

Caractérisation du lait de deux races locales de vaches : la Bretonne Pie Noir et la Froment du Léon

Catherine HURTAUD¹, Rim CHAABOUNI², Rémi RESMOND¹, Guy MIRANDA³, Benoît GRAULET⁴, Clémence MORINIÈRE²

¹PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint-Gilles, France

²Fédération des races de Bretagne, GIE Élevages de Bretagne, 35000, Rennes, France

³Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, 78350, Jouy-en-Josas, France

⁴Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122, Saint-Genès-Champanelle, France

Courriel : catherine.hurtaud@inrae.fr

■ Moutons des landes de Bretagne, vaches Bretonne Pie Noir, vaches Nantaises, chèvres des Fossés, porcs blancs de l'Ouest, moutons d'Ouessant, etc. Depuis plusieurs siècles, de nombreuses races animales existent en Bretagne. Elles ont bien failli disparaître avec l'intensification de l'élevage. Deux races de vaches laitières, Bretonne Pie Noir et Froment du Léon, connaissent un regain d'intérêt de la part des éleveurs et des restaurateurs en recherche de conduites alternatives.

Introduction

Les races locales d'élevage représentent pour l'élevage de demain une ressource unique tant sur le plan génétique, qu'environnemental (Verrier *et al.*, 2015). Ces races adaptées à leur milieu de vie traditionnel valorisant les ressources locales parfois peu abondantes correspondent à de nouveaux systèmes agricoles basés sur peu d'intrants et répondent à des défis tels que le changement de demande du consommateur vers plus de produits locaux ou encore la valorisation des paysages. Selon Philippe Chemineau (2020), président de la World Association for Animal Production (WAAP), la meilleure façon de préserver ces races locales est de les maintenir dans leur environnement initial, là où elles ont été sélectionnées et élevées pendant des millénaires. La préservation de ces races locales est primordiale pour la diversité génétique et devrait être soutenue financièrement

par les industriels qui profitent de cette biodiversité génétique.

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à deux races locales de vaches laitières, la Bretonne Pie Noir et la Froment du Léon (encadré). Le berceau de la Bretonne Pie Noir est le sud-Finistère et le Morbihan. En 1900, 700 000 vaches de cette race ont été recensées. Puis leur nombre a progressivement diminué et elles auraient complètement disparu sans le lancement du programme de sauvegarde de la race en 1976. Depuis 1999, le syndicat des éleveurs de Bretonne Pie Noir a adopté un programme de relance et de valorisation de la race et a pu faire de cette vache l'égérie du Salon de l'Agriculture en 2017. Au début de l'année 2020, il y avait 3 100 femelles Bretonne Pie Noir réparties dans environ 450 fermes dont 70 professionnelles. Quant à la Froment du Léon, son berceau se situe entre Paimpol et Saint-Brieuc. En

1907, 35 000 vaches Froment du Léon ont été recensées. Puis leur nombre a diminué très fortement jusqu'en 1978, date à laquelle ne subsistaient qu'une quarantaine de vaches et quatre taureaux. En 1980, un code race a été créé pour la vache Froment du Léon. Au début de l'année 2020, il y avait 517 femelles Froment du Léon réparties dans environ une centaine de fermes dont 12 professionnelles. Ces races, moins productives, sont valorisées aux dires d'une typicité de produits encore peu connue et reconnue. Elles offrent donc des perspectives attrayantes dans un contexte de relocalisation d'une alimentation de qualité et d'une agriculture appliquant les principes de l'agroécologie. Les exploitations qui utilisent ces races locales sont de dimension petite à moyenne, majoritairement en Agriculture Biologique, orientées vers la transformation et les circuits courts qui permettent la valorisation locale de produits et d'autres

Encadré 1. Caractéristiques des vaches Bretonne Pie Noir et Froment du Léon.

La Bretonne Pie Noir mesure 1,17 m au garrot (plus petite race bovine française) et a un poids vif moyen de 350–450 kg. Elle a une robe pie noir. Elle produit 2 231 kg de lait/lactation avec un taux butyreux de 43,6 g/kg et un taux protéique de 32,6 g/kg (résultats du Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage, 2020). Le berceau de cette race est le Sud Finistère et le Morbihan.

C'est une vache qui vêle facilement, qui est fertile (IA/IAF = 1,3), qui a de bonnes capacités maternelles et une bonne longévité. Elle est rustique : qualité et solidité des aplombs, résistance aux maladies, adaptation aux conditions difficiles et aux amplitudes thermiques. Elle s'adapte très bien aux ressources alimentaires disponibles et valorise bien des fourrages grossiers.

<https://www.races-de-bretagne.fr/decouvrez-les-races/vache-bretonne-pie-noir/>



La Froment du Léon mesure jusqu'à 1,40 m environ au garrot et a un poids vif moyen de 500 kg environ. Elle a une robe zain froment, clair ou foncé et parfois pie et des cornes en croissant relevé. Elle produit 2 453 kg de lait/lactation avec un taux butyreux de 44,0 g/kg et un taux protéique de 32,6 g/kg (résultats du Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage, 2020). Sa période de lactation est assez courte (228 jours).

Le berceau de cette race est la région comprise entre Paimpol et Saint-Brieuc dans les Côtes d'Armor. Cette vache a une fertilité correcte (IA/IAF = 1,6), mais il y a beaucoup de variabilité entre élevages. Elle a une bonne longévité.

C'est une vache très douce et docile, appelée « vache à madame » ou « vache des châteaux » car particulièrement appréciée des châtelains autrefois. Elle est rustique et très bien adaptée au plein air.

<https://www.races-de-bretagne.fr/decouvrez-les-races/vache-froment-du-leon/>

activités spécifiques (Couix *et al.*, 2016). Certains éleveurs cherchent ainsi à développer un élevage alternatif basé sur ces races adaptées au climat et aux ressources locales, gages de rusticité et de facilités d'élevage qui permettent des systèmes herbagers très économes, à forte valeur ajoutée et respectueux de l'environnement.

En Bretagne, l'intérêt pour les systèmes d'élevages alternatifs, motivé par un contexte très critique envers le modèle économique et les impacts environnementaux de l'élevage, est une réalité perceptible. En effet, dans une région réputée pour ses pratiques d'élevage intensives, le contexte actuel amène à se pencher sur des modèles plus économes en ressources et davantage soucieux du milieu naturel. Ainsi, la Région Bretagne a fait de l'Agriculture Écologiquement Performante (AEP) un projet phare de son plan d'Avenir. La Fédération des Races de Bretagne, créée en 2011, fédère dix associations de races locales bretonnes à faibles effectifs. Depuis 2013, elle anime des actions de promotion, de maintien du patrimoine génétique et de valorisation

des animaux d'élevage appartenant aux races bretonnes. Si les 40 dernières années ont permis la sauvegarde du capital génétique de ces races, l'heure est à leur valorisation par la production, facteur essentiel de leur pérennisation et contribuant également au développement économique des territoires. Les connaissances techniques sur la production laitière de ces races font cependant défaut. Concernant la caractérisation des laits de vaches de ces races locales, seule une étude sur la composition des globules gras en Froment du Léon a été réalisée (Couvreur, 2006). Aujourd'hui, les éleveurs comme les restaurateurs se posent la question de la qualité des produits laitiers issus de ces races de vaches. Si elle est empiriquement reconnue, elle n'a jamais été précisément décrite. Les éleveurs s'interrogent sur les qualités intrinsèques de ces laits (fromageabilité, crémeux du lait...), sur leurs qualités organoleptiques, et de façon plus générale, sur la notion de qualité globale des produits, qui inclut les pratiques de production. L'objectif de l'étude financée par la région Bretagne et la Fondation de France et rapportée dans cet article était donc de mieux connaître les qualités

du lait des races locales de vaches, Bretonne Pie Noir et Froment du Léon dans toutes leurs composantes : qualités intrinsèques mais aussi nutritionnelles et technologiques.

1. Démarche de l'étude

■ 1.1. Les fermes laitières

En concertation avec les éleveurs de la Fédération des Races de Bretagne, 10 exploitations ont été choisies dans les Côtes d'Armor, le Finistère, le Morbihan, l'Ille et Vilaine et la Loire Atlantique : 6 pour la Bretonne Pie Noir et 4 pour la Froment du Léon (tableau 1 et figure 1). Les effectifs de vaches en lactation varient de 2 à 3 vaches pour les plus petites à 35 pour la plus importante. La plupart de ces exploitations sont conduites selon les principes de l'Agriculture Biologique et transforment tout ou partie de leur lait (beurre, yaourts, Gwell®...). Les systèmes de traite varient en fonction de la taille de l'exploitation : pots trayeurs pour les plus petites, système de transfert pour les moyennes et salle de traite pour les plus grandes (tableau 1). Quatre exploitations (2 de chaque race) pratiquent la monotraite (tableau 1). L'alimentation des vaches est basée sur le pâturage durant une grande partie de l'année (7 à 9 mois, voire plus) et se compose en période hivernale, d'herbe conservée sous diverses formes avec peu d'apport de concentré (80 g à 1,8 kg/j) et de minéraux (tableau 2).

■ 1.2. Les prélèvements

Trois prélèvements de lait par exploitation associés à une enquête alimentaire ont été réalisés en avril, juillet et novembre 2017. Ces périodes de collecte étaient en lien avec l'alimentation du moment (tableau 2) : printemps (fin avril) caractérisé par le foin et le pâturage, été (juillet) caractérisé également par le pâturage associé à d'éventuels apports de fourrages complémentaires en cas de sécheresse, et la fin de l'automne (novembre) caractérisée par l'apport de fourrages conservés. Lors de chaque visite, deux litres de lait étaient prélevés dans le tank et transférés au laboratoire de l'UMR PEGASE à INRAE

Tableau 1. Caractéristiques des exploitations.

| Communes des exploitations | Département | Type de traite | Nombre de traites/j | Nombre de vaches traites | | |
|----------------------------|-------------|-------------------|---------------------|--------------------------|---------|----------|
| | | | | Avril | Juillet | Novembre |
| Bretonne Pie Noir | | | | | | |
| Donges | 44 | Transfert | 1 | 17 | 15 | 15 |
| Plouguernevel | 22 | Salle de traite | 2 | 9 | 9 | 11 |
| Ile d'Arz | 56 | Chariot de traite | 2 | 15 | 18 | 18 |
| Plesse | 44 | Salle de traite | 2 | 32 | 35 | 35 |
| Plouharnel | 56 | Bidon | 2 | 4 | 5 | 5 |
| Quemeneven | 29 | Transfert | 1 | 6 | 8 | 8 |
| Froment du Léon | | | | | | |
| Pacé | 35 | Salle de traite | 2 | 29 | 27 | 20 |
| Ploubezre | 22 | Salle de traite | 2 | 12 | 12 | 13 |
| Pont de Buis | 29 | Transfert | 1 | 4 | 5 | 2 |
| Mellionnec | 22 | Bidon | 1 | 3 | 3 | 2 |

de Saint-Gilles qui a réalisé la majeure partie des analyses. Les analyses de couleur ont été effectuées à l'UMR Herbivores à INRAE de Theix et les analyses des variants des protéines ont été effectuées à l'UMR GABI à INRAE de Jouy-en-Josas.

■ 1.3. Les analyses de laits

a. Protéines

Les différentes fractions protéiques du lait (matières azotées totales, azote non protéique, azote non caséinique) ont été mesurées selon la méthode Kjeldahl. Les variants des caséines et des protéines solubles ont été analysés en LC-MS (chromatographie en phase liquide et spectrométrie de masse). Le diamètre des micelles de caséines a été mesuré par diffusion de la lumière laser (Mastersizer 3000).

b. Matières grasses

La teneur en matières grasses a été estimée par spectrométrie dans le moyen infrarouge (MIR) (Foss Electric) par MyLab (Châteaugiron, France).

Les acides gras du lait ont été déterminés par chromatographie en phase gazeuse (Bauchart et Duboisset, 1983). Le diamètre des globules ($d_{3,2}$ et $d_{4,3}$) a été mesuré par diffusion de la lumière laser (Mastersizer 3000). Le $d_{3,2}$ est plus sensible à des variations de répartition au niveau des petits globules gras et des modifications du $d_{3,2}$ indiquent des changements de répartition de la population de globules gras surtout au niveau des petits diamètres. Au contraire, le $d_{4,3}$ est plus sensible à des variations de répartition au niveau des gros globules gras. Ainsi, des modifications du $d_{4,3}$ indiquent des changements de répartition de la population de globules gras surtout au niveau des gros diamètres.

c. Minéraux

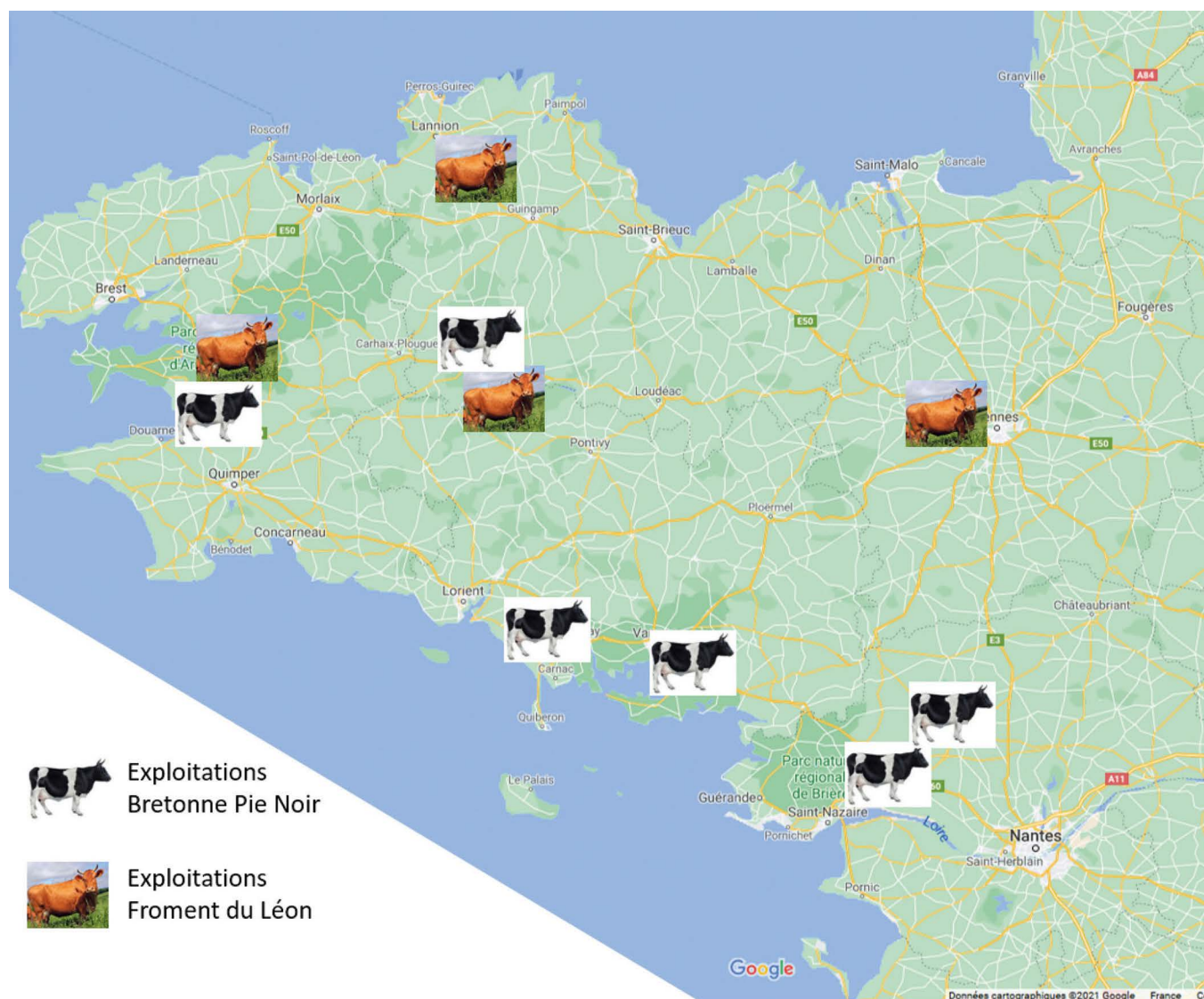
Le calcium total du lait et le calcium soluble de l'ultrafiltrat ont été mesurés par spectrométrie d'absorption atomique. Le phosphore total du lait et le phosphore soluble de l'ultrafiltrat ainsi que le citrate ont été dosés par spectrophotométrie.

d. Propriétés physiques du lait

Le rendement fromager de laboratoire a été mesuré par centrifugation d'un caillé résultant de la coagulation du lait avec de la présure ou des ferments lactiques. Ces rendements ont été estimés en frais et en Matière Sèche (MS). La stabilité thermique du lait a été mesurée par le test de Ramsdell.

Le point de congélation ou FPD (Freezing Point Depression) a été mesuré par MIR. La couleur du lait a été caractérisée dans le système CIELAB à l'aide du spectrophotomètre Minolta CM-2600d qui fournissait un spectre d'absorbance dans le visible et 3 paramètres : L^* , relatif à la luminosité et allant de 0 (couleur noire) à 100 pour une réflexion totale (couleur blanche), a^* correspondant à l'axe allant du vert (négatif) au rouge (positif) et b^* correspondant à l'axe allant du bleu (négatif) au jaune (positif). Un indice de couleur jaune a également été mesuré par intégration mathématique de la réponse

Figure 1. Localisation des exploitations en Bretagne (source de la carte Google maps).



spectrale obtenue pour chaque lait entre 450 et 530 nm. Plus cet indice est élevé, plus le lait est jaune.

1.3. Les analyses statistiques

Les effets de la race et du mois de prélèvement ont été analysés par analyse de variance (proc GLM de SAS) selon le modèle statistique suivant :

$$Y_{ij} = \mu + \text{Race}_i + \text{Mois}_j + \text{Race}_i * \text{Mois}_j + e_{ij}$$

dans lequel μ est la moyenne, Race_i l'effet « race » (Bretonne Pie Noir ou Froment du Léon), Mois_j l'effet « mois de prélèvement » (avril, juillet ou novembre), $\text{Race}_i * \text{Mois}_j$ l'interaction entre la race et le mois de prélèvement, et e_{ij} l'erreur résiduelle.

2. Les caractéristiques du lait des races locales bretonnes

Il s'agit des caractéristiques moyennes des laits issus des tanks des 6 exploitations laitières enquêtées de race Bretonne Pie Noir d'une part et des 4 de race Froment du Léon d'autre part, non pondérées pour la taille des exploitations. Les caractéristiques des laits de ces vaches de races locales ont été comparées à celles connues pour les vaches des trois races les plus représentées en France (Holstein, Montbéliarde et Normande) et à celles des laits de vaches de race Jersiaise (tableau 8 pour les principales caractéristiques des laits et tableau 9 pour les variants génétiques des protéines, ces deux tableaux

étant présentés avant la conclusion de cet article).

Les vaches Froment du Léon ont eu tendance à produire plus de lait que les vaches Bretonne Pie Noir (+ 3,7 kg) à un stade de lactation moyen peu différent (183 vs 169 j). Le rang de lactation était de 3,4 pour la Bretonne Pie Noir et de 2,7 pour la Froment du Léon (tableau 3). La différence de production laitière est en accord avec les caractéristiques des races (cf. encadré), mais l'écart entre races est plus important que celui reporté par le Contrôle laitier en 2019 (+ 1,7 kg) (Institut de l'Élevage, 2020), probablement en raison de la disparité des exploitations et de leur faible nombre (6 vs 176 pour la Bretonne Pie Noir et 4 vs 76 pour la Froment du Léon) (tableau 1). Ces races

Tableau 2. Alimentation des vaches laitières au moment des prélèvements de lait.

| Communes des exploitations | Mois | Fourrage principal | Fourrage secondaire | Concentré | Minéraux |
|----------------------------|----------|---------------------------|---------------------|---|----------|
| Bretonne Pie Noir | | | | | |
| Donges | Avril | Foin | Pâturage | / | / |
| | Juillet | Foin, bouchons de luzerne | Pâturage | Triticale, féverole, pois, avoine | Oui |
| | Novembre | Foin | Pâturage | Épeautre, triticale, féverole, pois, avoine | Oui |
| Plouguernevel | Avril | Foin | Pâturage | / | / |
| | Juillet | Pâturage | / | / | Oui |
| | Novembre | Pâturage | / | / | Oui |
| Ile d'Arz | Avril | Pâturage | / | / | / |
| | Juillet | Pâturage | / | Bovi production UFAB | / |
| | Novembre | Foin | Pâturage | / | / |
| Plesse | Avril | Pâturage | / | / | / |
| | Juillet | Pâturage | / | Céréales | / |
| | Novembre | Foin | Pâturage | / | / |
| Plouharnel | Avril | Foin | Pâturage | / | / |
| | Juillet | Luzerne | Pâturage | / | / |
| | Novembre | Foin | Pâturage | Betteraves | / |
| Quemeneven | Avril | Foin | Pâturage | Avoine, pois, féverole | Oui |
| | Juillet | Foin | Pâturage | Blé aplati | / |
| | Novembre | Foin | Pâturage | Orge, pois, féverole | / |
| Froment du Léon | | | | | |
| Pacé | Avril | Pâturage | Ensilage de maïs | Tourteau de colza | Oui |
| | Juillet | Pâturage | Ensilage de maïs | Tourteau de colza | Oui |
| | Novembre | Ensilage de maïs | Foin | Tourteau de colza | Oui |
| Ploubezre | Avril | Foin | Pâturage | / | Oui |
| | Juillet | Pâturage | / | / | Oui |
| | Novembre | Foin | Pâturage | / | Oui |
| Pont de Buis | Avril | Pâturage | / | / | / |
| | Juillet | Pâturage | / | / | / |
| | Novembre | Foin | Pâturage | / | / |
| Mellionnec | Avril | Foin | Pâturage | Orge | / |
| | Juillet | Pâturage | / | Lupin, pois, avoine, triticale | / |
| | Novembre | Foin | Pâturage | Lupin, pois, avoine, triticale | / |

Tableau 3. Effet de la race des vaches laitières et du mois de prélèvements sur le rang et le stade de lactation, sur la production du lait et les cellules.

| | Bretonne Pie Noir | | | | Froment du Léon | | | | ETR | Effet ² | | |
|---------------------------------|-------------------|-------|---------|------|-------------------|-------|---------|------|-------|--------------------|------|-------------|
| | Moy. ¹ | Avril | Juillet | Nov. | Moy. ¹ | Avril | Juillet | Nov. | | Race | Mois | Race × mois |
| Nombre de vaches traites | 14,8 | 13,8 | 15,7 | 15,0 | 11,4 | 12,2 | 12,5 | 9,5 | 10,81 | NS | NS | NS |
| Rang de lactation | 3,4 | 3,7 | 3,4 | 3,2 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | 2,5 | 0,96 | * | NS | NS |
| Stade de lactation, j | 169 | 88 | 171 | 248 | 183 | 109 | 167 | 273 | 45,7 | NS | *** | NS |
| Lait, kg/j prélèvement | 7,8 | 10,1 | 6,9 | 6,4 | 11,5 | 12,0 | 10,6 | 12,0 | 4,66 | T | NS | NS |
| Cellules, × 10 ³ /mL | 334 | 192 | 323 | 485 | 494 | 52 | 689 | 742 | 437,1 | NS | T | NS |

¹Moy. = moyenne pour la race

²Seuils de signification : > 0,1 = NS ; < 0,1 = T ; < 0,05 = * ; < 0,01 = ** ; < 0,001 = ***

de vaches produisent beaucoup moins de lait que les principales races bovines françaises et surtout leur durée de lactation est plus courte (environ 230 j vs en moyenne 328 j pour les races Holstein, Montbéliarde, Normande et Jersiaise) (tableau 8).

■ 2.1. Les protéines

En moyenne sur les trois périodes de prélèvement, le lait de Bretonne Pie Noir contient 35,5 g/kg de matières azotées totales dont 34,0 g/kg de protéines et 1,50 g/kg d'azote non protéique (principalement de l'urée) (tableau 4). Ces protéines sont composées de 28,4 g/kg de caséines et de 5,63 g/kg de protéines solubles, soit un ratio caséines/protéines de 83,5 %. Le lait de Froment du Léon contient 35,2 g/kg de matières azotées totales dont 33,6 g/kg de protéines et 1,58 g/kg d'azote non protéique (principalement de l'urée). Ces protéines sont composées de 26,3 g/kg de caséines et de 7,28 g/kg de protéines solubles, soit un ratio caséines/protéines de 78,3 %. Les laits de Bretonne Pie Noir et de Froment du Léon sont plus riches en protéines que les laits de Holstein, Montbéliarde ou Normande, mais moins riches que le lait de vache Jersiaise (résultats du Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage, 2020). Le ratio caséines/protéines est plus faible chez la Froment du Léon probablement parce que le variant B de la

β -lactoglobuline est moins présent et peut-être également aussi parce que le lait contient plus de cellules somatiques (Coulon *et al.*, 1998).

Dans le lait de Bretonne Pie Noir, les caséines sont constituées de 12,9 % de κ -caséines (variant B majoritaire), de 9,9 % de α_{S_2} -caséine A, de 35,3 % de α_{S_1} -caséine B et de 41,8 % de β -caséine (répartition presque équivalente entre variant A₁ et A₂). Quant aux protéines solubles, elles sont constituées de 24,3 % d' α -lactalbumine B et de 75,7 % de β -lactoglobuline (majoritairement le variant B).

Les caséines du lait des vaches Froment du Léon sont constituées de 13,7 % de κ -caséines (répartition presque équivalente entre variant A et B), de 10,8 % de α_{S_2} -caséine A, de 35,4 % α_{S_1} -caséine (variant B majoritaire) et de 40,0 % de β -caséine (variant A₂ majoritaire). À noter pour la β -caséine, la présence de variants plus rares tels que les variants F, G ou I (ce dernier n'étant présent que dans une exploitation à Ploubezre). Quant aux protéines solubles, elles sont constituées de 17,5 % d' α -lactalbumine B et de 82,5 % de β -lactoglobuline (un peu moins de variant B par rapport au variant A).

Le lait de Bretonne Pie Noir contient uniquement le variant B de la caséine α_{S_1} ce qui le distingue des laits des grandes races françaises qui

contiennent les variants B, C et D de cette caséine (tableau 9). Le lait de Froment du Léon contient également le variant C de cette caséine. Comme les laits de vache Normande et de Holstein, les laits de Bretonne Pie Noir et de Froment du Léon ne contiennent que le variant A de la caséine α_{S_2} . Concernant les variants de la caséine β , on retrouve les variants A₁ et A₂ dans le lait de Bretonne Pie Noir, mais pas de variants B et I, ce qui rapproche cette race de la Holstein chez qui les variants B et I sont assez faiblement présents (respectivement 2,1 et 8,4 % des caséines β). Le lait de Froment du Léon serait assez proche des laits des vaches Jersiaise pour la caséine β , mais demeure unique grâce à la présence de variants rares comme les variants F ou G. Le variant A₂ de la caséine β serait associé à moins d'incidence de maladies cardio-vasculaires et de diabète de type 1 mais à une moins bonne aptitude fromagère que le variant A₁ (Massella *et al.*, 2017). Le variant B est associé à une augmentation de la teneur en caséines présentes sous forme de plus petites micelles ce qui lui confère une meilleure aptitude fromagère (Massella *et al.*, 2017). Pour la caséine κ , la Bretonne Pie Noir se rapproche des races Montbéliarde, Normande et Jersiaise (variant B dominant) et la Froment du Léon est intermédiaire. Le variant B de la caséine κ est associé une meilleure aptitude fromagère (Verdier-Metz *et al.*, 2000). Pour la

Tableau 4. Effet de la race des vaches laitières et du mois de prélèvements sur la composition moyenne des laits en matières azotées, sur le diamètre moyen des caséines, sur les différents variants des caséines et des protéines solubles et sur les cellules des laits.

| | Bretonne Pie Noir | | | | Froment du Léon | | | | ETR | Effet ⁶ | | |
|--|-------------------|------|-------|------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|-------|--------------------|------|-------------|
| | Moy. ¹ | Avr. | Juil. | Nov. | Moy. ¹ | Avr. | Juil. | Nov. | | Race | Mois | Race × mois |
| Matières azotées totales, g/kg | 35,5 | 32,9 | 35,5 | 38,1 | 35,2 | 34,9 | 35,9 | 34,7 | 3,35 | NS | NS | NS |
| Matières azotées non caséiniques, g/kg | 7,14 | 6,34 | 6,31 | 8,76 | 8,86 | 8,53 | 8,72 | 9,34 | 1,434 | ** | * | NS |
| Matières azotées non protéiques, g/kg | 1,50 | 1,30 | 1,59 | 1,62 | 1,58 | 1,33 | 1,71 | 1,71 | 0,332 | NS | T | NS |
| Protéines, g/kg | 34,0 | 31,6 | 33,9 | 36,5 | 33,6 | 33,6 | 34,2 | 33,0 | 3,33 | NS | NS | NS |
| Protéines solubles, g/kg | 5,63 | 5,04 | 4,72 | 7,14 | 7,28 | 7,20 | 7,00 | 7,63 | 1,393 | ** | T | NS |
| B α -lactalbumine, % PS ² | 24,3 | 25,1 | 28,9 | 19,0 | 17,4 | 15,9 | 21,9 | 14,5 | 4,45 | * | * | NS |
| B β -lactoglobuline, % PS ² | 49,9 | 46,2 | 46,7 | 56,8 | 35,3 | 37,7 | 35,6 | 32,7 | 10,61 | * | NS | NS |
| A β -lactoglobuline, % PS ² | 25,7 | 28,7 | 24,3 | 24,2 | 47,2 | 46,4 | 42,5 | 52,8 | 11,4 | ** | NS | NS |
| Total β -lactoglobuline, % PS ² | 75,7 | 74,9 | 71,1 | 81,0 | 82,5 | 84,1 | 78,1 | 85,5 | 4,45 | * | * | NS |
| Caséines, g/kg | 28,4 | 26,5 | 29,2 | 29,4 | 26,3 | 26,4 | 27,2 | 25,4 | 3,10 | T | NS | NS |
| κ -caséine glycosylée, % cas ³ | 4,50 | 4,42 | 4,47 | 4,61 | 4,60 | 4,59 | 4,85 | 4,34 | 0,559 | NS | NS | NS |
| A κ -caséine, % cas ³ | 5,22 | 5,48 | 5,01 | 5,18 | 4,50 | 4,92 | 4,83 | 3,74 | 1,10 | NS | NS | NS |
| B κ -caséine, % cas ³ | 3,18 | 3,66 | 2,99 | 2,87 | 4,59 | 4,36 | 4,35 | 5,06 | 1,089 | * | NS | NS |
| Total κ -caséine, % cas ³ | 12,9 | 13,6 | 12,5 | 12,7 | 13,7 | 13,9 | 14,0 | 13,1 | 0,97 | NS | NS | NS |
| A α ₂ -caséine, % cas ³ | 9,90 | 9,90 | 10,18 | 9,64 | 10,84 | 11,41 | 11,82 | 9,28 | 0,717 | * | * | NS |
| B α ₁ -caséine, % cas ³ | 35,3 | 34,7 | 35,1 | 36,3 | 26,5 | 29,8 | 22,2 | 27,6 | 2,08 | *** | * | * |
| C α ₁ -caséine ⁴ , % cas ³ | | | | | | 8,2 ± 0,79 | 11,1 ± 4,47 | 9,5 ± 0,57 | | | | |
| Total α ₁ -caséine, % cas ³ | 35,3 | 34,7 | 35,1 | 36,3 | 35,4 | 34,4 | 36,0 | 35,9 | 1,39 | NS | NS | NS |
| B β -caséine, % cas ³ | | 2,99 | 1,50 | / | | 1,61 ± 0,452 | 3,43 ± 0,843 | 2,46 ± 0,00 | | | | |
| A ₁ β -caséine, % cas ³ | 19,1 | 17,6 | 17,6 | 22,1 | 4,7 | 10,9 | 1,8 | 1,5 | 3,31 | *** | T | * |
| A ₂ β -caséine, % cas ³ | 22,4 | 23,7 | 24,4 | 19,3 | 28,4 | 20,7 | 29,2 | 35,2 | 4,01 | * | NS | |
| F ou G β -caséine ⁴ , % cas ³ | | | | | | 7,0 ± 3,99 | 6,1 ± 1,68 | 4,1 ± 0,92 | | | | |
| I β -caséine ⁵ , % cas ³ | | | | | | 2,83 | 6,75 | 1,43 | | | | |
| Total β -caséine, % cas ³ | 41,8 | 41,9 | 42,2 | 41,4 | 41,0 | 40,3 | 38,1 | 41,7 | 2,07 | NS | NS | NS |
| Total lactoprotéines, % | 89,6 | 89,1 | 87,8 | 91,8 | 88,5 | 88,8 | 83,2 | 93,4 | 3,26 | NS | * | NS |
| Autres protéines, % | 10,4 | 10,9 | 12,2 | 8,2 | 11,5 | 11,2 | 16,8 | 6,6 | 3,26 | NS | * | NS |
| Rapport caséines/protéines, % | 83,5 | 84,1 | 85,8 | 80,6 | 78,3 | 78,4 | 79,6 | 77,0 | 3,56 | *** | T | NS |
| Diamètre des micelles de caséine, η m | 127 | 122 | 122 | 138 | 119 | 119 | 117 | 119 | 10,0 | * | NS | NS |

¹Moy. = moyenne pour la race ; ²PS = protéines solubles ; ³cas = caséines ; ⁴variant présent seulement chez les vaches Froment du Léon ; ⁵variant présent seulement dans une exploitation avec des vaches Froment du Léon ; ⁶Seuils de signification : > 0,1 = NS ; < 0,1 = T ; < 0,05 = * ; < 0,01 = ** ; < 0,001 = ***

Tableau 5. Effet de la race des vaches laitières et du mois de prélèvements sur la teneur moyenne en matières grasses, le diamètre moyen des globules gras et la composition moyenne en acides gras de la matière grasse des laits.

| | Bretonne Pie Noir | | | | Froment du Léon | | | | ETR | Effet ² | | |
|--------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|--------|--------------------|------|-------------|
| | Moy. ¹ | Avr. | Juil. | Nov. | Moy. ¹ | Avr. | Juil. | Nov. | | Race | Mois | Race × mois |
| Matières grasses, g/kg | 44,4 | 38,0 | 39,9 | 55,2 | 44,5 | 41,1 | 45,1 | 47,3 | 7,88 | NS | * | NS |
| Diamètre des globules gras, µm | | | | | | | | | | | | |
| d _{4,3} | 4,36 | 4,48 | 4,38 | 4,23 | 4,86 | 4,86 | 4,79 | 4,93 | 0,345 | ** | NS | NS |
| d _{3,2} | 3,64 | 3,66 | 3,70 | 3,55 | 4,06 | 4,08 | 4,05 | 4,04 | 0,259 | *** | NS | NS |
| Acides gras saturés, % | | | | | | | | | | | | |
| C14:0 | 11,0 | 12,0 | 10,6 | 10,5 | 9,4 | 11,0 | 8,5 | 8,8 | 0,96 | *** | *** | NS |
| C16:0 | 26,8 | 27,2 | 27,7 | 25,6 | 24,8 | 25,6 | 24,4 | 24,4 | 1,60 | ** | NS | NS |
| C18:0 | 11,4 | 11,6 | 11,3 | 11,4 | 13,1 | 12,3 | 14,4 | 12,7 | 1,38 | ** | NS | NS |
| Acides gras monoinsaturés, % | | | | | | | | | | | | |
| trans1,cis-7-C18:1 | 2,17 | 2,40 | 1,69 | 2,42 | 2,68 | 3,09 | 2,37 | 2,58 | 0,660 | T | T | NS |
| cis-9-C18:1 | 20,1 | 18,3 | 20,9 | 21,2 | 21,1 | 17,8 | 22,0 | 23,6 | 2,37 | NS | ** | NS |
| Acides gras polyinsaturés, % | | | | | | | | | | | | |
| cis-12-C18:2 | 0,87 | 0,75 | 1,00 | 0,88 | 1,04 | 0,83 | 1,13 | 1,16 | 0,189 | * | ** | NS |
| C18:3 n-3 | 0,86 | 0,94 | 0,67 | 0,95 | 1,05 | 1,06 | 0,93 | 1,15 | 0,331 | NS | NS | NS |
| cis-9,trans-11-CLA | 0,94 | 0,91 | 0,73 | 1,17 | 0,95 | 1,07 | 0,81 | 0,96 | 0,273 | NS | T | NS |
| Acides gras courts (< C13), % | | | | | | | | | | | | |
| Acides gras ramifiés, % | 1,20 | 1,25 | 1,26 | 1,07 | 1,17 | 1,14 | 1,26 | 1,12 | 0,193 | NS | NS | NS |
| Acides gras pairs, % | | | | | | | | | | | | |
| Acides gras impairs, % | 3,26 | 3,25 | 3,52 | 3,01 | 3,25 | 3,20 | 3,38 | 3,17 | 0,364 | NS | NS | NS |
| Acides gras longs (> C20), % | | | | | | | | | | | | |
| Rapport cis-9-C14:1/C14:0 | 0,067 | 0,060 | 0,067 | 0,073 | 0,061 | 0,066 | 0,052 | 0,067 | 0,015 | NS | NS | NS |
| Rapport cis-9-C16:1/C16:0 | 0,048 | 0,042 | 0,051 | 0,051 | 0,046 | 0,040 | 0,041 | 0,058 | 0,0105 | NS | * | NS |
| Rapport cis-9-C18:1/C18:0 | 1,77 | 1,59 | 1,85 | 1,88 | 1,64 | 1,48 | 1,55 | 1,87 | 0,259 | NS | * | NS |
| Rapport cis-9-C18:1/C16:0 | 0,76 | 0,68 | 0,76 | 0,83 | 0,85 | 0,70 | 0,90 | 0,97 | 0,119 | * | ** | NS |

¹Moy. = moyenne pour la race²Seuils de signification : > 0,1 = NS ; < 0,1 = T ; < 0,05 = * ; < 0,01 = ** ; < 0,001 = ***

β -lactoglobuline, la Bretonne Pie Noir est assez proche de la Normande (plus de variant B), alors que la Froment du Léon est plus proche de la Holstein. Le variant B de la β -lactoglobuline est également associé à une meilleure aptitude fromagère (Morini *et al.*, 1982). Enfin la présence uniquement

de variant B de l' α -lactalbumine dans les 2 races bretonnes les rend similaires à la race Normande (tableau 9).

Le diamètre moyen des micelles de caséine est de 127 nm pour la Bretonne Pie Noir et de 119 nm pour la Froment du Léon (tableau 4). Les

micelles de caséine sont donc plus petites que celles des vaches Holstein, Montbéliarde (Bijl *et al.*, 2014) et Normande (Delacroix-Buchet *et al.*, 1993), ce qui leur confère une meilleure aptitude fromagère (temps de coagulation plus court et caillé plus ferme) (Remeuf *et al.*, 1991).

■ 2.2. Les matières grasses

Les laits des vaches Bretonne Pie Noir et Froment du Léon contiennent en moyenne respectivement 44,4 et 44,5 g/kg de matières grasses. Ils sont donc plus riches en matières grasses que le lait de Holstein, Montbéliarde ou Normande, mais moins riches que le lait de Jersiaise (résultats du Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage 2020).

En moyenne, sur les 3 périodes de prélèvement, la matière grasse laitière est constituée pour la Bretonne Pie Noir et la Froment du Léon d'environ 65 % d'acides gras saturés (10 % de C14:0, 26 % de C16:0 et 12 % de C18:0), de 27 % d'acides gras monoinsaturés (20 % de cis-9-C18:1), et de 3,7 % d'acides gras polyinsaturés. Le lait de Froment du Léon est plus riche en cis-9, cis-12-C18:2 et C18:3 (n-3) que le lait de Bretonne Pie Noir (respectivement + 0,17 et + 0,18 unités %) (tableau 5). Le ratio cis-9-C18:1/C16:0 est plus élevé chez la Froment du Léon (+ 0,9). On trouve également 1,2 % d'acides gras ramifiés pour les deux races. Les ratios cis-9-C14:1/C14:0, cis-9-C16:1/C16:0 et cis-9-C18:1/C18:0 sont du même ordre de grandeur pour les 2 races.

Le profil en acides gras des laits de Bretonne Pie Noir et de Froment du Léon est peu différent de celui des races classiques françaises et reflète essentiellement le profil observé avec une alimentation à base d'herbe pâturée ou conservée (moins d'AG saturés, plus de C18:3 n-3 et de cis-9, trans-11-CLA) (Couvreur *et al.*, 2006). Ce profil en acides gras serait meilleur pour la santé. Concernant l'acide ruménique (cis-9, trans-11-CLA) et son précurseur l'acide vaccénique (trans-11 C18:1), ils présentent des propriétés bioactives en modulant l'inflammation. Ces acides gras seraient impliqués dans la prévention du cancer, de l'obésité, du diabète et des maladies cardiovasculaires (Gómez-Cortés *et al.*, 2018).

La taille du globule gras est respectivement de 4,36 et 3,64 µm pour le d_{4,3} et le d_{3,2} pour la Bretonne Pie Noir et de 4,86 et 4,06 µm pour la Froment du Léon. Les globules gras sont plus gros que ceux mesurés dans le lait de vaches Holstein ou Normande (Couvreur, 2006), mais de diamètre équivalent à ceux du lait de vaches Jersiaises (Fleming *et al.*, 2017). Cette propriété confère aux laits de Bretonne Pie Noir et

Froment du Léon de meilleures propriétés beurrières (temps de barattage plus court, meilleurs rendements beurriers) (Couvreur et Hurtaud, 2007).

■ 2.3. Les minéraux

En moyenne sur les trois périodes de prélèvement, les laits de Bretonne Pie Noir et de Froment du Léon contiennent respectivement 1 356 et 1 361 mg/kg de calcium total réparti sous forme colloïdale pour 1 064 et 1 065 mg/kg et sous forme soluble pour 292 et 297 mg/kg (tableau 6). Le ratio calcium colloïdal/caséines est respectivement de 37,9 et 40,5 mg/g. En parallèle, les laits contiennent aussi respectivement 1 030 et 989 mg/kg de phosphore total réparti sous forme colloïdale pour 650 et 604 mg/kg et sous forme soluble pour 380 et 385 mg/kg. Les laits ont respectivement un pH de 6,62 et 6,65 et contiennent 1,51 et 1,63 g/L de citrate.

Les laits de Bretonne Pie Noir ou de Froment du Léon sont plus riches en calcium que les laits de Holstein, Montbéliarde ou Normande (Gaignon *et al.*, 2018 ; Manuelian *et al.*, 2018), mais

Tableau 6. Effet de la race des vaches laitières et du mois de prélèvements sur le pH et la composition moyenne des laits en calcium, phosphore et citrate.

| | Bretonne Pie Noir | | | | Froment du Léon | | | | ETR | Effet ² | | |
|-------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------|------|-------------|
| | Moy. ¹ | Avr. | Juil. | Nov. | Moy. ¹ | Avr. | Juil. | Nov. | | Race | Mois | Race x mois |
| Calcium total, mg/kg | 1 356 | 1 417 | 1 370 | 1 280 | 1 361 | 1 467 | 1 414 | 1 202 | 68,1 | NS | *** | NS |
| Calcium soluble, mg/kg | 292 | 305 | 279 | 292 | 297 | 297 | 288 | 305 | 47,1 | NS | NS | NS |
| Calcium colloïdal, mg/kg | 1 064 | 1 112 | 1 091 | 988 | 1 065 | 1 170 | 1126 | 897 | 80,2 | NS | *** | NS |
| Ca colloïdal / caséines, mg/g | 37,9 | 41,8 | 38,3 | 33,7 | 40,5 | 44,5 | 41,5 | 35,4 | 4,00 | NS | *** | NS |
| Phosphore total, mg/kg | 10 30 | 1 031 | 1 030 | 1 026 | 989 | 966 | 1019 | 981 | 61,4 | T | NS | NS |
| Phosphore soluble, mg/kg | 380 | 389 | 408 | 343 | 385 | 431 | 383 | 340 | 68,7 | NS | NS | NS |
| Phosphore colloïdal, mg/kg | 650 | 643 | 622 | 684 | 604 | 535 | 635 | 641 | 82,7 | NS | NS | NS |
| Citrate, g/L | 1,51 | 1,65 | 1,55 | 1,34 | 1,63 | 1,69 | 1,65 | 1,55 | 0,258 | NS | NS | NS |
| pH | 6,62 | 6,66 | 6,61 | 6,60 | 6,65 | 6,72 | 6,63 | 6,61 | 0,071 | NS | * | NS |

¹Moy. = moyenne pour la race

²Seuils de signification : > 0,1 = NS ; < 0,1 = T ; < 0,05 = * ; < 0,01 = ** ; < 0,001 = ***

sont aussi riches que le lait de Jersiaise (Manuelian *et al.*, 2018). Ils sont plus riches en phosphore que tous les autres laits précédemment cités (Manuelian *et al.*, 2018 ; Gaignon, communication personnelle).

■ 2.4. La couleur

La comparaison des laits des deux races bretonnes indique que le lait des vaches de race Froment du Léon est très nettement plus jaune (b^* et indice de couleur) alors que celui de la Bretonne Pie Noir est plus brillant (paramètre L^*) et plus vert (paramètre a^* plus négatif) (tableau 7).

Les laits de Bretonne Pie Noir et de Froment du Léon sont plus verts (a^*) et jaunes (b^* et indice de jaune) que les laits de Holstein et de Montbéliarde selon les données rapportées dans la littérature (Agabriel *et al.*, 2007 ; McDermott *et al.*, 2016). Seul le lait de Froment du Léon est plus jaune que le lait de Jersiaise (McDermott *et al.*, 2016). Il faut noter cependant que certaines valeurs individuelles très inhabituelles ont été observées dans le lait des vaches des deux races bretonnes, élevées dans des conditions classiques. Ainsi, les valeurs de b^* allaient de 3,55 à 15,29 pour la Bretonne Pie Noir et de 2,50 à 17,49 pour la Froment du Léon

et l'indice de couleur jaune variait de 322 à 1189 pour la Bretonne Pie Noir et de 303 à 1 324 pour la Froment du Léon. Celles-ci dépassent nettement les valeurs maximales observées au laboratoire pour les laits de Holstein, Montbéliarde ou Normande dans des dispositifs expérimentaux visant parfois à maximiser les divergences de réponse à des modes de conduite (tableau 9). Le paramètre L^* était quant à lui beaucoup moins variable et plus comparable entre les différentes races (Graulet *et al.*, communication personnelle).

Pour les races bovines les plus courantes, la couleur jaune du lait résulte

Tableau 7. Effet de la race des vaches laitières et du mois de prélèvements sur la couleur des laits et sur les propriétés technologiques moyennes des laits.

| | Bretonne Pie Noir | | | | Froment du Léon | | | | ETR | Effet ² | | |
|---|-------------------|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|-------|--------------------|------|-------------|
| | Moy. ¹ | Avr. | Juil. | Nov. | Moy. ¹ | Avr. | Juil. | Nov. | | Race | Mois | Race × mois |
| Indice de couleur ³ | 656 | 629 | 583 | 756 | 801 | 839 | 747 | 816 | 99,9 | ** | NS | NS |
| L^* ⁴ | 78,3 | 77,3 | 78,5 | 78,9 | 76,9 | 76,5 | 76,8 | 77,3 | 1,19 | * | NS | NS |
| a^* ⁵ | -1,74 | -2,00 | -1,87 | -1,35 | -1,39 | -1,35 | -1,50 | -1,33 | 0,317 | * | T | NS |
| b^* ⁶ | 8,9 | 8,5 | 8,0 | 10,4 | 10,9 | 11,5 | 10,0 | 11,4 | 1,36 | ** | T | NS |
| Rendement fromager présure en frais, % | 52,4 | 40,9 | 43,3 | 72,8 | 56,9 | 55,2 | 49,1 | 66,4 | 12,81 | NS | ** | NS |
| Rendement fromager lactique en frais, % | 46,4 | 47,9 | 37,6 | 53,7 | 44,4 | 48,8 | 36,1 | 48,4 | 9,24 | NS | ** | NS |
| Rendement fromager présure en MS, % | 73,9 | 68,0 | 68,2 | 85,6 | 77,2 | 75,8 | 73,3 | 82,3 | 7,45 | NS | ** | NS |
| Rendement fromager lactique en MS, % | 68,2 | 70,6 | 63,2 | 70,9 | 67,8 | 72,2 | 66,2 | 65,2 | 4,10 | NS | ** | T |
| Temps de coagulation, min | 10,6 | 9,6 | 11,6 | 10,5 | 11,3 | 9,4 | 11,5 | 12,9 | 2,20 | NS | T | NS |
| Test de Ramsdell | 15,6 | 13,8 | 15,2 | 17,8 | 13,0 | 12,5 | 14,2 | 12,3 | 3,46 | T | NS | NS |
| Point de congélation (FPD), °C | -0,522 | -0,518 | -0,522 | -0,524 | -0,526 | -0,522 | -0,531 | -0,524 | 0,006 | NS | NS | NS |

¹Moy. = moyenne pour la race

²Seuils de signification : > 0,1 = NS ; < 0,1 = T ; < 0,05 = * ; < 0,01 = ** ; < 0,001 = ***

³Indice de couleur jaune mesuré par intégration mathématique de la réponse spectrale obtenue pour chaque lait entre 450 et 530 nm

⁴ L^* : paramètre relatif à la luminosité et allant de 0 (couleur noire) à 100 pour une réflexion totale (couleur blanche) (mesure faite avec un spectrophotomètre CM2600d Minolta, système CIELAB)

⁵ a^* : paramètre correspondant à l'axe allant du vert (négatif) au rouge (positif) (mesure faite avec un spectrophotomètre CM2600d Minolta, système CIELAB)

⁶ b^* : paramètre correspondant à l'axe allant du bleu (négatif) au jaune (positif) (mesure faite avec un spectrophotomètre CM2600d Minolta, système CIELAB).

de la présence de β -carotène et de riboflavine (Laverroux *et al.*, 2020). Malheureusement, pour les races locales de Bretagne, il a été impossible de prédire les teneurs en ces deux composants à partir des modèles de prédiction développés par une approche spectrale (proche infra-rouge) issue des races Holstein ou Montbéliarde (Laverroux *et al.*, 2020). En effet, les réponses spectrales des laits des races bretonnes sortaient du domaine de validité des modèles de prédiction. Les analyses de β -carotène et vitamine B₂ réalisées selon les méthodes de référence (Chauveau-Duriot *et al.*, 2010 ; Laverroux *et al.*, 2020) sur un petit échantillon (n = 20) de la population des laits de races bretonnes suggèrent que la couleur jaune des laits (b*) résulte bien de concentrations plus élevées en ces composés, sans que cela soit totalement systématique. Ainsi, pour quelques laits, des valeurs de couleur jaune élevées ne correspondaient pas forcément à des teneurs élevées en β -carotène et vitamine B₂ (données non présentées).

■ 2.5. L'aptitude technologique : aptitude fromagère, point de congélation, stabilité thermique

En moyenne sur les 3 périodes de prélèvement, le lait de Bretonne Pie Noir a coagulé en 10,6 min, ses rendements fromagers présure en frais et en MS étaient respectivement de 53,4 et 73,9 % et ses rendements fromagers lactiques étaient respectivement de 46,4 et 68,2 % (tableau 7). Le lait de Froment du Léon a coagulé en 11,3 min en moyenne, ses rendements fromagers présure en frais et en MS étaient respectivement de 56,9 et 77,2 % et ses rendements fromagers lactiques étaient respectivement de 44,4 et 67,8 %. Globalement, les paramètres de rendements fromagers sont meilleurs pour les 2 races bretonnes que pour la Holstein, la Montbéliarde et la Normande (Hurtaud *et al.*, 1995 et non publié ; Laithier *et al.*, 2020). La stabilité à la chaleur des laits mesurée par le test de Ramsdell était en moyenne respectivement de 15,6 pour le lait de Bretonne Pie Noir et de 13,0 pour le

lait de Froment du Léon. Elle est moins élevée donc moins bonne que celle des laits de Holstein ou de Normande (Hurtaud *et al.*, non publié).

Le point de congélation était de $-0,521$ °C pour le lait de Bretonne Pie Noir et de $-0,526$ °C pour le lait de Froment du Léon. Il est plus élevé que celui mesuré en race Holstein ($-0,537$ °C) et surtout en race Jersiaise ($-0,544$ °C) (Kedzierska-Matysek *et al.*, 2011).

3. Évolution des caractéristiques du lait des races locales bretonnes au cours de l'année

Les écarts sont donnés par rapport aux valeurs mesurées au mois d'Avril.

■ 3.1. Description des troupeaux au cours de l'année

Le nombre de vaches traitées est resté constant au cours de l'année, même si l'on peut indiquer une baisse numérique du nombre de Bretonne Pie Noir liée essentiellement due à une chute du nombre d'animaux dans un élevage. Le rang de lactation des vaches n'a pas été modifié au cours de l'année (pas d'effet des tarissements). En revanche, le stade de lactation a augmenté au fil des mois (+ 70 j en juillet et + 162 j en novembre). La saison n'a pas eu d'effet significatif sur la production laitière, malgré une chute au cours de l'année chez la Bretonne Pie Noir. Les cellules ont eu tendance à augmenter (+ 384 000 en juillet et + 492 000 en novembre) (tableau 3).

■ 3.2 Description de l'alimentation au cours de l'année

Dans la plupart des exploitations, l'alimentation a finalement été peu différente entre les mois d'Avril, Juillet et Novembre (tableau 2). Les fourrages de base en Avril étaient soit de l'herbe pâturée associée à du foin ou à de l'ensilage de maïs (une seule exploitation),

soit du foin associé au pâturage, soit du pâturage seul. Peu de compléments étaient associées à ces rations de base : rien dans la plupart des cas, des mélanges de céréales et protéagineux ou des céréales ou du tourteau de colza dans seulement trois exploitations. Au mois de juillet, dans la majorité des exploitations, l'alimentation de base reposait sur le pâturage sauf dans trois exploitations qui distribuaient des bouchons de luzerne et du foin, ou de la luzerne ou du foin en association avec du pâturage. Une exploitation continuait à distribuer de l'ensilage de maïs en complément du pâturage. La plupart des exploitations apportait un complément sous forme de mélange de céréales et de protéagineux, ou de céréales, ou de tourteau de soja. En novembre, le fourrage principal était du foin ou de l'ensilage de maïs, avec comme fourrage secondaire de l'herbe pâturée ou du foin. Seule une exploitation avait encore le pâturage comme seul fourrage. Comme en juillet, la plupart des exploitations apportait un complément sous forme de mélange de céréales et de protéagineux, ou de céréales, ou de tourteau de soja. Une exploitation apportait des betteraves à cette période de l'année.

■ 3.3. Effet de la saison sur la composition du lait

La saison n'a pas eu d'effet significatif sur la teneur en matières azotées et sur la teneur en protéines du lait. En revanche, les teneurs en azote non protéique ont eu tendance à être plus élevées en juillet et en novembre (+ 0,34 et + 0,35 g/kg) et celles en protéines solubles ont eu tendance à être très élevées en novembre (+ 1,26 g/kg par rapport à avril et + 1,52 g/kg par rapport à juillet), résultat plus marqué chez la Bretonne Pie Noir. Le rapport caséines/protéines a eu tendance à être plus élevé en juillet (+ 1,45 unités %) et plus faible en novembre ($-2,49$ unités %). La répartition des variants des protéines a été différente selon la saison pour certaines d'entre elles : tendance à la diminution des κ -caséines en juillet ($-0,76$ unités %) surtout pour la Bretonne Pie Noir, augmentation des α S₁-caséine B et α S₁-caséines totales en novembre (respectivement + 1,73 et + 3,67 unités %),

Tableau 8. Principales caractéristiques des laits de vaches laitières de race Holstein, Montbéliarde, Normande (principales races présentes en France) et de race Jersiaise.

| Paramètre mesuré | Holstein | Montbéliarde | Normande | Jersiaise |
|--------------------------------|---|---|--|--|
| Durée de lactation, j | 344 | 313 | 329 | 328 |
| Lait, kg/j | 26,8 (Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage, 2020) | 22,9 (Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage, 2020) | 20,2 (Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage, 2020) | 15,3 (Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage, 2020) |
| Taux butyreux, g/kg | 40,0 (Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage, 2020) | 38,9 (Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage, 2020) | 42,5 (Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage, 2020) | 55,9 (Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage, 2020) |
| Taux protéique, g/kg | 32,1 (Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage, 2020) | 33,1 (Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage, 2020) | 34,8 (Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage, 2020) | 38,6 (Contrôle laitier 2019 in Institut de l'Élevage, 2020) |
| Matières azotées totales, g/kg | 32 à 33,9 | / | / | 40,9 (Caroprese <i>et al.</i> , 2017) |
| Azote non protéique, g/kg | 2,6 | / | / | / |
| Protéines solubles, g/kg | 4,3 à 4,9 | / | / | / |
| Caséines, g/kg | 23,0 à 25,0 (Hurtaud <i>et al.</i> , 2009) | / | 24,9 à 27,7 (Hurtaud <i>et al.</i> , 2009) | 32,1 (Caroprese <i>et al.</i> , 2017) |
| Rapport caséines/protéines, % | 81,1 à 83,1 (Hurtaud <i>et al.</i> , 2009) | / | 82,5 à 83,5 (Hurtaud <i>et al.</i> , 2009) | / |
| Calcium total, mg/kg | 1 217 (Gaignon <i>et al.</i> , 2018) 1 275 (Manuelian <i>et al.</i> , 2018) | 1229 (Gaignon <i>et al.</i> , 2018) | 1298 (Gaignon <i>et al.</i> , 2018) | 1449 (Manuelian <i>et al.</i> , 2018) |
| Phosphore total, mg/kg | 912 (Manuelian <i>et al.</i> , 2018) 950 (Gaignon, com. personnelle) | 960 (Gaignon, com. personnelle) | 988 (Gaignon, com. personnelle) | 950 (Manuelian <i>et al.</i> , 2018) |
| Citrate, g/kg | 1,62 à 1,75 (Jensen <i>et al.</i> , 2012) 1,69 à 1,82 (Hurtaud <i>et al.</i> , 2009) | / | 1,99 à 2,06 (Hurtaud <i>et al.</i> , 2009) | 1,79 à 1,86 (Jensen <i>et al.</i> , 2012) |
| Diamètre globules gras, µm | 4,14 ± 0,50 (Fleming <i>et al.</i> , 2017) 4,00 ± 0,29 (Couvreur, 2006) | / | 4,24 ± 0,36 (Couvreur, 2006) | 4,9 ± 0,58 (Fleming <i>et al.</i> , 2017) |
| Diamètre caséines, ηm | 171 à 207 ηm (Bijl <i>et al.</i> , 2014) | 173 à 201 (Bijl <i>et al.</i> , 2014) | 151 à 168 ηm (Delacroix-Buchet <i>et al.</i> , 1993) | / |
| Couleur (paramètre b*) | 7,48 (McDermott <i>et al.</i> , 2016) 1,8 à 11,2 (n = 548) (Graulet, com. personnelle) | 2,1 à 11,4 (n = 475) (Graulet, com. personnelle) | 5,1 à 10,0 (n = 6) (Graulet, com. personnelle) | 10,03 (McDermott <i>et al.</i> , 2016) |
| Couleur (IC) | 607 (Agabriel <i>et al.</i> , 2007) 150 à 806 (n = 548) (Graulet, com. personnelle) | 453 (Calderon <i>et al.</i> , 2007) 157 à 840 (n = 475) (Graulet, com. personnelle) | 367 à 717 (n = 6) (Graulet, com. personnelle) | |
| pH | 6,67 (Cecchinato <i>et al.</i> , 2011) | / | / | / |
| Rendement préure frais, % | 16,2 à 57,6 (Hurtaud <i>et al.</i> , 1995) | / | 61,3 (Hurtaud, non publié) | / |
| Rendement préure MS, % | 47,8 à 78,3 (Hurtaud <i>et al.</i> , 1995) | 66,1 ± 4,4 (Laithier <i>et al.</i> , 2020) | / | / |
| Rendement lactique frais, % | 27,5 (Hurtaud, non publié) | / | 32,0 (Hurtaud, non publié) | / |
| Rendement lactique MS, % | 59,4 (Hurtaud, non publié) | / | 61,5 (Hurtaud, non publié) | / |
| Temps de coagulation, min | 9,55 (Hurtaud, non publié) | / | 8,33 (Hurtaud, non publié) | / |
| Test de Ramsdell | 16,0 (Hurtaud, non publié) | / | 17,0 (Hurtaud, non publié) | / |

tendance à l'augmentation des β -caséines A_2 à la fois en juillet et en novembre (+ 2,65 et + 6,46 unités %) et tendance à la diminution en novembre de l' α -lactalbumine B (- 6,62 unités %). La saison n'a pas eu d'effet sur le diamètre des micelles de caséine.

Le taux butyreux a été plus élevé au mois de novembre (+ 11,7 g/kg). Le pourcentage en acides gras saturés a diminué en juillet et novembre (- 2,42 et - 4,93 unités %), sans effet sur le pourcentage en C16:0 et en C18:0. En parallèle, le pourcentage en acides gras monoinsaturés a augmenté en juillet et en novembre (+ 2,7 et + 4,4 unités %). En particulier, le pourcentage de cis9-C18:1 a augmenté en juillet et en novembre alors que le pourcentage de trans-11-C18:1 a eu tendance à diminuer en juillet. Le pourcentage en acides gras polyinsaturés a diminué en juillet (- 0,14 unités %) et augmenté en novembre (+ 0,40 unités %). En particulier, le pourcentage de cis-9,cis-

12-C18:2 a augmenté en juillet et en novembre (+ 0,28 et + 0,23 unités %), le pourcentage de cis-9,trans-11-CLA a eu tendance à diminuer en juillet (- 0,22 unités %), le pourcentage de C18:3 (n-3) n'a pas changé. Les ratios cis9-C16:1/C16:0, cis9-C18:1/C18:0 et cis9-C18:1/C16:0 ont augmenté en juillet et en novembre. Le diamètre des globules gras n'a pas évolué au cours de la saison.

La teneur en calcium a évolué au fil des mois. Les teneurs en calcium total et colloïdal ont diminué au cours de l'année (respectivement - 50 et - 32 mg/kg en juillet et - 201 et - 199 mg/kg en novembre). Le ratio calcium colloïdal/caséines a également diminué (- 3,3 mg/g en juillet et - 8,7 mg/g en novembre). La saison n'a eu aucun impact sur la teneur en phosphore du lait. Le pH du lait a diminué en juillet et en novembre (- 0,067 et - 0,084). Concernant les valeurs des paramètres L^* , a^* et b^* indiquant la couleur du

lait, le paramètre a^* a augmenté en novembre (+ 0,33 par rapport à avril) et le paramètre b^* a diminué en juillet (- 1,0) et augmenté en novembre (+ 0,9). L'indice de couleur jaune n'a pas été modifié.

Le temps de coagulation des laits a eu tendance à augmenter en juillet (+ 2 min) et en novembre (+ 2 min 10 s). Les rendements fromagers présure en frais et en matière sèche ont augmenté uniquement en novembre (+ 21,5 et + 12,1 unités %). Les rendements lactiques en frais et en matière sèche ont diminué en juillet (- 11,5 et - 6,7 unités %). La stabilité à la chaleur et le point de congélation du lait ont été constants au fil des mois.

L'effet de la saison classiquement observé est ici moindre que celui observé par Hurtaud *et al.* (2010) car la composition des rations et l'alimentation varient peu au cours de l'année. À part dans une exploitation, les vaches

Tableau 9. Variants génétiques des caséines, des lactoglobulines et des lactalbumines observés dans les laits de vaches laitières Holstein, Montbéliarde, Normande (principales races présentes en France) et de race Jersiaise.

| Types de variants ¹ | αS_1 -caséine | αS_2 -caséine | β -caséines | κ -caséine | β -lactoglobuline | α -lactalbumine |
|--------------------------------|--|-----------------------------|---|--|---|------------------------|
| | 7 variants A à G (+H) | 4 variants A à D | 9 variants (+4) A_1, A_2, A_3, B à G (B_2, A_4, A_3 Mong) | 4 variants (+5) A, B, C/D et E (F à J) | 7 variants A à G | 3 variants A à C |
| Holstein ^{2,3} | Var B 99,7 % Var C 0,3 % Var D < 0,1 % | Var A 100 % | Var A_1 30,0 % Var A_2 59,2 % Var A_3 0,3 % Var B 2,1 % Var I 8,4 % | Var A 56,9 % Var B 33,6 % Var E 9,5 % | Var A 58,5 % Var B 41,5 % | Var A 100 % |
| Montbéliarde ^{2,3} | Var B 97,5 % Var C 2,5 % | Var A 99,9 % Var D 0,1 % | Var A_1 7,7 % Var A_2 46,4 % Var A_3 < 0,1 % Var B 29,1 % Var C < 0,1 % Var I 16,7 % | Var A 38,2 % Var B 61,6 % Var C < 0,1 % Var E 0,2 % | Var A 54,3 % Var B 45,7 % Var D < 0,1 % | Var A 100 % |
| Normande ^{2,3} | Var B 73,4 % Var C 26,6 % | Var A 100 % | Var A_1 9,1 % Var A_2 39,7 % Var A_3 1,6 % Var B 18,6 % Var C < 0,1 % Var I 30,9 % | Var A 14,5 % Var B 85,5 % Var E < 0,1 % | Var A 43,0 % Var B 57,0 % | Var B 100 % |
| Jersiaise ^{2,3} | Var B 40,9 % Var C 59,1 % | / | Var A_1 4,4 % Var A_2 76,6 % Var B 13,0 % Var I 6,0 % | Var A 16,9 % Var B 82,6 % Var E 0,5 % | Var A 55,0 % Var B 45,0 % | / |

D'après : ¹Ng-Kwai-Hang et Grosclaude (2003), ²Grosclaude (1988), ³Sanchez *et al.* (2020)

ont toutes reçu une alimentation à base d'herbe pâturée et/ou conservée dont les proportions ont évolué au cours de l'année avec une complémentation assez réduite. L'évolution de la teneur en azote non protéique dans le lait conforte les résultats de Heck *et al.* (2009) qui ont montré que cette teneur est maximale en été dans des exploitations laitières suivies en Hollande pendant un an. Cela est probablement dû au fait que les vaches mangent plus d'herbe fraîche riche en azote. L'augmentation de la teneur en protéines solubles observée en novembre serait plutôt un effet du stade de lactation (Auldist *et al.*, 1996) associé également à une augmentation des cellules somatiques. La modification des variants des caséines et des protéines solubles au cours de l'année est probablement due au changement de la population de vaches (tarissement de certaines vaches, arrivée de nouvelles après vêlage). La diminution de la teneur en calcium du lait au cours de l'année serait due à une part d'herbe fraîche plus importante dans la ration aux mois de juillet et de novembre (Gaignon *et al.*, 2018) associée à un allongement de la durée du jour (Boudon *et al.*, 2016) pour le mois de juillet.

L'augmentation du taux butyreux serait liée essentiellement à l'avancement du stade de lactation dans la plupart des exploitations enquêtées (en moyenne, + 162 ± 51 jours entre avril et novembre). Cette augmentation du taux butyreux a été associée à une diminution du pourcentage en acides gras saturés, conséquence d'un apport d'herbe pâturée plus important par rapport au foin, surtout en juillet et peut-être à l'apport d'un foin récolté depuis peu en novembre. En revanche, la diminution du trans-11-C18:1 et du cis-9,trans-11-CLA en juillet est plus difficile à expliquer car Hurtaud *et al.* (2010) ont observé une augmentation de ces deux acides avec l'accroissement de la part d'herbe pâturée. De la même façon, le pourcentage en C18:3 (n – 3) (déjà relativement élevé en avril) n'a pas été modifié. Cela est peut-être associé au fait que globalement la part d'herbe (conservée et/ou fraîche) n'a pas évolué dans la ration (Hurtaud *et al.*, 2010). En effet, même si le foin est moins riche

en C18:3 (n – 3) que l'herbe fraîche (14,6 vs 39,9 % des acides gras, Doreau et Poncet, 2000), le taux de transfert du C18:3 (n – 3) du foin vers le lait serait plus élevé que celui de l'herbe fraîche (Chilliard *et al.*, 2007).

L'effet de la saison sur la couleur est plus surprenant : la diminution du paramètre b^* en juillet pourrait être liée à l'ingestion d'une herbe pâturée moins riche en pigments de type caroténoïdes, leur concentration dans l'herbe étant connue pour être d'autant plus importante que la proportion des feuilles dans la plante est élevée, cette dernière diminuant au cours du stade végétatif (Nozière *et al.*, 2006). Cette hypothèse est confortée par l'augmentation observée en novembre, coïncidant avec la consommation des repousses au pâturage. Les facteurs de variation et les paramètres explicatifs de l'indice a^* du lait sont peu connus et il n'est pas possible d'émettre d'hypothèses expliquant ces observations.

Selon Hurtaud *et al.* (2001), l'augmentation du temps de coagulation en juillet et en novembre serait en lien avec la diminution du rapport calcium colloïdal/caséine ou plus simplement de la seule teneur en calcium colloïdal. L'augmentation des rendements fromagers serait liée à l'augmentation des matières utiles, en particulier des matières grasses du lait. En effet les rendements s'expliquent presque pour moitié par la matière grasse et pour l'autre moitié par les protéines ou les caséines (Colin *et al.*, 1992).

Conclusion

Ce travail constitue une première approche descriptive de la composition et de l'aptitude fromagère du lait des vaches de race locale en Bretagne. Les laits de vaches Bretonne Pie Noir et Froment du Léon se caractérisent par leur richesse en protéines et en matières grasses ce qui leur confère une meilleure aptitude à la transformation en beurre et en fromage. Concernant les variants des protéines, on peut souligner un polymorphisme plus important chez la Froment du Léon. Les deux races présentent des variants associés à une

meilleure fromageabilité du lait (variant B de la caséine κ et de la β -lactoglobuline). Le variant A_2 de la caséine β , intéressant au niveau nutritionnel, est majoritaire dans les deux races, en particulier chez la Froment du Léon chez qui il existe également des variants rares. Le profil en acides gras des laits de ces races ne présente pas de particularité, mais la matière grasse est présente dans de gros globules gras et confère, essentiellement aux laits de Froment du Léon, une couleur jaune très accentuée, particulièrement appréciée par les consommateurs de l'Ouest de la France.

Cette étude a été basée sur du lait de tank avec des effectifs de vaches très différents entre exploitations (2 à 35). L'analyse des données a été faite sans tenir compte de l'effectif de vaches, du système et du rythme de traite ce qui incite à relativiser certains résultats (cellules, protéines solubles par exemple). Nous aurions pu comparer les exploitations en monotraite et en bitraite mais notre effectif d'exploitations était trop faible.

Ces premiers résultats nous incitent à explorer plus finement le lait de ces deux races de vaches. Sans écarter les exploitations à faible effectif, une étude de tous les individus des plus grands troupeaux pourrait faire avancer les connaissances de la variabilité entre individus. En fonction des résultats et bien sûr de l'effectif global des animaux, une approche génétique pourrait également être réalisée.

Bien que ces vaches de race locale représentent au niveau de la Bretagne un effectif assez faible, elles sont souvent choisies par de nouveaux types d'éleveurs (Couix *et al.*, 2016) qui veulent être autonomes au niveau de l'alimentation des animaux (fourrages et céréales produits au niveau de l'exploitation) et souvent transformer leur lait sous forme de crème, beurre, fromage, yaourt. Les résultats récents obtenus sur le Gwell® montrent aussi l'intérêt de la race Bretonne Pie Noir pour la richesse de la flore native de son lait (un écosystème qui repose principalement sur deux espèces bactériennes) (von Gastrow *et al.*, 2020). De plus, la récente crise sanitaire de

la Covid-19 a montré que ce type de système agricole a un avenir en Bretagne, voire en France dans la mesure où le consommateur a développé une démarche active vers les petits producteurs.

Enfin, neuf autres races locales de vaches à faible effectif (Armoricaine, Béarnaise, Bordelaise, Casta, Ferrandaise, Maraîchine, Nantaise, Saosnoise et Lourdaise) existent en France en 2021. La plupart de ces races sont mixtes actuellement mais elles ont un passé laitier, fromager (fromage Bethmale, tomme des Pyrénées, bleu d'Auvergne, fourme de Rochefort, de Montbrison et d'Ambert, Saint-Nectaire) et beurrier (autour de Bordeaux). Ces races valorisent souvent des fourrages grossiers et s'adaptent aux modifications de conditions climatiques (température, humidité, altitude) et de restriction alimentaire saisonnière. Une étude

plus approfondie de leur lait pourrait constituer un travail de recherche tout à fait en cohérence avec les préoccupations actuelles relatives à la robustesse des animaux, leur facilité d'adaptation et bien sûr à la qualité des produits laitiers vue sous l'angle nutritionnel, sensoriel mais aussi environnemental.

Remerciements

Les auteurs remercient la région Bretagne et la Fondation Édouard et Geneviève Buffard sous l'égide de la Fondation de France pour le financement du projet « Co-construction de la valorisation des races locales bretonnes », répondant à l'appel à projets « Écosystèmes, Agriculture et alimentation » en 2016 et 2017.

Les auteurs remercient également les dix éleveurs qui ont participé à ce travail :

- *Élevages Bretonne Pie Noir* : La Ferme du Bois Joubert à Donges (44), la Ferme Le Buis Sonnant à Plouguernevel (22), le GAEC Lait au Champ de l'Île d'Arz (56), La Ferme des 7 Chemins à Plesse (44), la Ferme de Kergonan à Plouharnel (56) et la Ferme de Ronan Le Palud à Quéménéven (29) ;

- *Élevages Froment du Léon* : la Ferme de Thierry Lemarchand à Pacé (35), la Ferme du Wern à Ploubezre (22), la Ferme de Keranguéven à Pont de Buis (29) et la Ferme de Poulprenn à Mellionec (22).

Un grand merci à Sophie Brégeron, stagiaire de l'IUT Génie Biologique option Agronomie d'Angers pour son aide précieuse lors de ce travail, Perrine Debournoux, Nicole Huchet, Maryline Lemarchand et Thibaud Le Mouël de l'UMR PEGASE, Juliane Pourrat de l'UMR Herbivores pour les différentes analyses de laboratoire.

Références

- Agabriel C., Cornu A., Journal C., Sibra C., Grolier P., Martin B., 2007. Tanker milk variability according to farm feeding practices: vitamins A and E, carotenoids, color, and terpenoids. *J. Dairy Sci.*, 90, 4884-4896.
- Auldist M.J., Coats S., Sutherland B.J., Mayes J.J., McDowell G.H., Rogers G.L., 1996. Effects of somatic cell count and stage of lactation on raw milk composition and the yield and quality of Cheddar cheese. *J. Dairy Res.*, 63, 269-280.
- Bauchart D., Dubois F., 1983. Utilisation des colonnes capillaires de verre pour l'analyse des acides gras du lait. *Cahiers Techniques de l'Institut National de Recherche Agronomique. Bull. Liais. Int.*, 1, 53-54.
- Bijl E., de Vries R., van Valenberg H., Huppertz T., van Hooijdonk T., 2014. Factors influencing casein micelle size in milk of individual cows: Genetic variants and glycosylation of κ -casein. *Int. Dairy J.*, 34, 135-141.
- Boudon A., Johan M., Nancy A., Boutinaud M., Lambert P., Hurtaud C., 2016. Dietary cation-anion difference and day length have an effect on milk calcium content and bone accretion of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 99, 1527-1538
- Calderon F., Chauveau-Duriot B., Pradel P., Martin B., Graulet B., Doreau M., Nozière P., 2007. Variations in carotenoids, vitamins A and E, and color in cow's plasma and milk following a shift from hay diet to diets containing increasing levels of carotenoids and vitamin E. *J. Dairy Sci.*, 90, 5651-5664
- Caroprese M., Mancino R., Ciliberti M.G., Di Luccia A., La Gatta B., Albenzio M., 2017. Fatty acid profile and coagulating ability of milk from Jersey and Friesian cows fed whole flaxseed. *J. Dairy Res.*, 84, 14-22
- Cecchinato A., Penasa M., De Marchi M., Gallo L., Bittante G., Carnier P., 2011. Genetic parameters of coagulation properties, milk yield, quality, and acidity estimated using coagulating and noncoagulating milk information in Brown Swiss and Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.*, 94, 4205-4213.
- Chauveau-Duriot B., Doreau M., Nozière P., Graulet B., 2010. Simultaneous quantification of carotenoids, retinol, and tocopherols in forages, bovine plasma, and milk: validation of a novel UPLC method. *Anal. Bioanal. Chem.*, 397, 777-790.
- Chemineau P., 2020. Editorial: Livestock and Biodiversity. https://www.waap.it/newsletter/WAAP_Newsletter_21.pdf
- Chilliard Y., Glasser F., Ferlay A., Bernard L., Rouel J., Doreau M., 2007. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 109, 828-855.
- Colin O., Laurent F., Vignon B., 1992. Variations du rendement fromager en pâte molle. Relations avec la composition du lait et les paramètres de la coagulation. *Lait*, 72, 307-319.
- Coulon J.B., Hurtaud C., Rémond B., Vérité R., 1998. Factors contributing to variation in the proportion of casein in cows' milk true protein: a review of recent INRA experiments. *J. Dairy Res.*, 65, 375-387.
- Couvreur S., 2006. La variabilité individuelle des vaches laitières et l'alimentation permettent de moduler les fonctionnalités des globules gras. Thèse de l'École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, 197p.
- Couvreur S., Hurtaud C., 2007. Le globule gras du lait : sécrétion, composition, fonctions et facteurs de variation. *INRA Prod. Anim.*, 20, 369-382.
- Couvreur S., Hurtaud C., Lopez C., Delaby L., Peyraud J. L., 2006. The linear relationship between the proportion of fresh grass in the cow diet, milk fatty acid composition, and butter properties. *J. Dairy Sci.*, 89, 1956-1969.
- Coux N., Gaillard C., Lauvie A., Mugnier S., Verrier E., 2016. Des races localement adaptées et adoptées, une condition de la durabilité des activités d'élevage. *Cah. Agric.*, 25, 650009.
- Delacroix-Buchet A., Lefier D., Nuyts-Petit V., 1993. Polymorphisme de la caséine K de trois races bovines françaises et aptitude à la coagulation. *Lait*, 73, 61-72.
- Doreau M., Poncet C., 2000. Ruminal biohydrogenation of fatty acids originating from fresh or preserved grass. *Reprod. Nutr. Dev.*, 40, 201.
- Fleming A., Schenkel F.S., Chen J., Malchiodi F., Ali R.A., Mallard B., Sargolzaei M., Corredig M., Miglior F., 2017. Prediction of milk fatty acid content with mid-infrared spectroscopy in Canadian dairy cattle using differently distributed model development sets. *J. Dairy Sci.*, 100, 1640-1649.
- Gaignon P., Gelé M., Hurtaud C., Boudon A., 2018. Characterization of the non-genetic causes of variation in the calcium content of bovine milk on French farms. *J. Dairy Sci.*, 101, 4554-4569.
- Gómez-Cortés P., Juárez M., de la Fuente M.A., 2018. Milk fatty acids and potential health benefits: An updated vision. *Trends Food Sci. Technol.*, 81, 1-9.

- Grosclaude F., 1988. Le polymorphisme génétique des principales lactoprotéines bovines. *INRA Prod. Anim.*, 1, 5-17.
- Heck J.M.L., van Valenberg H.J.F., Dijkstra J., van Hooijdonk A.C.M., 2009. Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. *J. Dairy Sci.*, 92, 4745-4755.
- Hurtaud C., Rulquin H., Delaite M., Vérité R., 1995. Appréciation de l'aptitude fromagère des laits de vaches individuels. Tests d'aptitude fromagère et rendement fromager de fabrication. *Ann. Zoot.*, 44, 385-398.
- Hurtaud C., Buchin S., Martin B., Verdier-Metz I., Peyraud J.L., Noël Y., 2001. La qualité des laits et ses conséquences sur la qualité des produits de transformation : quelques techniques de mesure dans les essais zootechniques. *Renc. Rech. Rum.*, 8, 35-42.
- Hurtaud C., Agabriel C., Dutreuil M., Rouillé B., 2010. Caractérisation de la composition des laits selon les pratiques d'alimentation dans les principales régions laitières françaises. *Renc. Rech. Rum.*, 17, 381-384.
- Hurtaud C., Peyraud J.L., Michel G., Berthelot D., Delaby L., 2009. Winter feeding systems and dairy cow breed have an impact on milk composition and flavour of two Protected Designation of Origin French cheeses. *Animal*, 3, 1327-1338.
- Institut de l'Élevage, 2020. Résultats de contrôle laitier – Espèce bovine - France 2019. 115p.
- Jensen H.B., Poulsen N.A., Andersen K.K., Hammershøj M., Poulsen H.D., Larsen L.B., 2012. Distinct composition of bovine milk from Jersey and Holstein-Friesian cows with good, poor, or non-coagulation properties as reflected in protein genetic variants and isoforms. *J. Dairy Sci.*, 95, 6905-6917.
- Kedzierska-Matysek M., Litwinczuk Z., Florek M., Barłowska J., 2011. The effects of breed and other factors on the composition and freezing point of cow's milk in Poland. *Int. J. Dairy Technol.*, 64, 336-342.
- Laithier C., Wolf V., Brochard M., Sanchez M.P., Gaudillière N., Minéry S., Fritz S., Gavoye S., Gaüzère Y., Rolet-Répécaud O., Notz E., Bouton Y., Boichard D., Gersperrin P., Delacroix-Buchet A., 2020. FROM'MIR : Développer des outils de prédiction et de conseil pour maîtriser la fromageabilité des laits destinés à la fabrication des fromages traditionnels franc-comtois. *Innov. Agro.*, INRA, 79, 227-244.
- Laverroux S., Picard F., Andueza D., Graulet B., 2020. Vitamin B2 concentration in cow milk: Quantification by a new UHPLC method and prediction by visible and near-infrared spectral analysis. *Food Chemistry* 342, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128310>.
- Manuelian C., Penasa M., Visentin G., Zidi A., Cassandro M., De Marchi M., 2018. Mineral composition of cow milk from multibreed herds. *Anim. Sci. J.*, 89, 1622-1627.
- Massella E., Piva S., Giacometti F., Liuzzo G., Zambrini A. V., Serraino A., 2017. Evaluation of bovine beta casein polymorphism in two dairy farms located in northern Italy. *Ital. J. Food Saf.* 6, 6904, 131-133.
- McDermott A., Visentin G., McParland S., Berry D.P., Fenelon M.A., De Marchi M., 2016. Effectiveness of mid-infrared spectroscopy to predict the color of bovine milk and the relationship between milk color and traditional milk quality traits. *J. Dairy Sci.*, 99, 3267-3273.
- Morini D., Castagnetti G.B., Chiavari C., Grazia L., Losi G., Davoli R., Bosi P., 1982. Caseification tests carried out with milk characterized by variants A and B of β -lactoglobulin in the production of Parmigiano-Reggiano cheese. *Sci. Tec. Ixittiero-casearia*, 33, 475-492.
- Ng-Kwai-Hang K.F., Grosclaude F., 2003. Genetic polymorphism of milk proteins. In: Fox P.F., McSweeney P.L.H. (Eds) *Advanced Dairy Chemistry—1 Proteins*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8602-3_22
- Nozière P., Graulet B., Lucas A., Martin B., Grolier P., Doreau M., 2006. Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 131, 418-450.
- Remeuf F., Cassin V., Dervin C., Lenoir J., Tomassone R., 1991. Relations entre les caractères physico-chimiques des laits et leur aptitude fromagère. *Lait*, 71, 397-421.
- Sanchez M.P., Fritz S., Patry C., Delacroix-Buchet A., Boichard D., 2020. Frequencies of milk protein variants and haplotypes estimated from genotypes of more than 1 million bulls and cows of 12 French cattle breeds. *J. Dairy Sci.*, 103, 9124-9141.
- Verdier-Metz I., Coulon J.B., Pradel P., Viallon C., Albouy H., Berdagué J.L., 2000. Effect of the botanical composition of hay and casein genetic variants on the chemical and sensory characteristics of ripened Saint-Nectaire type cheeses. *Lait*, 80, 361-370.
- Verrier E., Audiot A., Bertrand C., Chapuis H., Charvolin E., Danchin-Burge C., Danvy S., Gourdine J.L., Gaultier P., Guémené D., Laloë D., Lenoir H., Leroy G., Naves M., Patin S., Sabbagh M., 2015. Assessing the risk status of livestock breeds: a multi-indicator method applied to 178 French local breeds belonging to ten species. *Anim. Genet. Resources*. 57, 105-118.
- von Gastrow L., Madec M. N., Chuat V., Lubac S., Morinière C., Lé S., Santoni S., Sicard D., Valence F., 2020. Microbial diversity associated with Gwell, a traditional French mesophilic fermented milk inoculated with a natural starter. *Microorganisms* 8, 982-1002.

Résumé

Malgré un net regain d'intérêt, les références techniques sur les systèmes valorisant les races locales bretonnes sont quasi inexistantes. Les éleveurs comme les restaurateurs s'intéressent à la spécificité des produits issus de ces races locales. Si leur qualité est empiriquement reconnue, elle n'a jamais été précisément décrite. Les éleveurs s'interrogent sur les qualités intrinsèques des produits laitiers (fromageabilité, crémeux du lait...), sur leurs qualités organoleptiques, et de façon plus générale, sur la notion de qualité globale des produits, à laquelle sont associées bien évidemment les pratiques de production. L'objectif de ce projet de recherche participative était de mieux connaître les qualités du lait des races locales de vaches laitières dans leurs diverses composantes : qualités intrinsèques mais aussi nutritionnelles et technologiques. Des prélèvements de laits de tank associés à des enquêtes ont été réalisés dans les exploitations participant au projet sur différentes races de vaches (6 en Bretonne Pie Noir et 4 en Froment du Léon). Nous avons effectué les prélèvements pendant trois périodes : avril, juillet et novembre 2017. Nous avons caractérisé les laits au niveau biochimique et technologique. Le lait de Bretonne Pie Noir et de Froment du Léon est plus riche en matières grasses et en protéines que le lait des principales races de vaches françaises. Les variants des protéines sont aussi assez caractéristiques de ces races. Ceci leur confère des propriétés technologiques particulières, comme une meilleure aptitude fromagère mais également une moins bonne aptitude à supporter les traitements thermiques. Ces laits sont également plus jaunes ce qui résulte de concentrations plus élevées en β -carotène et riboflavine, sans que cela soit totalement systématique. Les caractéristiques particulières de ces laits de vaches de race locales méritent d'être mieux valorisées et mises en avant dans des circuits courts de commercialisation.

Abstract

Characterization of the milk of two local breeds of cows: the Bretonne Pie Noir and Froment du Léon

Despite a clear resurgence of interest, technical references on systems promoting local Breton breeds are almost non-existent. Both breeders and restaurant owners are interested in the specificity of products from local breeds. While their quality is empirically recognized, it has never been precisely described. Farmers are wondering about the intrinsic qualities of dairy products (cheese capacity, creaminess of milk...), their organoleptic qualities, and more generally, the notion of overall product quality, to which are obviously associated production practices. The objective of this participatory research project was to improve our understanding of milk qualities of local breeds of dairy cows in their various components:

intrinsic qualities but also nutritional and technological qualities. Samples of tank milk associated with surveys were carried out on farms participating in the project on different breeds of cows (6 in Bretonne Pie Noir and 4 in Froment du Léon). We took samples over 3 periods: April, July and November 2017. We characterized the milks at the biochemical and technological levels. The milk of Bretonne Pie Noir and Froment du Léon is richer in protein and fat than the milk of the main French cows. Protein variants are also quite characteristic of these breeds. This gives them particular technological properties, such as better cheese-making capacity, but also a poorer ability to resist to heat treatments. These milks are also yellower which results from higher concentrations of β -carotene and riboflavin, without this being completely systematic. The particular characteristics of milk from local breed cows deserves to be better valued and put forward in short marketing circuits.

HURTAUD C., CHAABOUNI R., RESMOND R., MIRANDA G., GRAULET B., MORINIÈRE C., 2021. Caractérisation du lait de deux races locales de vaches : la Bretonne Pie Noir et la Froment du Léon. INRAE Prod. Anim., 34, 29-46.

<https://doi.org/10.20870/productions-animales.2021.34.1.4648>



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.

