ANNEXE F.
TABLEAUX TECHNIQUES DE RÉFÉRENCE SUR LE LAIT ET LE FROMAGE

Ces tableaux regroupent les références analytiques et techniques utilisées aux chapitres 15 à 20. Ils distinguent les mesures publiées sur le lait d'hippopotame commun, les méthodes laitières générales établies, les critères réglementaires et les exemples de calcul. Les valeurs issues de quelques échantillons prélevés après la mise bas ne doivent jamais être présentées comme des moyennes de lactation mature, des spécifications laitières habituelles ou des rendements fromagers garantis.

Cette annexe peut être téléchargée à l'adresse suivante :

https://greybarnfarm.com/publishing/laiterie-hippo

F.1. Composition publiée et limites des déductions

Tableau F.1. Composition mesurée du lait d'hippopotame commun dans les premiers jours après la mise bas

Jours après la mise bas	Protéines (%)	Matières grasses (%)	Sucres totaux (%)	Cendres (%)
1	9,56	0,48	4,70	0,67
3	8,06	1,45	4,35	0,67
8	6,39	1,78	4,60	0,73
9	8,16	4,24	4,30	0,72

Source : Henry, Power, Maslanka, Rencken et Nollman (2022), quatre échantillons prélevés sur une même mère après une naissance prématurée. Les pourcentages représentent des fractions massiques du produit brut. L'article indique une matière sèche totale comprise entre 14,38 et 16,72 % dans ces échantillons ; il ne permet pas d'établir des moyennes de lactation mature. La « teneur en sucres totaux » n'est pas une mesure spécifique du lactose.

Tableau F.2. Données pouvant ou ne pouvant pas être présentées comme caractéristiques du lait d'hippopotame

Élément	État des preuves et interprétation admissible
Protéines, matières grasses, sucres totaux, cendres	Mesures directes sur quatre échantillons des premiers jours après la mise bas ; observations individuelles, non références de race ou de troupeau.
Matière sèche	Plage mesurée de 14,38 à 16,72 % dans l'étude de 2022 ; ne pas attribuer des valeurs précises à chaque jour sans données appariées vérifiées.
Lactose ; fractions de caséine ; acides gras	Ces analyses n'établissent pas de profil de lactation mature ; des méthodes propres à chaque constituant sont nécessaires.
Calcium ; vitamines ; réaction à la présure ; rendement	Ne pas déduire ces éléments des cendres minérales ou des protéines totales ; réaliser de nouvelles analyses ou des essais pilotes contrôlés.
Échantillon historique (Gray, 1959)	La composition publiée présente une incohérence interne concernant la matière sèche totale ; elle ne constitue pas une norme de production fiable.

Les anciennes valeurs rapportées par Gray (1959) — matières grasses 3,49 %, protéines 5,30 %, lactose 4,32 % et cendres 0,80 % — totalisent 13,91 %, tandis que le même texte indique 11,50 % de matière sèche totale. Conservez cette divergence comme un avertissement relatif à la qualité des données plutôt que de la corriger silencieusement.

F.2. Prélèvements et mesures de laboratoire

Un certificat de lot pertinent doit d'abord identifier l'animal vérifié ou le lot mélangé, la date et l'heure, le stade après mise bas, les antécédents d'accès du petit, l'admissibilité au regard des traitements, l'historique de collecte et de refroidissement, la méthode d'échantillonnage, le laboratoire, la méthode analytique et tout écart à la procédure habituelle. Un résultat pour un lot de lait retenu ne peut remplacer l'autorisation individuelle de la femelle.

Tableau F.3. Méthodes analytiques appropriées et précautions

Détermination	Exemple de référence ou de technique	Précaution essentielle
Échantillonnage représentatif	ISO 707:2008	Documenter le mélange du récipient, les aliquotes aseptiques, la température des échantillons et la chaîne de conservation.
Matière sèche totale (lait)	ISO 6731:2010	Méthode gravimétrique de référence ; le résultat exige un échantillon correctement manipulé.
Matière sèche totale (fromage)	ISO 5534:2004	Obtenir l'humidité du fromage par différence : 100 % moins le pourcentage de matière sèche.
Matière grasse (lait liquide)	ISO 23318:2022	Méthode gravimétrique ; vérifier son adéquation à la matrice du lait d'hippopotame.
Protéines brutes	ISO 8968-1:2014	Conversion de l'azote selon Kjeldahl ; indiquer le facteur et les conventions relatives à l'azote non protéique.
Analyse rapide de composition	ISO 9622:2013	Analyse dans le moyen infrarouge uniquement après étalonnage pour l'espèce et la matrice et contrôles appropriés.
Lactose spécifiquement	ISO 22662:2024 (CLHP)	Différente des analyses non spécifiques des sucres totaux ; valider l'application.
Fractions de caséine ; acides gras	Fractionnement / électrophorèse validés ; chromatographie en phase gazeuse	Exiger une méthode, des étalons, un rendement de récupération et une répétabilité adaptés à l'échantillon.

Les désignations des méthodes renvoient à des méthodes publiées, et non à une approbation automatique pour une matrice de lait d'hippopotame non éprouvée. Avant de s'appuyer sur une valeur pour l'étiquetage ou la conception d'un procédé, confirmez le champ de compétence du laboratoire, ses contrôles, ses limites de quantification et la version applicable de la méthode.

F.3. Paramètres microbiologiques et libération des produits

Les dénombrements microbiens indiquent la maîtrise du procédé ; ils ne prouvent pas, à eux seuls, l'absence de tous les agents pathogènes. Dans l'Union européenne, le lait cru provenant d'espèces autres que les bovins est évalué selon une catégorie d'espèces, tandis que les critères des produits laitiers finis varient selon le produit, le procédé et l'aptitude à permettre la croissance microbienne. La laiterie doit appliquer la bonne catégorie de produits plutôt que reprendre une limite de cellules somatiques propres aux bovins.

Tableau F.4. Repères réglementaires et décisions de maîtrise

Paramètre / produit	Critère européen publié ou principe de maîtrise
Lait cru d'espèces autres que bovines	Dénombrement à 30 °C ≤ 1 500 000/mL, moyenne géométrique mobile sur deux mois, au moins deux échantillons par mois.
Lait cru non bovin destiné aux produits au lait cru sans traitement thermique	Dénombrement à 30 °C ≤ 500 000/mL selon le même protocole d'échantillonnage sur deux mois.
Cellules somatiques, critère bovin	≤ 400 000/mL s'applique au lait de vache ; ce n'est pas un seuil établi pour l'hippopotame.
Résidus médicamenteux	Registres des traitements vétérinaires et des délais d'attente ainsi que limites maximales de résidus applicables ; retenir et examiner tout lait suspect.
Fromage prêt à consommer, L. monocytogenes	Appliquer le règlement nº 2073/2005 modifié, y compris les dispositions de juillet 2026 : lorsque le respect de 100 UFC/g pendant la durée de conservation n'est pas démontré, le critère « non détecté dans 25 g » s'applique aux aliments favorisant la croissance.
Autres dangers des produits finis	Salmonella, staphylocoques à coagulase positive, E. coli et indicateurs d'hygiène : choisir la catégorie de produit, la méthode et le plan d'échantillonnage applicables.

Sources : règlement (CE) nº 853/2004, annexe III, section IX ; règlement (CE) nº 2073/2005 tel que modifié par le règlement (UE) 2024/2895 (applicable à partir du 1er juillet 2026). Ces critères de dénombrement ne suffisent pas, à eux seuls, à établir la sécurité du lait cru ni à remplacer les autres autorisations d'exploitation de la laiterie.

Tableau F.5. Températures prévues par la réglementation européenne sur l'hygiène du lait

Étape	Critère et condition
Refroidissement du lait à l'exploitation	Immédiatement à ≤ 8 °C lorsque la collecte est quotidienne ; ≤ 6 °C dans le cas contraire.
Pendant le transport	Maintenir la chaîne du froid ; à l'arrivée à destination, température du lait ≤ 10 °C.
À la réception à la laiterie	Refroidir rapidement à ≤ 6 °C et maintenir jusqu'à transformation, sauf exception prévue.
Pasteurisation (HTST)	Au moins 72 °C pendant 15 s, ou effet équivalent validé.
Pasteurisation (LTLT)	Au moins 63 °C pendant 30 min, ou effet équivalent validé.

Important : il s'agit de conditions réglementaires de référence assorties d'exceptions définies et d'obligations de validation ; ce ne sont pas des consignes de température pour les cuves de fabrication du fromage. Le dosage de la phosphatase alcaline d'un lait non bovin peut ne pas convenir comme unique preuve de l'efficacité du traitement thermique.

F.4. Rendement en caillé et humidité : feuille de bilan massique

Le rendement fromager est la masse de fromage fini divisée par la masse de lait entrant, généralement exprimée en pourcentage. Il dépend des quantités initiales de caséine et de matière grasse, de leur rétention effective dans le caillé, des pertes dans le lactosérum, du sel ajouté et de l'eau retenue ou perdue pendant la fabrication et l'affinage. Aucun coefficient unique de conversion du lait d'hippopotame en fromage ne s'applique à tous les produits.

Tableau F.6. Exemple de comptabilité illustrative pour 100 kg de lait transformés en fromage

Étape	Quantité d'exemple	Signification
Lait reçu	100,00 kg	Masse initiale choisie, non donnée de production propre à l'espèce.
Matière sèche du lait supposée	13,00 kg (13,0 %)	Composition hypothétique aux seules fins de calcul.
Récupération supposée dans le caillé	7,15 kg (55 % de la matière sèche)	Fraction de rétention non validée ; les solides restants partent avec le lactosérum ou les pertes.
Sel retenu	0,15 kg	Masse sèche ajoutée illustrative.
Matière sèche finale	7,30 kg	7,15 kg de solides du lait récupérés + 0,15 kg de sel.
Produit fini à 45 % d'humidité	13,27 kg	7,30 ÷ (1 − 0,45) ; masse théorique à l'humidité spécifiée.
Solides non retenus	5,85 kg	13,00 − 7,15 ; valeur différente de la masse totale de lactosérum.

Cet exemple illustre le calcul, et non un rendement typique du fromage au lait d'hippopotame. La masse du lactosérum comprend aussi de l'eau ; la manipulation du caillé, l'évaporation, les prélèvements et les évacuations exigent des mesures réelles de chaque lot.

Formules de travail : rendement fromager (%) = 100 × masse du fromage fini ÷ masse de lait entrant ; masse du fromage fini = matière sèche retenue ÷ (1 − fraction d'humidité finale). Dans l'exemple, 100 × 13,27 ÷ 100 = 13,27 % de rendement théorique. On ne peut substituer un poids par litre à un poids par kilogramme sans avoir mesuré la densité du lait.

Tableau F.7. Sensibilité à l'humidité pour une matière sèche constante (7,30 kg)

Humidité finale du fromage	Masse calculée du fromage fini	Rendement calculé / 100 kg de lait
40 %	12,17 kg	12,17 %
45 %	13,27 kg	13,27 %
50 %	14,60 kg	14,60 %

Seule la teneur en eau varie dans cette comparaison contrôlée. Cela ne signifie pas que les différents types de fromage retiennent des quantités identiques de matières grasses, de protéines, de sel ou de matière sèche lors de la fabrication réelle.

F.5. Indices de composition du fromage et registres de fabrication

Le pourcentage d'humidité décrit l'eau contenue dans l'ensemble du fromage. L'humidité du fromage dégraissé (HFD) et la matière grasse sur extrait sec (MG/ES) permettent de comparer des formulations

différentes, mais aucun de ces indices ne décrit à lui seul l'affinage, la flore de croûte ou la qualité sensorielle. Déterminez l'humidité et la matière grasse sur des échantillons représentatifs et identifiés.

Tableau F.8. Composition calculée d'un fromage d'exemple

Quantité	Masse mesurée illustrative	Résultat calculé
Fromage entier	10,00 kg	Masse de référence
Eau	4,20 kg	Humidité = 42,0 %
Matière sèche	5,80 kg	Matière sèche = 58,0 %
Matière grasse	2,80 kg	Matière grasse du fromage = 28,0 %
Matière grasse sur extrait sec	2,80 ÷ 5,80	MG/ES = 48,3 %
Humidité du fromage dégraissé	4,20 ÷ (10,00 − 2,80)	HFD = 58,3 %

MG/ES (%) = 100 × masse de matière grasse ÷ (masse du fromage − masse d'eau). HFD (%) = 100 × masse d'eau ÷ (masse du fromage − masse de matière grasse). Ce sont des définitions de composition, et non des objectifs validés pour les fromages régionaux décrits au chapitre 18.

Tableau F.9. Registre minimal utile de fabrication et d'affinage

Étape de production	Données à consigner pour chaque lot de fromage traçable
Réception et admissibilité	Identifiants d'exploitation, de femelle ou de lot en vrac ; levée des restrictions de traitement ; température à réception ; analyses ; type de fromage prévu.
Coagulation et caillé	Identifiants des ferments et coagulants ; méthode de dosage ; température d'ensemencement et de prise ; pH et temps ; observations sur le caillé.
Égouttage et salage	Programme de découpe et de chauffage ; évacuation du lactosérum ; conditions de pressage ; méthode de salage et masse de sel ; poids du caillé et du fromage.
Affinage et libération	Évolution de la température et de l'humidité relative du local ; retournements ; contrôles de croûte ; écarts ; résultats d'analyses ; date d'expédition.

F.6. Interprétation des tendances de qualité et décisions de libération

Un résultat de laboratoire n'a de sens qu'associé à une méthode et à une décision de gestion. Le dénombrement de la flore totale à 30 °C dans le lait cru indique une charge microbienne globale, et non une recherche des agents pathogènes espèce par espèce. Il doit être interprété en tenant compte de la représentativité des prélèvements, des registres de réfrigération, des traitements administrés aux animaux et de la destination du lot. Les deux critères de dénombrement non bovins du tableau F.4 correspondent à des usages différents ; satisfaire au moins strict ne rend pas un lot admissible à l'usage soumis au critère plus strict.

Tableau F.10. Calcul d'une moyenne géométrique mobile (dénombrements illustratifs)

Échantillon sur deux mois	Dénombrement à 30 °C	Utilisation dans le calcul
Mois 1, échantillon 1	400 000/mL	Valeur logarithmique 1
Mois 1, échantillon 2	500 000/mL	Valeur logarithmique 2
Mois 2, échantillon 1	600 000/mL	Valeur logarithmique 3
Mois 2, échantillon 2	700 000/mL	Valeur logarithmique 4
Moyenne géométrique	Environ 538 000/mL	Racine quatrième du produit des quatre dénombrements.

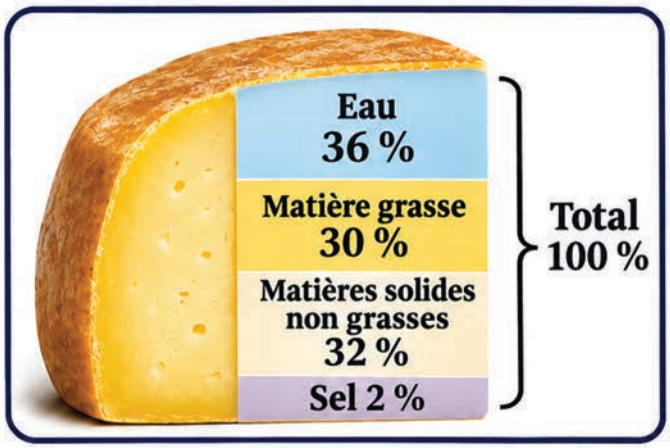
La moyenne obtenue est inférieure à 1 500 000/mL, mais supérieure à 500 000/mL. Dans cet exemple

arithmétique, elle satisferait au critère général de dénombrement pour le lait non bovin, mais pas au critère plus restrictif applicable à la fabrication d'un produit à base de lait cru sans traitement thermique. Cela n'autorise aucun des deux usages : l'exploitant doit satisfaire à toutes les autres obligations légales, sanitaires et d'autorisation. Une tendance anormale à la hausse mérite une investigation même lorsque la moyenne géométrique demeure conforme à un critère.

Tableau F.11. Questions consignées avant la libération d'un lot destiné à la transformation

Contrôle	Document ou mesure requis
Identité et origine	Identités vérifiées des femelles ou entrées des lots en vrac ; provenance ; statut d'accès des petits et de traitement.
Validité de l'échantillon	Prélèvement représentatif, date et heure, conditions de transport, méthode, laboratoire et résultat.
Contrôle de la chaîne du froid	Refroidissement à l'exploitation, transport routier, réception chez le transformateur et écarts avec leur traitement.
Adéquation du procédé	Destination fromagère ou lait de consommation, température ou procédé validé, contrôles des agents pathogènes propres au produit.
Décision sur le lot	Accepter, séparer, retenir, retraiter seulement lorsque c'est légal et validé, ou rejeter ; signer et assurer la traçabilité.

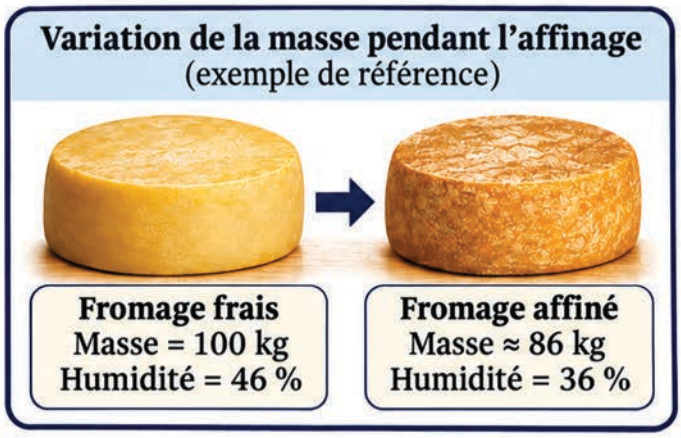
Ces exemples relient la démarche documentaire des chapitres 14 et 16 aux contrôles des produits examinés aux chapitres 17 à 20. Ils illustrent une méthode de raisonnement, et non de nouvelles limites microbiologiques. Les décisions effectives dépendent des prélèvements, de la catégorie juridique applicable et des exigences de l'autorité compétente.



Matière sèche = 100 – humidité

Teneur en matière grasse sur matière sèche (MG/MS) =
matière grasse ÷ matière sèche × 100

Humidité sur base dégraissée
(HBD) = humidité ÷ (100 – matière grasse) × 100



Relations d'exemple	Valeur
Humidité totale	36 %
Matière sèche	64 %
Teneur en matière grasse sur matière sèche (MG/MS)	47 %
Humidité sur base dégraissée (HBD)	51 %

Relations entre la composition du fromage et l'humidité, montrant l'eau, la matière grasse, les matières sèches non grasses retenues et le sel ajouté dans le fromage fini ; la relation entre humidité totale, matière sèche, matière grasse sur extrait sec et humidité du fromage dégraissé ; et la variation de la masse finale lors de la perte d'eau pendant l'affinage.

Principales sources : Henry et al. (2022), Zoo Biology, 41, 360–364 ; Gray (1959), International Zoo Yearbook, 1, 46 ; normes ISO 707, 6731, 5534, 23318, 8968-1, 9622 et 22662 ; International Dairy Federation, Cheese and Varieties: Part II (2021) ; règlements (CE) nº 853/2004 et nº 2073/2005, tels que modifiés. Le chapitre 17 explique les procédés sous-jacents ; les chapitres 18 à 20 décrivent leur application aux fromages régionaux et au lait embouteillé.