C., & Bébin, D. (2015). Productivity and technical efficiency of suckler beef production systems: Trends for the period 1990 to 2012. *Animal*, 9(12), 2050-2059. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002013>

Veyssat, P., Lherm, M., Boussemart, J.-P., & Natier, P. (2017). Formation et répartition des gains de productivité en élevage bovin viande. Qui sont les gagnants et les perdants entre 1980 et 2015 ? *Économie rurale*, 361, 71-91. <https://doi.org/10.4000/economierurale.5294>

Vinet, A. (2024). *Analyse du déterminisme génétique de la tolérance à la chaleur chez les bovins et des interactions génotype x milieu induites* [Thèse, Université Paris-Saclay]. Hal theses. <https://theses.hal.science/tel-04888919>

Vinet, A., Mattalia, S., Vallée, R., Bertrand, C., Cuyabano, B. C. D., & Boichard, D. (2023). Estimation of genotype by temperature-humidity index interactions on milk production and udder health traits in Montbeliarde cows. *Genetics Selection Evolution*, 55(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s12711-023-00779-1>

Wang, Y., De Boer, I. J. M., Persson, U. M., Ripoll-Bosch, R., Cederberg, C., Gerber, P. J., Smith, P., & van Middelaar, C. E. (2023). Risk to rely on soil carbon sequestration to offset global ruminant emissions. *Nature Communications*, 14(1), 7625. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43452-3>

Zayas, G. A., Dikmen, S., Mateescu, R. G., & Hansen, P. J. (2025). Maintaining breed integrity: Successful introgression of the SLICK1 allele into the Holstein breed. *Journal of Heredity*. 116(3), 216-224. <https://doi.org/10.1093/jhered/esae057>

Résumé

Cet article synthétise une réflexion collective sur les orientations génétiques des bovins laitiers et allaitants de France métropolitaine nécessaires à l'adaptation des animaux aux évolutions des systèmes de production à l'horizon 2040. Il présente les facteurs susceptibles de faire évoluer les productions bovines françaises (démographie des éleveurs, changement climatique, raréfaction des ressources, progrès techniques et évolutions technologiques, réglementations et politiques agricoles, libéralisation du marché, évolution de la demande et organisation des filières). Les systèmes de production bovins devraient néanmoins conserver une diversité importante dans un contexte économique et réglementaire plus contraint, de changement climatique structurant et de raréfaction des ressources non renouvelables. Cet article recommande d'axer la sélection sur la rentabilité économique globale du système plutôt que sur le rendement animal. Pour les bovins laitiers, il s'agira d'augmenter la longévité fonctionnelle, réduire le format des animaux et augmenter la persistance laitière. Pour les bovins à viande, il est souhaitable d'augmenter la précocité sexuelle et la précocité de développement, améliorer la capacité des animaux à valoriser l'herbe et les fourrages, l'aptitude laitière, l'autonomie des animaux et, pour les systèmes d'engraissement herbager, réduire le format. Enfin, pour les bovins laitiers et à viande, il est suggéré d'augmenter la capacité d'ingestion de fourrages grossiers. En regard du changement climatique, il est indispensable de prendre en compte les problèmes sanitaires associés (en particulier émergents), améliorer la tolérance au stress thermique, et réduire les émissions de méthane. La dernière partie de cet article discute des besoins des programmes de sélection induits par ces évolutions.

Mots clés : bovins laitiers ; bovins allaitants ; élevage ; sélection génétique ; prospective

Abstract

Challenges and directions for bovine genetic selection in France by 2040: Proposals arising from a collective reflection

This article summarizes the collective thoughts on the genetic orientations of dairy and beef cattle in mainland France that will be needed to adapt animals to the projected production systems for 2040. It provides an overview of the factors likely to shape the future of French cattle production, including farmer demographics, labor in livestock farming, climate change, resource scarcity, technical progress and technological innovations, agricultural regulations and policies, market liberalization, changes in demand and the organization of value chains. Despite operating in a more

constrained economic and regulatory environment, under structural climate change and non-renewable resource limitations, cattle production systems are expected to maintain substantial diversity as a result of these underlying trends. The article recommends shifting the focus of selection strategies from individual animal performance to the overall economic profitability of production systems. In dairy cattle, this involves improving functional longevity, reducing body size, and enhancing lactation persistency. For beef cattle, the focus should be on increasing sexual and developmental precocity, strengthening the animals' ability to utilize forage, enhancing milk production and animal autonomy, and, in pasture-based finishing systems, reducing body size. Across both dairy and beef cattle, selection should prioritize the ability to ingest fiber-rich forages. In view of climate change, it is also necessary to address health challenges, particularly emerging diseases, improve tolerance to heat stress, and reduce methane emissions. The final section of the article discusses the implications of these changes for future breeding programs.

Keywords: Dairy; Cattle; Beef Cattle; Livestock Farming; Genetic Selection, Prospect

LAGARDE, H., MARTIN, P., BARRE, P., BAUMONT, R., BROCHARD, M., COEUGNET, P., CROISEAU, P., DELABY, L., DE LA TORRE, A., FRIGGENS, N. C., GUATTEO, R., JOLY, F., LECLERC, H., MAGNE, M.-A., NOVAK, S., PERROT, C., SCHIBLER, L., VEYSSET, P., VINET, A., & BOICHARD, D. (2026). Enjeux et orientations de la sélection génétique bovine en France d'ici 2040 : propositions issues d'une réflexion collective. *INRAE Productions Animales*, 39(2), 9738.

<https://doi.org/10.20870/productions-animales.2026.39.2.9738>



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>

La citation comme l'utilisation de tout ou partie du contenu de cet article doit obligatoirement mentionner les auteurs, l'année de publication, le titre, le nom de la revue, le volume, les pages et le DOI en respectant les informations figurant ci-dessus.