

Note Iboval

Bulletin d'information génétique des bovins allaitants

N° 87 - Juin 2019

Le point sur 4 ans de publication d'index génomiques

Au printemps 2019, à raison de deux indexations complètes annuelles, nous en sommes à huit indexations successives pour lesquelles des résultats d'évaluations génomiques ont été mis à disposition pour les trois races jusque-là concernées : Blonde d'Aquitaine, Charolaise et Limousine, ceci pour un maximum de 13 index possibles. Nous nous proposons dans cette note de faire un bilan sur les données successivement publiées et les premiers enseignements que l'on peut en tirer.



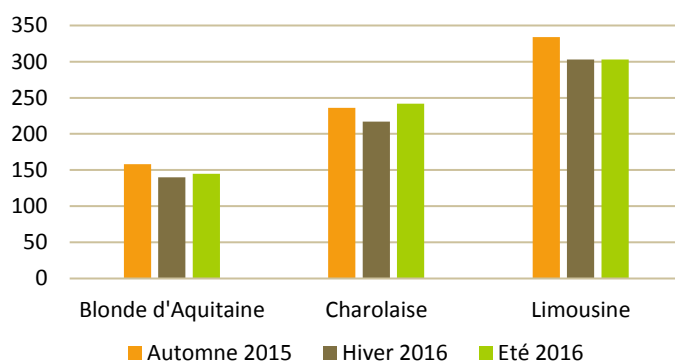
DÉNOMBREMENT GÉNÉRAL

2015-2016 : primo-diffusion pour des taureaux d'IA

La première mise à disposition d'informations génomiques en bovins allaitants issues de la technologie GeMBAL (Réf n°1 et n°2) remonte à la fin de l'année 2015. S'en est suivie une première phase de communication, via le site web d'Idéle, circonscrite à des taureaux d'IA, ceci jusqu'à l'été 2016 (cf. figure n°1). Cette primo-diffusion a concerné globalement environ 700 taureaux pour chacune des 3 évaluations successives, majoritairement de race Limousine.

Depuis fin 2015, pour ces trois races, l'indexation génomique concerne la plupart des index IBOVAL de la naissance jusqu'au sevrage (10 index) ainsi que ceux relatifs à l'indexation sur la production de jeunes bovins en ferme (seulement la synthèse IABjbf pour les femelles et les 3 index pour les mâles), soit un maximum de 13 index (Réf n°3). Durant cette première phase de diffusion, la publication officielle d'index génomiques (GEBV) s'est limitée aux taureaux pour lesquels les conditions de diffusion des GEBV permettaient de publier au moins un index supplémentaire par rapport à l'indexation polygénique, parmi ces 13 index. Ceci selon les conditions de publication respectives de ces différentes valeurs (Réf n°4 et n°5).

Figure n°1 : Nombre de taureaux d'IA mis à disposition sur le site <http://idele.fr>, en 2015 et 2016, pour lesquels les conditions de publication des index génomiques ont permis de publier au moins un nouvel index



Jusqu'à fin 2016, aucun taureau ne pouvait avoir d'index IBOVAL en ferme tant que son ISEVR et tous ses composants n'étaient pas eux-mêmes publiables, c'est pourquoi aucun gain d'index publié ne s'est effectué sur ces caractères durant cette période. En revanche, pour tous les autres index, les conditions de publication des index génomiques ont permis la diffusion d'un plus grand nombre de valeurs, variable suivant les index (cf. figure n°2). Ainsi, on constate, quelle que soit la race, que ce sont majoritairement les index ABjbf qui se sont trouvés nouvellement publiables sous forme de GEBV et au sein de ces derniers les aptitudes élémentaires pour lesquelles les seuils de CD de publication sont moindres. Les index génomiques des caractères de production de jeunes bovins sont largement prépondérants compte tenu du nombre de taureaux publiés avec au moins une GEBV (cf. figure n°1).

Pour ce qui est des valeurs maternelles (AVel, ALait, MERPsev et IVMAT), ce sont environ un tiers de valeurs supplémentaires qui ont été publiées sous forme de GEBV. En conséquence, parmi les 7 index concernés, le nombre de valeurs supplémentaires publiées par taureau a été en moyenne de 2,5 en race Blonde d'Aquitaine jusqu'à près de 4 en race Limousine.

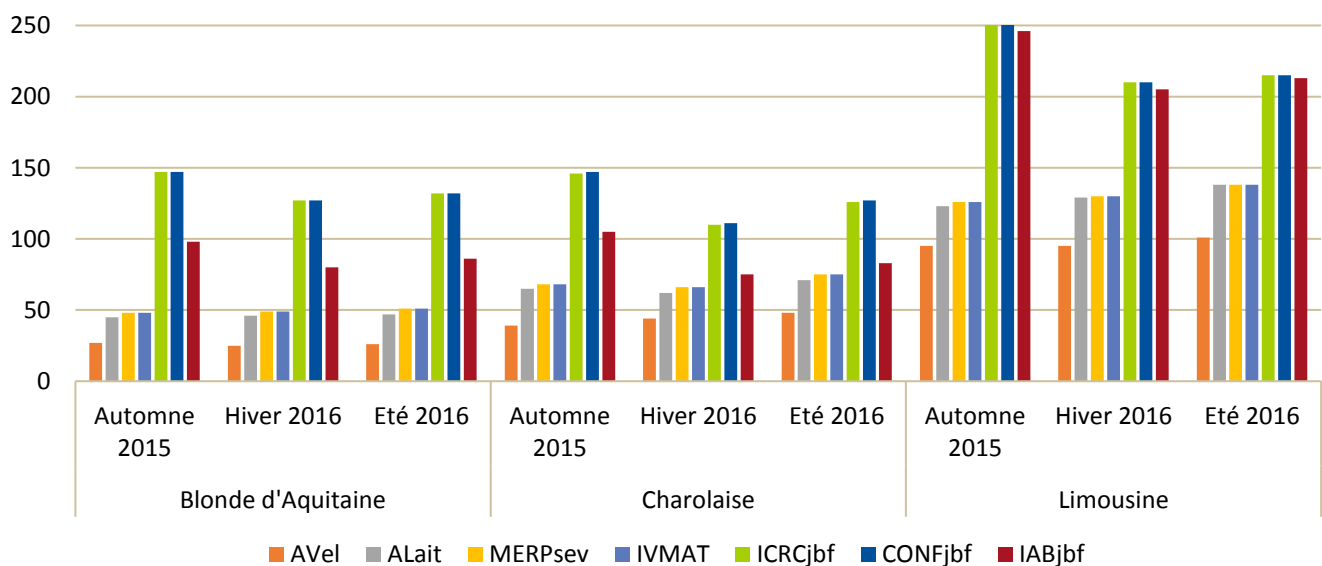
2017-2019 : déploiement complet des modalités de diffusion

L'année 2016 a été celle de la finalisation des règles de publication par les Organismes de Sélection (OS) et en parallèle pour le Système d'Information Génétique (SIG), celle des adaptations nécessaires pour un déploiement complet du dispositif de diffusion souhaité.

Forte augmentation de publication pour les mâles

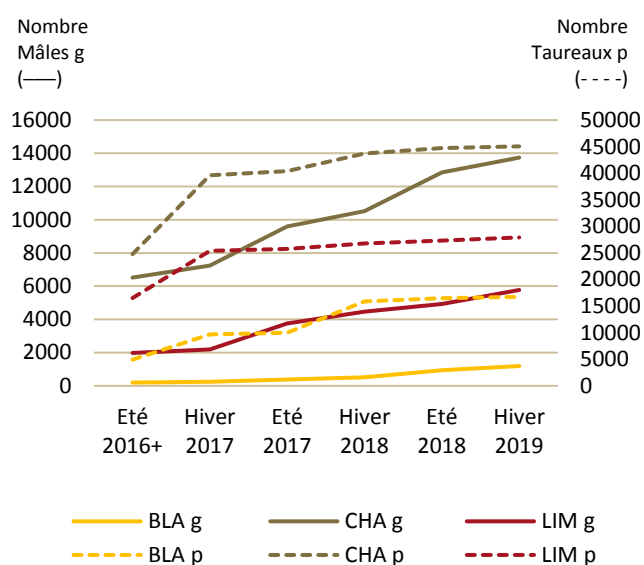
Néanmoins, dès la fin 2016, la définition des règles a permis, pour les mâles, une préfiguration de ce que donnerait une plus large publication au SIG, ceci à partir des indexations réalisées durant l'été 2016 (diffusion dénommée « Eté 2016+ » dans cet article), ceci *via* des valeurs toujours accessibles uniquement sur le site web. Enfin, c'est à compter de l'hiver suivant (début 2017) qu'ont été déployées de manière plus massive les modalités complètes de publication pour les mâles et les femelles. Sans revenir ici sur le détail des règles de publication, il faut au moins rappeler que depuis cette date, contrairement à la période précédente, la publication des index génomiques est prioritaire sur celle des index polygéniques (EBV), et ce sans doublon possible.

Figure n°2 : Nombre et identité des index nouvellement mis à disposition sur le site <http://idele.fr> en 2015 et 2016 pour les taureaux d'IA (cf. figure n°1 pour les effectifs de taureaux)



S'agissant des mâles, la **figure n°3** permet de constater l'augmentation du nombre de ceux publiés avec des GEBV sur les 6 dernières indexations au regard de l'évolution des taureaux publiés seulement sur EBV.

Figure n°3 : Evolution, par race, du nombre de mâles publiés avec des index génomiques (g, en trait plein) ou seulement des index polygénomiques (p, trait en pointillé) lors des 6 dernières évaluations



C'est en race Blonde d'Aquitaine que le taux de progression de publication sur GEBV est le plus fort sur cette période, avec 6 fois plus de mâles concernés (de 196 mi 2016 à 1 192 lors de la dernière indexation). Bien que dans le même temps le nombre de taureaux publiés sur EBV progresse, la part des mâles connus sur GEBV par rapport à l'ensemble de ceux avec index publiés a quasiment doublé pour atteindre désormais près de 7 % dans cette race.

En race Limousine, l'impact de la génomique est actuellement plus important qu'en Blonde d'Aquitaine. En effet, si la progression du nombre de mâles connus sur GEBV est deux fois moindre qu'en Blonde d'Aquitaine sur cette période, les effectifs ont néanmoins triplé et sont nettement supérieurs (de 1 981 mi 2016 à 5 771 lors de la dernière indexation). Dans le même temps, la part des taureaux connus sur GEBV par rapport à l'ensemble de ceux avec index publiés a doublé, elle est actuellement d'environ 17 %.

C'est en race Charolaise que l'impact de la diffusion de valeurs génomiques est le plus fort, puisque près d'un quart des mâles avec index publiés cet hiver (23,7 %) possèdent des GEBV. Néanmoins, c'est aussi dans cette race que la progression du nombre de mâles connus sur GEBV est la plus faible avec « seulement » un doublement entre mi 2016 et 2019 (de 6 518 à 13 742).

L'impact global du changement des seuils de publication des index (quelle que soit leur nature - GEBV ou EBV-) a été particulièrement significatif sur les mâles où l'on est globalement passé sur ces trois races d'environ 50 000 à 100 000 taureaux avec index publiés (Réf n°6). Dans le même temps la progression de la part des mâles avec GEBV a été plus forte que ceux avec seulement des EBV (x 2,3 vs x 1,9).

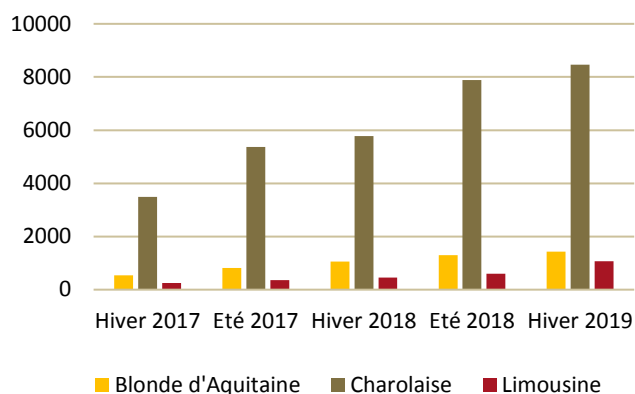
Sur les 5 dernières indexations le nombre moyen supplémentaire de mâles connus sur GEBV par rapport à l'indexation précédente est d'environ +2 700, dont 60 % en race Charolaise, 33 % en Limousine et 7 % en Blonde d'Aquitaine.

Usage encore anecdotique pour les femelles

Pour ce qui est des femelles, la situation est bien différente. La publication de GEBV les concernant reste relativement confidentielle par rapport à l'ensemble des publiées même si les effectifs ont plus que doublé en 2 ans (de 4 286 à 10 967). En effet, pour la publication de cet hiver 2019, ce total représente moins de 0,2 % des 7 millions de femelles avec index publiés dans ces 3 races (avec néanmoins un taux 4 fois supérieur en race Charolaise que Limousine). On note que la quasi-totalité des femelles avec index génomiques le sont avec des index exprimés en base raciale. Par ailleurs, on constate que jusque-là et de manière relativement constante sur les 5 dernières évaluations, près de 80 % des femelles concernées sont de race Charolaise (cf. figure n°4).

Sur les 5 dernières indexations, le nombre moyen supplémentaire de femelles connues sur GEBV par rapport à l'indexation précédente est d'environ +1 700, dont 75 % en race Charolaise, 13 % en Blonde d'Aquitaine et 12 % en race Limousine.

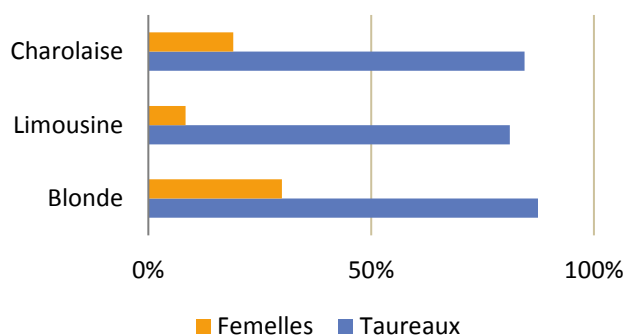
Figure n°4 : Évolution du nombre de femelles publiées au SIG avec des index génomiques (g)



Impact fort et croissant dans les BGTA

6 149 BGTA ont été produits pour des troupeaux français en contrôle des performances en système VA4 durant l'hiver 2019 (Réf n°7). Le développement du génotypage se traduit par un impact croissant de la diffusion d'informations génomiques dans ces troupeaux (cf. figure n°5). Ainsi, 84 % sont concernés pour les pères de veaux (+4 % depuis l'an passé) et 19 % pour les femelles (+25 % depuis 2018).

Figure n°5 : Proportion des BGTA VA4 de l'hiver 2019 où figurent des valeurs génomiques (femelles et taureaux)



Néanmoins, si l'on évoque l'impact en nombre de mâles et de femelles concernés à l'intérieur de ces BGTA, il est nettement moindre avec environ 16 % pour les taureaux (niveau équivalent entre races) et de seulement 1 % pour les femelles (de 0,3 % en race Limousine à 1,6 % en race Charolaise).

CARACTÉRISATION DES MÂLES PUBLIÉS

Les 20 705 mâles avec des GEBV publiés pour l'évaluation de l'hiver 2019 sont essentiellement des mâles assez jeunes bien que pour une part significative ils soient aussi pères de veaux. Outre les effectifs variables évoqués précédemment, il existe aussi des différences significatives entre les races sur ces critères d'âge et d'activité que nous allons illustrer à présent.

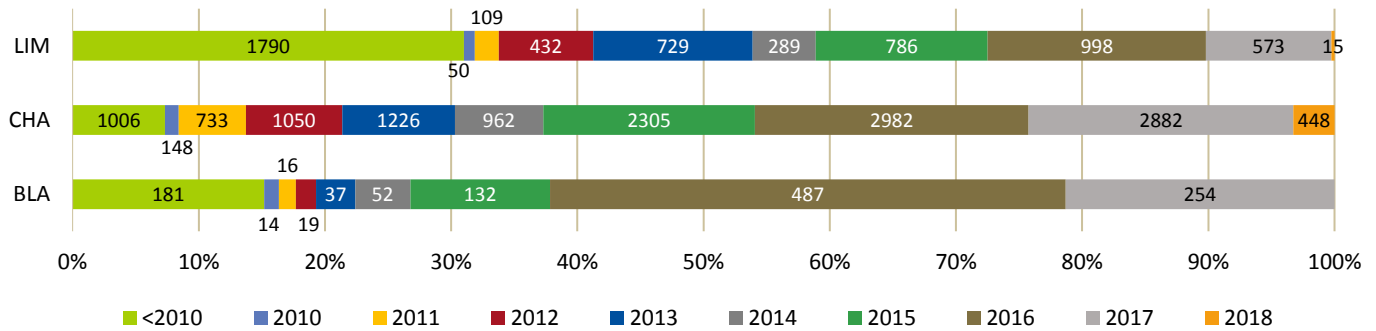
La publication de GEBV concerne majoritairement de jeunes mâles

La répartition des mâles avec index génomiques publiés par année de naissance (cf. figure n°6), illustre le fait qu'il s'agit d'une population globalement assez récente. Près de 60 % d'entre eux sont en effet nés depuis l'année 2015 et 80 % depuis 2012.

Il existe néanmoins des différences raciales assez sensibles. Les mâles de race Blonde d'Aquitaine sont les plus jeunes, puisque les ¾ sont nés depuis 2015, contre seulement 40 % de ceux de race Limousine. L'essentiel de cet écart s'explique par une collecte d'échantillons biologiques mise en place depuis longtemps en race Limousine qui a permis le génotypage d'un assez grand nombre de taureaux nés il y a une vingtaine d'années (1 400 avec GEBV publiés nés entre 1996 et 2005 ; un tiers des taureaux publiés avec GEBV en 2019 sont nés avant 2011). Les différences entre races s'expliquent aussi par la notion de différé racial d'âge de publication défini par l'OS : absent en race Charolaise, de 12 mois en Blonde d'Aquitaine et de 24 mois en race Limousine.

Par ailleurs et fort logiquement, les génotypages s'effectuant désormais en « routine », on constate qu'ils concernent désormais à une très large majorité de jeunes mâles. Ainsi, sur un total de 1 987 nouveaux mâles publiés sur GEBV entre les 2 dernières évaluations (de l'été 2018 à l'hiver 2019), 97 % concernent des mâles nés depuis 2016, un taux qui est comparable dans les différentes races.

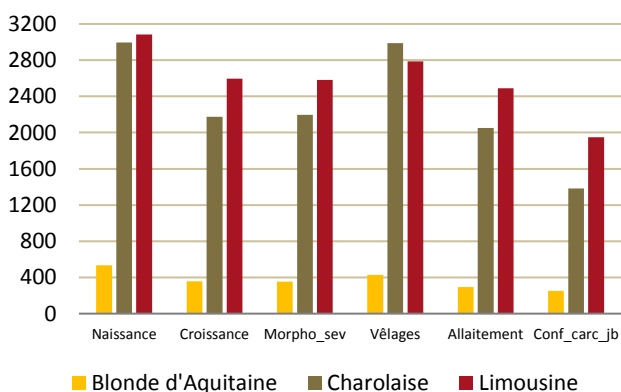
Figure n°6 : Répartition des mâles avec index génomiques publiés l'hiver 2019 par année de naissance et par race



Près du tiers des mâles avec GEBV sont aussi pères de veaux

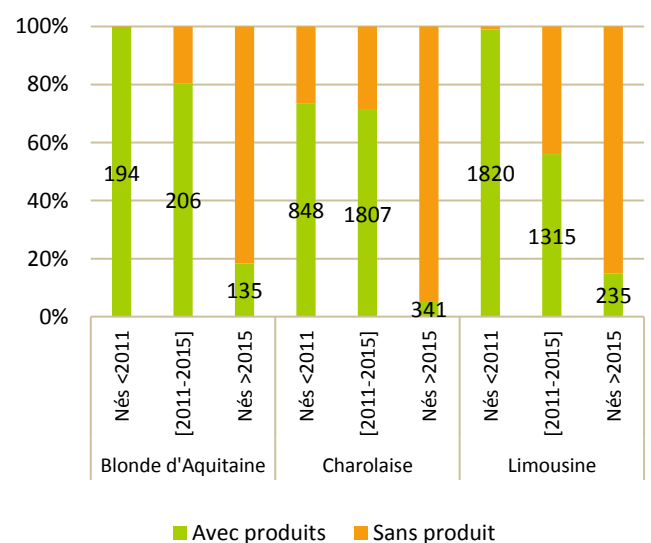
Parmi les mâles dont les index ont été publiés l'hiver 2019, la race Limousine est celle pour laquelle il y a le plus de GEBV incluant de l'information sur descendance, donc avec un phénotype le plus « informatif » pour la constitution de la Population de Référence (cf. figure n°7). Dans cette race, la part des GEBV avec informations polygéniques sur descendance est d'environ 50 % pour les caractères de la naissance à l'allaitement et 1/3 pour ABjbf. Ces ratios sont divisés par 3 en race Charolaise. La race Blonde d'Aquitaine dispose de ratios intermédiaires à ceux des 2 autres races. L'historique de génotypage et les conditions raciales de publication de GEBV évoquées précédemment expliquent la situation actuelle. Cependant, la dynamique de génotypages observée plus récemment en races Charolaise et Blonde d'Aquitaine pourrait faire évoluer ces résultats dans les prochaines années.

Figure n°7 : Nombre de taureaux avec GEBV et au moins un produit pris en compte pour chaque type de caractères indexés, par race - publication hiver 2019



Si on analyse un peu plus finement les mâles avec GEBV en fonction de leur activité (c'est-à-dire avec produit(s) pris en compte dans l'indexation ou pas), on peut regrouper ces animaux en 3 périodes distinctes. Tout d'abord les animaux anciens, nés avant 2011, animaux bien connus sur descendance qui contribuent fortement à la richesse des Populations de Référence. Les « jeunes », nés depuis 2016, candidats à la sélection, qui ne peuvent pas encore avoir produit ou commencent juste à le faire. Et enfin la catégorie intermédiaire (cf. figure n°8) où l'on retrouve une proportion plus (Blonde d'Aquitaine) ou moins (Limousine) grande de mâles connus sur descendance. Les effectifs de taureaux concernés pour chaque catégorie témoignent de la dynamique positive de ces dernières années en race Charolaise.

Figure n°8 : Répartition, par race, des mâles avec GEBV cet hiver suivant leur période de naissance et le fait qu'ils aient (nombre indiqué) ou pas des produits pris en compte dans l'évaluation



Les mâles avec GEBV ont plus d'index publiés que ceux avec seulement des EBV

Enfin, il est aussi intéressant de caractériser cette population suivant la connaissance que l'on a de leurs index (cf. figure n°9). Malgré la forte proportion de jeunes mâles évoquée précédemment, les mâles avec GEBV ont en moyenne un nombre d'index publiés supérieur aux taureaux avec des EBV, à l'exception de la synthèse IABjbf, où l'exigence de CD minimal de 0,50 limite logiquement les possibilités de publication. Les gains d'index sont les plus notables pour ICRCjbf et CONFjbf (de l'ordre de +50 % à +80 %), et de 10 % à 40 % pour les autres index. Les explications concernant la structure de chaque population raciale évoquées précédemment, justifient la plupart des différences que l'on constate entre races.

Les valeurs moyennes de CD des mâles avec GEBV sont plus faibles que ceux avec EBV

Les CD moyens des taureaux connus sur GEBV (cf. figure n°10), là aussi à l'exception d'IABjbf pour la même raison que précédemment, sont en moyenne inférieurs de -0,20 à ceux des taureaux connus seulement sur EBV. Cela signifie que, toute chose égale par ailleurs, les valeurs génomiques sont encore susceptibles de varier de manière significative. Il convient donc d'adapter le choix des taureaux à cette nouvelle situation, notamment en élargissant le panel des taureaux utilisés pour limiter les risques de trop grandes variations d'index avec l'arrivée de nouvelles performances. Ceci dit, comme cela a été démontré précédemment, ces taureaux sont connus plus précocement et ce sur une gamme de caractères plus vastes. Cela permet de disposer dès les premières utilisations des taureaux d'indications plus complètes sur leur potentiel génétique.

Figure n°9 : Taux de publication de chaque index pour les taureaux avec GEBV et écart en % par rapport aux taux pour les taureaux avec seulement des EBV, par race - hiver 2019

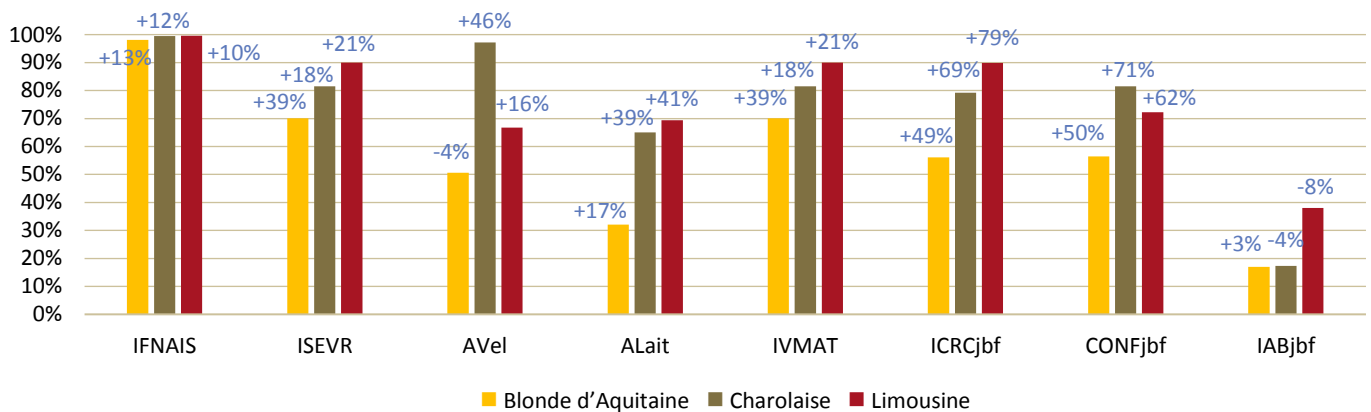
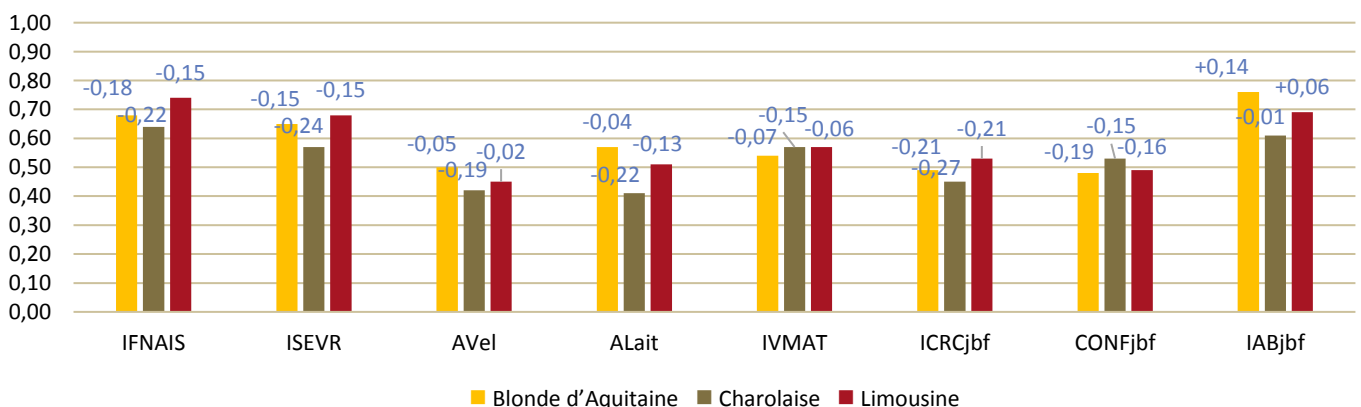


Figure n°10 : CD moyen de chaque index pour les taureaux publiés avec GEBV et écart moyen de CD par rapport aux taureaux avec seulement des EBV, par race - hiver 2019



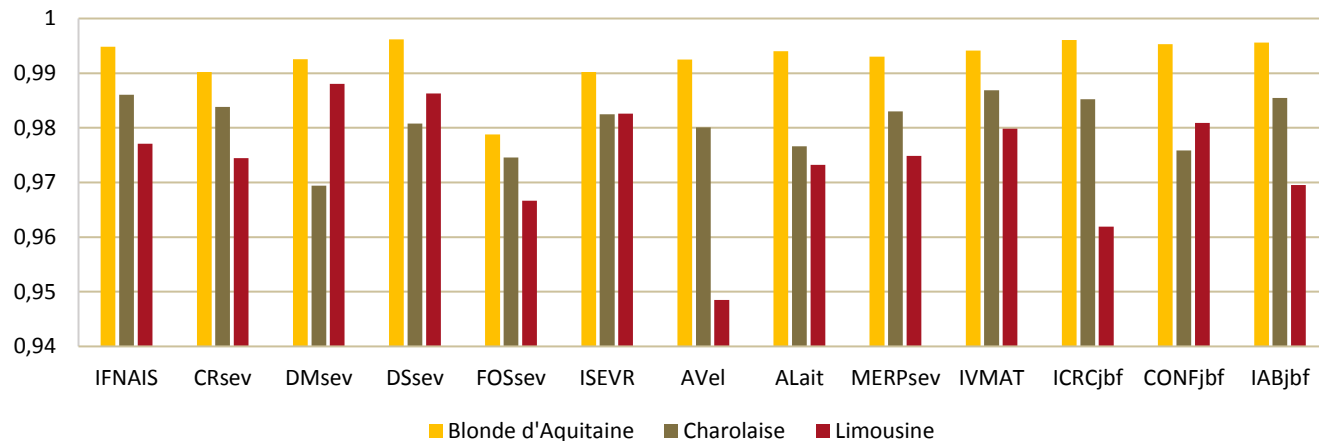
INTÉRÊT DES GEBV PAR RAPPORT AUX EBV

Nous avons mis en évidence précédemment la publication à un âge plus précoce des GEBV que ne le sont les EBV, ce qui permet, notamment pour les mâles, un tri plus tôt sur la base d'information génétiques directes qu'on ne pouvait le faire précédemment. Mais quels sont les éventuels autres intérêts que l'on peut constater des GEBV par rapport aux EBV ? Pour tenter de répondre à cette question, en utilisant seulement des données qui ont été publiées, nous nous sommes intéressés plus particulièrement aux index IBOVAL 2017_01 pour lesquels les valeurs polygéniques (en septembre au SIG [Eté 2016]) et génomiques (en décembre sur le site web Idele [Eté 2016+]) ont été toutes deux diffusées. Suivant les index, on dispose pour ce faire de 100 à 200 taureaux en race Blonde d'Aquitaine, 500 à 800 en race Charolaise et 700 à 1 700 en race Limousine.

Des différences de valeurs, pour une même indexation, y compris sur EBV publiables

Ce travail sur des index répondant déjà aux conditions de publication des EBV fait que les différences de précision entre EBV et GEBV sont nulles dans la plupart des cas. En revanche, même si les informations polygéniques utilisées pour le calcul des EBV et des GEBV sont identiques, on constate des écarts entre EBV et GEBV, qui se traduisent par des corrélations inférieures à l'unité entre les deux types d'index (cf. figure n°11). Cela s'explique par le fait que les informations génomiques renforcent la précision des résultats, et peuvent donc, dans certains cas, engendrer des variations. La population de référence Limousine étant celle pour laquelle les animaux disposent le plus de phénotypes, c'est aussi logiquement celle pour laquelle les informations génomiques ont le plus de poids, donc pour laquelle les GEBV ont le plus de chances de s'écarter des EBV.

Figure n°11 : Coefficients de corrélations entre les EBV et les GEBV calculés l'été 2016, par race



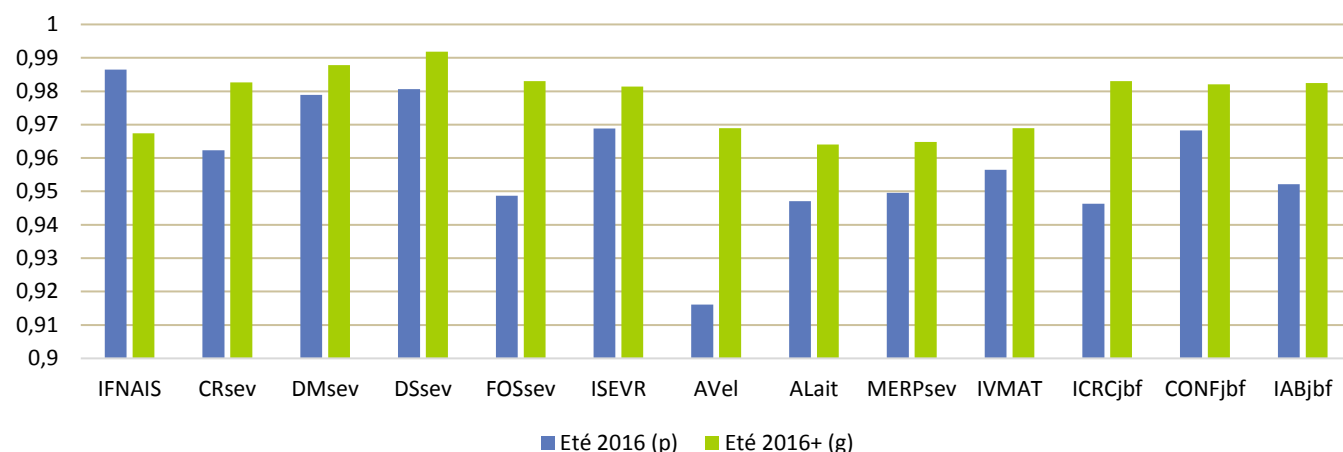
Les GEBV de l'été 2016 prédisaient mieux les index de 2019 que ne le faisaient les EBV de l'été 2016

Comme évoqué précédemment, durant le second semestre 2016 et seulement à ce moment-là, ont été rendus accessibles pour près de 9 000 taureaux au total, en cumulant les 3 races, des EBV et des GEBV pour les mêmes index. En prenant, près de 3 ans plus tard, les nouveaux index de ces mêmes taureaux comme étant leur valeur génétique la plus probable,

nous avons regardé s'il y avait des différences de prédiction entre les EBV ou GEBV de l'époque avec les index IBOVAL publiés cet hiver.

Il ressort de cette comparaison d'index que les valeurs GEBV de 2016 sont globalement plus proches des index publiés en 2019 que ne l'étaient les EBV de 2016. Une première approche, très globale entre toutes les valeurs disponibles, montre un lien logiquement très fort comme en témoigne l'exemple qui suit pour la race Limousine (cf. figure n°12).

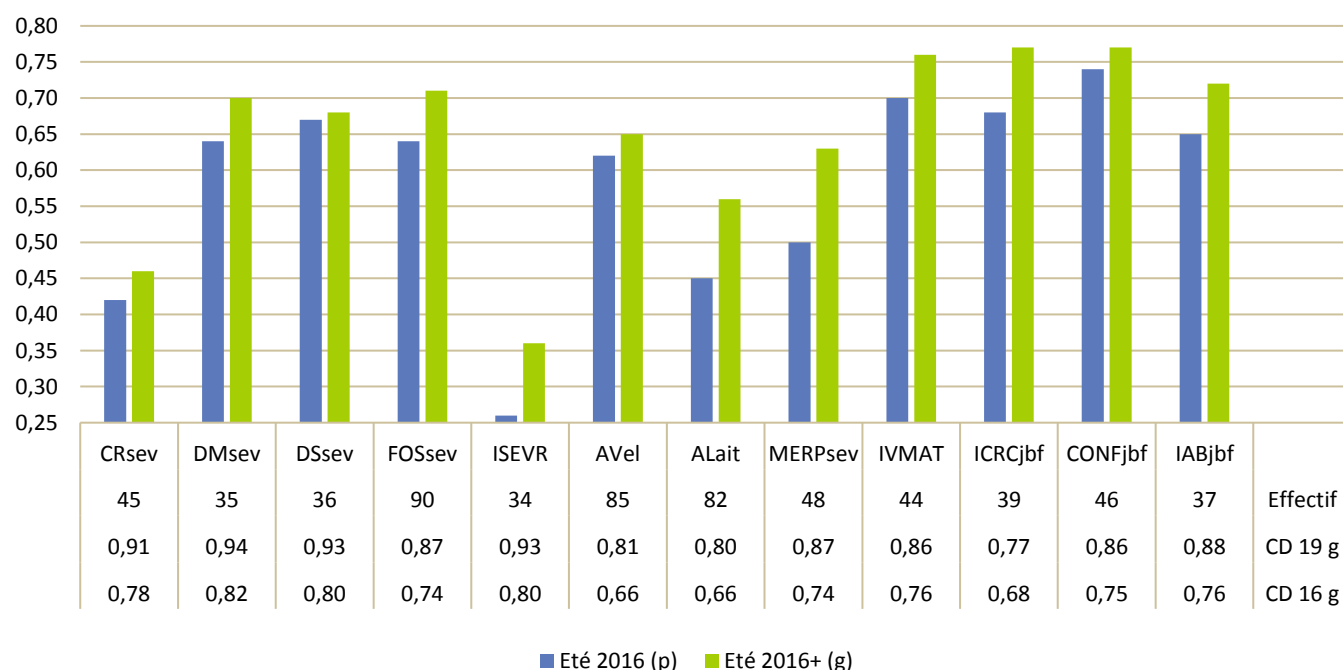
Figure n°12 : Coefficients de corrélations entre les EBV (p) et les GEBV (g) calculés l'été 2016 et les GEBV de l'hiver 2019, tous mâles confondus - race Limousine



Pour illustrer plus précisément cet aspect, nous avons essayé de trouver le meilleur compromis entre effectif de taureaux à comparer (30 minimum par index), gain de CD minimum (au moins 0,10) entre indexations de l'été 2016 et de l'hiver 2019, ceci afin de confronter les index de l'été 2016 (EBV=Eté 2016 et GEBV=Eté 2016+) avec les GEBV de l'hiver 2019. Pour ce faire, il est nécessaire de regrouper les mâles des 3 races.

Et même ainsi, on n'identifie pas suffisamment de taureaux sur l'index IFNAIS. C'est en revanche le cas pour tous les autres index (cf. figure n°13). Si les niveaux de corrélations sont fort logiquement tous plus faibles sur cet échantillon, on constate là aussi un lien plus étroit entre les index 2019 et les GEBV de 2016 qu'avec les EBV de la même indexation de 2016.

Figure n°13 : Coefficients de corrélations entre les EBV (p) et les GEBV (g) calculés l'été 2016 et les GEBV de l'hiver 2019, pour les mâles avec un CD de GEBV qui a progressé en moyenne d'au moins 0,10 entre l'été 2016 et l'hiver 2019 (effectifs de mâles concernés et valeurs moyenne de CD indiqués [« CD 19 g » pour GEBV de l'été 2016+ et « CD 16 g » pour les GEBV de l'été 2016] en abscisse



CONCLUSION

Ce premier bilan de 4 ans de publication d'index génomiques montre, après une première phase de primo-diffusion, la montée en puissance de la diffusion d'index génomiques ces deux dernières années, en particulier pour les mâles. On constate en moyenne la publication d'un plus grand nombre d'index à un âge plus jeune permettant un choix plus précoce des reproducteurs sur informations génétiques. Choix également plus fiable dans la mesure où il a pu être montré, même en ne considérant que des taureaux avec index publiés, que les index IBOVAL génomiques de 2016 prédisaient mieux les index de 2019 que ne le faisaient les valeurs uniquement polygéniques de la même indexation initiale.

Ces premiers résultats, favorables aux index génomiques, devraient pouvoir s'amplifier dans un avenir proche, ne serait-ce que par le développement significatif des populations de référence en cours.

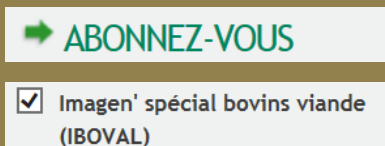
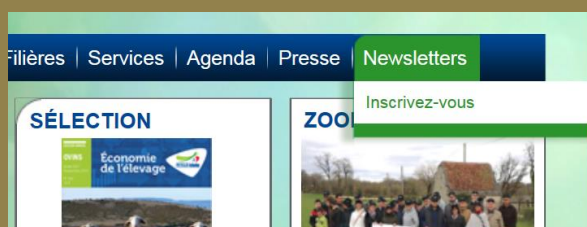
RÉFÉRENCES

1. [INRA-GABI – 2015, article web : GeMBAL, la sélection génomique pour tous les bovins](#)
2. [Accès au dossier web « la génomique des races bovines à viande » composé de différents articles](#)
2. [France Génétique Elevage – La génomique en bovins viande – Pour une sélection plus efficace des reproducteurs, décembre 2015, 17 pages](#)
3. [Institut de l'Élevage – INRA, 2017, note IBOVAL n°77, Refonte des règles de diffusion des index polygéniques IBOVAL, janvier 2017, 6 pages](#)
4. [Institut de l'Élevage – INRA, 2017, note IBOVAL n°78, IBOVAL 2017 : Première large diffusion des index génomiques, mars 2017, 7 pages](#)
5. [Institut de l'Élevage – GenEval, 2019, note IBOVAL n°85, Bilan des évaluations IBOVAL 2019_02, mars 2019, 7 pages](#)
6. [Institut de l'Élevage – GenEval, 2019, note IBOVAL n°86, Bilan de la production des BGTA de l'hiver 2019, avril 2019, 6 pages](#)

Tous nos remerciements à Auriane Guénant, stagiaire Idele de 2nde année de l'école d'ingénieur de VetAgroSup de Clermont-Ferrand en 2019, qui a contribué cet hiver à la réalisation de la synthèse qui vous est présentée ici.

Pour être tenu régulièrement informé(e) sur la génétique des bovins allaitants, abonnez-vous à l'infolettre Imagen'actu spécial bovins viande !

Pour vous abonner : rendez-vous sur <http://idele.fr>



Rédaction : Philippe Boulesteix (Institut de l'Élevage), GenEval

Note Iboval n° 87 – Juin 2019 - Référence idele : 0019 202 010 – Crédit photos : France Blonde d'Aquitaine Sélection, Idele

Document édité par l'Institut de l'Élevage - 149, rue de Bercy – 75595 Paris cedex 12