

Influence of raw milk quality on skimmed milk powder quality

Effet de la qualité du lait cru sur la qualité de la poudre de lait écrémé

Y. HACHANA^{1*}, W. AOUINI¹, L. LANOUAR¹, M. GUIDER²

¹ High Institute of Agriculture Chott-Meriem Sousse Tunisia

² Elben Industries Candia Sidi Bouali Sousse

*Corresponding author: hachana@yahoo.fr

Abstract – The aim of this work was to evaluate the impact of the physicochemical and bacteriological quality of raw milk on the quality of skimmed milk powder. Although the physicochemical characteristics of raw milk, intended for drying, comply with the required standards, they nevertheless remain very variable from one delivery to another, and caused instability in the composition of the produced skimmed milk powder from one batch to another. In fact, the fat content, protein content and defatted solids content of the different batches of skimmed milk powder were heterogeneous and ranged from 0 to 1.5g /100g, from 32.6 to 37.30g /100g and from 72 to 82g /100g respectively. Humidity content ranged from 3.07 to 4.33%. Despite that the average of bacteriological count of the raw milk delivered was very high ($>2.10^6$ cfu/ml), the majority of produced skimmed milk powder batches showed total bacterial count in accordance with national standards. The turbidity test revealed that 92% of the batches produced, had visible impurities less than or equal to 8 particles.

Keywords: Milk, composition, quality, transformation, drying.

Résumé – L'objectif principal de ce travail est d'évaluer l'impact de la qualité physico-chimique et bactériologique du lait cru sur la qualité de la poudre de lait écrémé. Malgré que les caractéristiques physico-chimiques du lait cru destiné au séchage, sont conformes aux normes requises, elles restent cependant très variable d'une livraison à une autre ce qui a provoqué une instabilité de la composition de la poudre produite d'un lot à un autre. En effet, les teneurs en matière grasse, en matière protéique et en extrait sec dégraissé des différents lots de poudre ont été hétérogènes et ont varié de 0 à 1.5g/100g, de 32,6 à 37,30 g/100g et de 72 à 82g/100g respectivement. Quand à l'humidité elle a varié de 3.07 à 4.33%. Malgré que la moyenne des comptages bactériologiques du lait cru livré a été très élevée ($>2.10^6$ germes/ml), la majorité des lots de poudre produits ont présenté des taux de germes totaux conformes aux normes nationales. Le test de turbidité a révélé que 92% des lots produits ont présenté des impuretés visibles dont le nombre est inférieure ou égale à 8 particules.

Mots clés : Lait, composition, qualité, transformation, séchage.

1. Introduction

La filière laitière tunisienne a réussi à réaliser l'autosuffisance en lait UHT depuis 1999. A partir de l'année 2000 un excédent structurel a permis une exportation du lait de boisson et aussi le séchage de certaines quantités excédentaires de lait (APIA 2008). En 2015 la production laitière nationale a atteint 1.376 millions de litres (GIVLAIT 2015). L'évolution quantitative des quantités de lait produites a poussé les industriels laitiers à rechercher une meilleure valorisation des quantités de lait générées, surtout pendant les périodes de surproduction. Dans ce cadre, la déshydratation du lait a pu être une solution à fin de gérer les excédants de production et aussi en valorisant le lait sous une autre forme, plus réduite de point de vu volume, stable et pouvant réduire les dépenses importantes de l'importation de la poudre du lait. Il est largement accepté que la qualité des différentes poudres laitières dépend de nombreux facteurs, dont la qualité de la matière première, ainsi que le contrôle du processus du séchage en lui même (Celestino et al., 1997). Selon Richarts (1994), les équivalents laits dépendent de la teneur en matière grasse, en matière sèche ou en matière sèche non grasse du produit laitier envisagé et du lait de départ. Deeth et Hartanto (2009) ont rapporté qu'une poudre de lait n'est pas évaluée uniquement sur



la base de sa teneur en extrait sec, mais elle est évaluée aussi sur sa composition biochimique, microbiologique et physique qui conditionne sa qualité finale (Deeth et Hartano 2009). Hindmarsh et al. (2007) ont rapporté que la qualité d'une poudre de lait réside dans sa dispersibilité, sa mouillabilité, sa fluidité et sa stabilité à l'oxydation, qui sont tous des facteurs dépendant de la qualité de la matière première utilisée et du processus de séchage. En effet, un écrémage non convenablement réalisé, engendre la présence de matière grasse à la surface de la poudre, ce qui rend les grains hydrophobes, et ainsi affecte leur mouillabilité et leur dispersibilité (Kim et al., 2002). La qualité microbiologique de la poudre de lait est d'une importance capitale elle est étroitement liée à la qualité bactériologique du lait cru utilisé (Schuck, 2011). Celestino et al. (1997) ont rapporté que le comptage bactériologique du lait en poudre est influencé non seulement par la qualité microbiologique de la matière première mais aussi par les contaminations durant et après le processus de séchage. Le traitement thermique du lait cru, appliqué avant le démarrage du séchage, permet de détruire presque la totalité de la flore bactérienne existante. Les enzymes thermorésistantes, protéolytiques et lipolytiques, produites par la flore initiale du lait ne sont pas inhibées par le traitement thermique et restent actives dans la poudre du lait, engendrant ainsi des changements dans sa composition physicochimique en plus de la modification de sa qualité sensorielle et la réduction de sa durée de stockage (Cogan 1980; Celestino et al., 1997). L'objectif du présent travail consiste à étudier les facteurs pouvant influencer la qualité du lait en poudre écrémée à travers le diagnostic détaillé de la composition physico-chimique et bactériologique de la matière première utilisée, ainsi qu'à travers le suivi des paramètres techniques de séchage et la qualité du produit fini obtenu.

2. Matériels et Méthodes

Ce travail a été réalisé dans une usine de séchage située dans le Centre Est Tunisien, approvisionnée en lait cru par 53 fournisseurs provenant des différentes zones de productions.

2.1. Prise d'échantillons

Les prélèvements des échantillons de lait cru ont été effectués à deux niveaux. Directement à partir des camions citernes pour étudier la variabilité de la composition physicochimique et bactériologique du lait cru selon les fournisseurs, et à partir des tanks à lait de grand mélange, pour pouvoir calculer le rendement de production du lait en poudre et suivre l'évolution de la qualité tout au long du circuit de transformation. Le prélèvement des échantillons de lait cru destinés pour les analyses bactériologiques est réalisé directement à partir des tanks, dans des pots stériles, à l'aide d'un bec benzène. Chaque échantillon est muni d'une étiquette mentionnant : le point du prélèvement, la date et l'heure de prélèvement. Les échantillons sont rapidement refroidis dans de l'eau glacée et ramenés directement au laboratoire de l'usine pour l'examen bactériologique. Les échantillons de poudre sont collectés aussi aseptiquement dans des pots stériles à partir des silos de production. Chaque échantillon porte une étiquette mentionnant l'origine du lait cru, le numéro du lot du lait en poudre, la date de fabrication et la date de prélèvement.

2.2. Analyses physicochimiques du lait cru

Une série d'analyses primaires est réalisée sur le lait de chaque compartiment des citernes livrées à fin de contrôler l'aptitude ou non du lait aux traitements thermiques. Les analyses effectuées sont les suivantes ; la densité, le taux de mouillage par cryoscopie, l'acidité dornic, le pH, le test de stabilité Ramsdel, le test à l'alcool 72° et le Deltotest permettant de déceler la présence ou non d'antibiotiques dans le lait. Après acceptation, le lait subit une deuxième série d'analyses chimiques pour déterminer la teneur en matière grasse (MG), la teneur en matière protéique (MP), la teneur en extrait sec total (EST) et la teneur en extrait sec dégraissé (ESD). L'appareil utilisé est le Milkoscan FT120 de la société Danoise Foss-Electric.

2.3. Analyses du lait en poudre

Les teneurs en MG, MP, ESD et EST de la poudre de lait sont déterminées à l'aide de l'analyseur Milkoscan FT120, après dissolution de 10g de poudre dans 100 ml d'eau distillée. L'humidité de la poudre est déterminée directement par un dessiccateur à infrarouge de type 5MB35 Halogen, (Ohaus). La stabilité de la poudre est testée par le test de Ramsdell. La matière grasse des poudres est vérifiée à l'aide de la méthode acido-butyrométrique de référence (Méthode de Gerber).

2.4. Analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont concerné la détermination du nombre de germes totaux dans le lait cru de chaque fournisseur et dans la poudre de lait de chaque production selon la procédure mentionnée par la norme Tunisienne NT 14.223 (1994).

2.5. Analyses statistiques

Les valeurs sont exprimées sous forme de moyennes de 2 mesures indépendantes et leurs écarts types. Les calculs ont été effectués par le logiciel SAS 9.13. Une comparaison des moyennes a été réalisée à l'aide du test t.

3. Résultats et Discussion

3.1. Variation des quantités réceptionnées de lait cru

L'étude des quantités de lait cru transformées en poudre par l'usine de séchage durant la période d'essais a révélé que ces dernières sont très variables d'un jour de production à un autre. Ces quantités ont varié de 63,70 à 193,99 mille litres par production, avec une moyenne de l'ordre de $126,42 \pm 39,66$ mille litres (figure 1). Cette variation est en fait due à la disponibilité du lait cru destiné au séchage. En effet, les industriels laitiers donnent souvent la priorité de production aux produits de grande consommation telle que le lait UHT et le yaourt malgré le cota imposé par l'état. Généralement ce sont les quantités en surplus qui sont destinées au séchage.

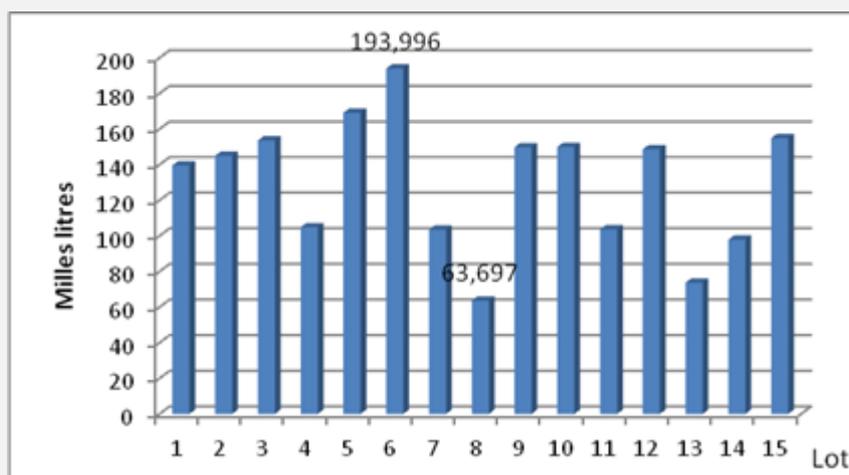


Figure 1. Variation des quantités de lait transformées en poudre selon les lots produits.

3.2. Qualité physico-chimique du lait cru reçu

3.2.1. Densité et mouillage

À l'usine de séchage, le lait cru reçu constitue souvent un facteur de variation essentiel de la qualité du produit fini. Une instabilité dans la composition de la matière première peut influencer tout le processus de fabrication et engendre même une instabilité dans la quantité et la qualité du lait en poudre produit. Les valeurs de la densité du lait cru accepté ont varié de 1028 à 1030,20g/l, avec une moyenne de l'ordre de $1028,81 \pm 0,49$ g/l. Ces valeurs sont bien conformes aux Normes Tunisiennes NT 14-141 (2007) qui exigent que la valeur minimale de la densité du lait cru de mélange destiné à la transformation doit être supérieure ou égale à 1028g/l. Le suivi des mesures des différentes densités du lait de mélange a révélé que 98% des échantillons ont une densité entre 1028 et 1030g/l. Pour les 2 % restants, la densité a été supérieure à 1030g/l. Ces valeurs acceptables de la densité, selon les normes nationales, sont dues principalement à une composition physico-chimique correcte et un faible taux de mouillage du lait. Selon Williams (2002), la densité normale du lait de vache doit se situer entre 1029 et 1034g/l. Cette densité varie selon la richesse du lait en matière sèche. D'après Bocquiert (1985), une ration équilibrée permet de produire un lait de densité convenable pouvant dépasser les 1035g/l. Cependant, la densité

est inversement proportionnelle au taux de matière grasse du lait. C'est ainsi qu'un écrémage peut provoquer l'augmentation de la densité d'un lait malgré qu'il est mouillé. Généralement l'addition d'eau au lait, qui est une pratique frauduleuse illicite, est fréquemment rencontrée dans les périodes de basse lactation où les contrôles du lait cru à la réception sont malheureusement moins sévères. Selon la figure 2, la majorité des échantillons de lait cru destinés à la production de lait en poudre (85%), ont un taux de mouillage inférieur à 1%, contre 13% qui ont présenté un taux de mouillage entre 1 et 3% et seulement 2% qui ont un taux supérieur à 3%.

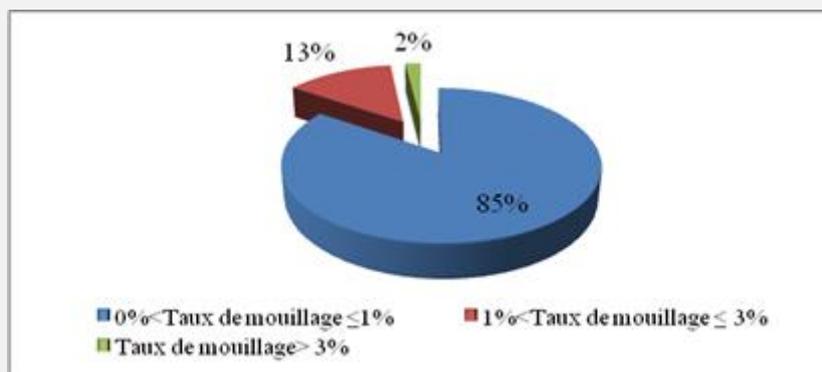


Figure 2. Variation du taux de mouillage du lait cru reçu

3.2.2. Matière grasse

La matière grasse (MG) du lait cru a varié entre 32 et 40,8g/l, avec une moyenne de $34,39 \pm 1,82$ g/l. Plus que la moitié (53%) des valeurs enregistrées de la matière grasse du lait cru destiné à la production de lait en poudre, sont situées entre 33 et 35g/l et que plus que le quart (26%) ont des teneurs en MG supérieur à 35g/l. Les 21% restants ont des taux butyreux variant entre 30 et 33 g/l (figure 3). Ces résultats montrent bien que les teneurs moyennes en MG du lait cru utilisé pour la production de lait en poudre, dépassent largement les exigences des normes tunisiennes requises en cet élément.

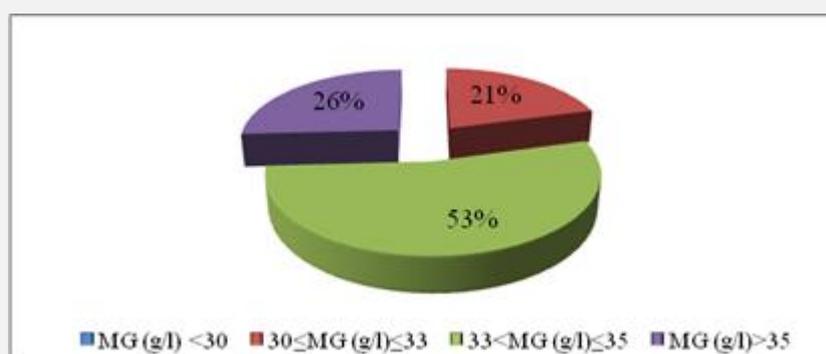


Figure 3. Variation de la teneur en matière grasse du lait cru reçu

En effet, le taux butyreux (TB) du lait dépend de la composition de la ration. D'après Coulon et al. (1991), le TB a tendance à s'accroître si les vaches reçoivent en début de lactation des ensilages de maïs d'excellente qualité à volonté, car l'ingestion du fourrage et sa proportion dans la ration augmente. D'autre part, une sous-alimentation énergétique en début de lactation même de courte durée engendrent une augmentation du taux butyreux (Meyer et Duteurtere 1998). Les rations énergétiques (dépourvues de foin ou de fourrages grossiers) ne permettent pas la production des composés acétyles, donc la teneur du lait en matières grasses diminue (FAO 1995).

3.2.3. Matière protéique

Les teneurs en matière protéique du lait cru ont varié de 30,6 à 33,80 g/l avec une moyenne de $31,80 \pm 0,67$ g/l. Ces valeurs ont été conformes aux valeurs fixées par les normes Tunisiennes NT 14-141 (2007) qui exigent une teneur en MP supérieure ou égale à 28 g/l. La majorité des échantillons de lait cru (90%) destinés à la production de lait en poudre, ont des teneurs protéiques situées entre 31 et 33 g/l, alors que 7% ont des teneurs situées entre 28 et 31 g/l et le reste (3%), ont des taux protéiques dépassant les 33 g/l (figure 4).

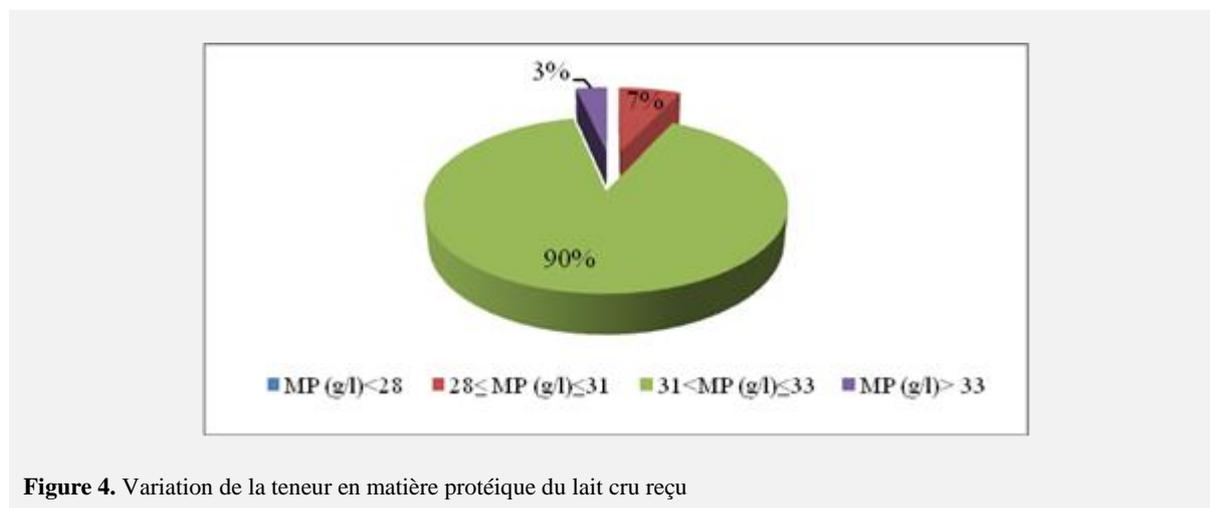


Figure 4. Variation de la teneur en matière protéique du lait cru reçu

Selon Delaby et al. (2003), un apport de concentré permet d'accroître le taux protéique du lait de plus de 0.24 g par kilogramme de lait, pour chaque kilogramme de matière sèche (MS) de concentré consommé. D'autre part, Bony et al. (2005), ont montré qu'une bonne part du concentré dans la ration (en moyenne 55% de la MS ingéré) se traduit par des taux butyreux légèrement inférieurs avec des taux protéiques élevés. Coulon et al. (1991) ont mentionné que l'apport d'urée à des rations pauvres en azote à base d'ensilage de maïs provoque une augmentation du taux protéique du lait de l'ordre de 0.13 gramme par kilogramme de lait.

3.2.4. Extrait sec dégraissé

La teneur en extrait sec dégraissé (ESD) du lait cru a varié entre 76,30 et 82,80 g/l. La moyenne de cette teneur pour tous les prélèvements a été de l'ordre de 87,74 g/l, avec un écart-type de 1,12. Cette teneur présente de faibles variations. La majorité des lots de lait cru (90%), destinés à la production de lait en poudre, ont des teneurs en extrait sec dégraissé en dessous de 80g/l, alors qu'uniquement 10% des échantillons ont des teneurs dépassant les 80 g/l. Selon Mahieu (1994), la teneur normale en ESD du lait cru doit être comprise entre 80 et 90 g/l. Cette teneur en ESD, qui correspond à l'ensemble des composants de la matière sèche à l'exception des matières grasses, est très stable dans le lait de vache mais peut varier d'une race à une autre, même avec une alimentation identique. Selon Brien et Guinee (2011), l'augmentation de l'ESD est due à une augmentation de la teneur en protéines et occasionnellement du lactose. En outre, une alimentation plus riche en protéine n'induit pas une augmentation de l'ESD. Seule une augmentation de l'apport énergétique (augmentation de la quantité du concentré) peut croître l'ESD de 8,3% à 8,6%. Selon FAO (1995), les rations peu énergétiques réduisent considérablement le pourcentage d'extrait sec dégraissé.

3.3. Qualité bactériologique du lait cru reçu

La qualité bactériologique du lait cru est très hétérogène. Elle a varié de 120 millions de germes par ml à 350 milles germes par ml. Ces valeurs présentent une variation importante autour de la moyenne. Seulement 26% des laits de cru utilisés ont présenté un nombre de germes totaux (GT) conforme aux normes Tunisiennes NT 14-141 (2007) qui exigent un nombre inférieur à 1 million de germes par ml. On a constaté que 74% des échantillons sont non conformes aux normes nationales dont 47% ont présenté un comptage supérieur à 2 millions, et 27% entre 1 et 2 million germes par ml (figure 5). Les résultats des comptages bactériologiques indiquent bien que la qualité bactériologique du lait cru utilisé pour la production du lait en poudre est un grand problème, qui malheureusement ne peut pas être

contrôlé par l'usine de séchage, puisqu'il dépend des conditions d'hygiène de production et de collecte du lait cru. Selon Michel et al. (2001), le lait contient moins de 10^3 germes/ml lorsqu'il est prélevé dans des conditions hygiéniques à partir d'un animal sain. Il existe dans la mamelle des germes banaux qui contaminent le lait au moment de sa récolte. En effet, cette population d'origine mammaire saine est généralement peu nombreuse, elle dépasse rarement 10^3 germes par ml à condition de ne pas trouver les conditions favorables pour se développer et proliférer. D'autres auteurs ont montré qu'en absence de soins particuliers lors de la préparation de la mamelle, la contamination du lait par la peau du trayon peut cependant atteindre 5.10^4 à 3.10^5 germes totaux par ml (Richard et al. 1981). Dans le même sens, la contamination par le matériel de traite dépend essentiellement de la conception, de l'état du matériel de traite et de la qualité du nettoyage. Dans une autre étude, Richard et Houssu (1983), ont démontré que le lait sous sa forme liquide présente une grande réceptivité aux germes extérieurs et il est considéré comme un excellent milieu de culture des micro-organismes.

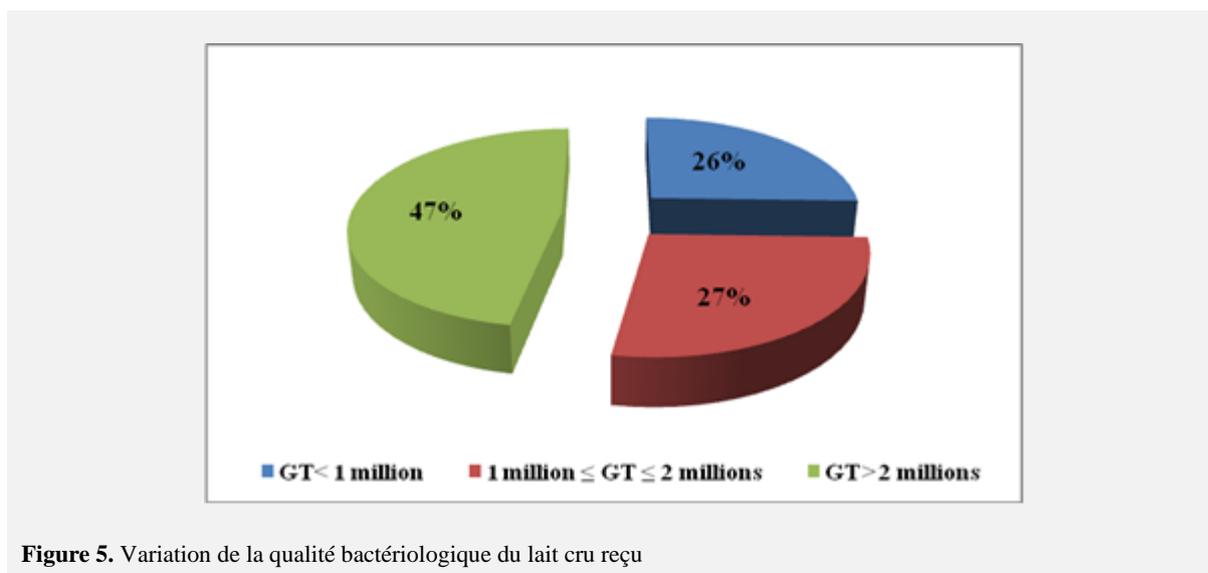


Figure 5. Variation de la qualité bactériologique du lait cru reçu

3.4. Qualité chimique de la poudre de lait

3.4.1. Matière grasse

Globalement, la majorité des lots de poudre produits (98%) ont présenté un taux de matière grasse (MG) inférieur à 1,5g/100g. Cette valeur est en fait conforme aux normes Tunisiennes NT 14.20, (1983). Les 2% de lots qui ont une teneur supérieur à 1,5g/l ont connu un dysfonctionnement du séparateur lors du processus d'écémage. En effet, après l'élimination de la matière grasse, le lait ne contient que très peu de lipides, majoritairement des phospholipides contenus dans la membrane globulaire. Ces phospholipides membranaires peuvent engendrer l'hydrophobicité de la poudre et ainsi affecter sa solubilité (Celestino et al. 1997). Selon Schuck (2011), la présence de matière grasse à la surface de la poudre, rend la poudre hydrophobe, ceci diminue sa mouillabilité et sa dispersibilité. Nijdam (2006), a confirmé que la matière grasse est la composante dont la migration est la plus intense. Dans ce sens, à la surface d'une poudre de lait écrémé cette teneur peut atteindre 35 % avec une teneur initiale dans le lait entre 0 et 5%.

3.4.2. Matière protéique

La matière protéique (MP) du lait en poudre a varié entre 32,6 et 37,30g/100g avec une valeur moyenne de 33,96 g/100g. Les variations autour de la moyenne ont été faibles avec un écart-type de l'ordre de 0,93. La majorité des échantillons de poudre (88%) se sont caractérisés par un taux protéique entre 32 et 35g/100g, alors que 10% ont présenté un taux entre 35 et 37g/100g. Les 2% restants ont montré un taux supérieur à 37g/100g. Ces résultats montrent bien que la baisse du taux protéique est due essentiellement à la qualité de la matière première utilisée. En fait, la majorité des lots de lait cru utilisés, ont des teneurs protéiques situées entre 31 et 33g/100g, ce qui a eu une répercussion directe sur la teneur en MP du lait en poudre. Selon Deeth et Hartanto (2009) la baisse du taux de matière protéique du lait en poudre peut être attribuée aussi à une surélévation de la température de séchage qui peut provoquer une dénaturation des protéines solubles. Schuck (2011) a rapporté qu'au cours des différentes opérations

technologiques impliquant des transferts thermiques (pasteurisation, évaporation, séchage), les protéines solubles sont dénaturées. En effet, la dénaturation des protéines solubles est un indicateur de l'intensité du traitement thermique et de la qualité de la poudre. Dans ce sens, pendant la phase de séchage par atomisation, l'augmentation de la dénaturation des protéines est essentiellement influencée par l'augmentation de la température de l'air de sortie puis de la température de l'air d'entrée, de la température du concentré et du taux de concentration. Celestino et al. (1997) ont rapporté que le taux protéique dans la poudre du lait écrémé doit se situer entre 35 et 37g/100g.

3.4.3. Extrait sec dégraissé

La teneur en extrait sec dégraissé (ESD) de la poudre de lait écrémé a varié entre 81,40 et 94,80 g/100g avec une valeur moyenne de $84,72 \pm 2,17$ g/100g. Plus que deux tiers (69%) des lots de poudre ont présenté une teneur en ESD entre 80 et 85g/100g, contre 29% qui ont une teneur entre 85 et 90g/100g (Figure 6). D'autre part, seulement 2% des prélèvements ont montré une teneur supérieur à 90g/100g. En effet, l'ESD joue un rôle important dans la composition chimique de la poudre de lait. L'extrait sec dégraissé a un impact direct non seulement sur le pouvoir de liaison entre les matières grasses et l'eau, appelé pouvoir émulsifiant, mais aussi sur la capacité de la poudre à fixer l'eau et la facilité d'incorporation d'air, appelée aussi pouvoir de foisonnement.

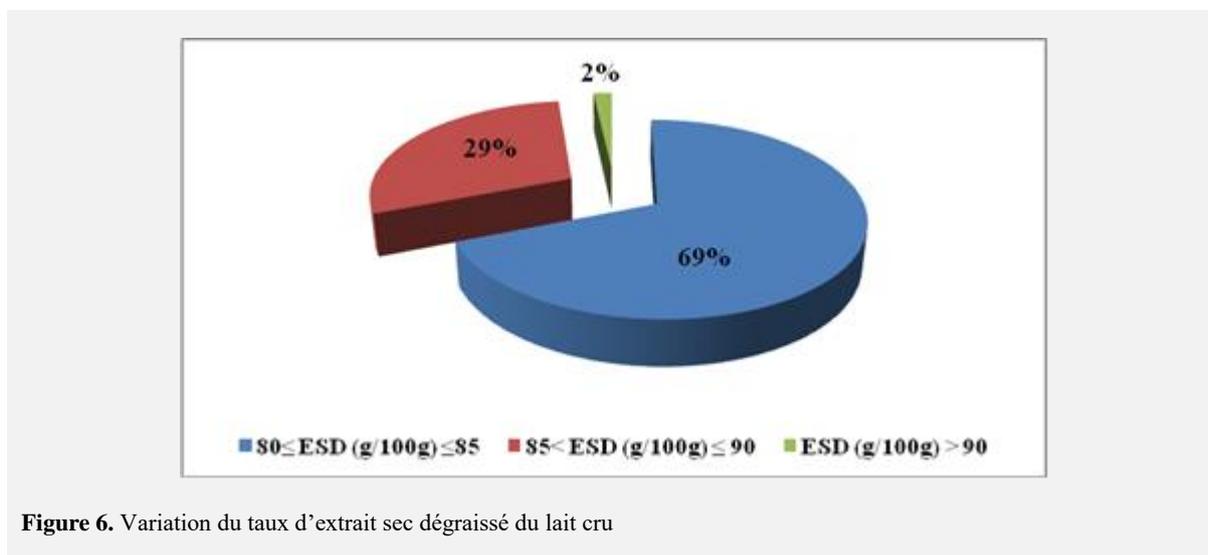


Figure 6. Variation du taux d'extrait sec dégraissé du lait cru

3.4.4. Taux d'humidité

Le taux d'humidité des différentes productions a varié de 3,07 à 4,33% avec un taux moyen de $3,69 \pm 0,30$ %. Généralement, une augmentation de l'humidité est temporaire, elle se produit le plus souvent au début de la production et elle ne dépasse pas les 4,33%. En effet, le taux d'humidité idéal pour une conservation optimale d'une poudre donnée, doit être inférieur à 4%. La majorité des lots de poudre produits (88%) ont une humidité inférieure à 4%. Cette teneur est en fait conforme aux normes Tunisiennes NT 14.20 (1983). Les 12% restants ont présenté une humidité supérieure à 4%. Selon Celestino et al. (1997), quelque soit le type de lait en poudre, la teneur en eau varie entre 3 et 5%. Fitzpatrick et al. (2004) ont rapporté que pour une bonne conservation, l'humidité doit être inférieure à 4% et dans le cas idéal, égale à 3%. Une humidité trop élevée diminue la date limite de consommation de la poudre de lait, tout en provoquant une dénaturation des protéines, accompagnée d'une accélération du brunissement non enzymatique et des réactions enzymatiques. En conséquent, une humidité élevée cause la conversion du lactose de la forme amorphe à la forme cristalline et du mottage. Schuck (2011), a ajouté qu'une teneur en eau supérieure à 4% pour une poudre du lait, est due soit à une déshydratation insuffisante soit à une reprise d'eau, entraînant une insolubilisation protéique même à basse température de stockage. L'hygroscopicité d'une poudre est caractérisée par sa teneur en humidité finale. De ce fait, la température d'air d'entrée et la température d'air de sortie entraîne une variation de l'humidité de la poudre.

3.4.5. Taux d'impuretés

En général la poudre de lait ne doit pas contenir d'impuretés. Le test de turbidité permet d'identifier les particules étrangères en suspension dans 100g de poudre dissoute dans l'eau distillée. Si la suspension contient plus que huit corps étrangers bien visibles, elle est considérée non-conforme. La majorité des lots produits (92%) ont présenté un nombre de particules étrangères en suspension inférieur ou égale à 8, alors que dans les 8% restants il n'y a pas eu de particules. Il existe trois causes probables de la présence d'impuretés dans la poudre de lait ; Soit la présence de poussière ou de sédiment, soit le nettoyage de la tour de séchage et des canalisations est inadéquat, soit aussi une instabilité de la température de séchage qui provoque le collage et l'encrassement. En effet, d'après l'examen technique réalisé durant la période d'essai, les principales causes de l'apparition d'impuretés dans la poudre de lait sont dues principalement à une instabilité de la température de séchage qui provoque souvent le collage et l'encrassement du matériel utilisé. Dans certains cas l'apparition d'impuretés a été due à la composition du lait cru utilisé.

3.5. Qualité bactériologique de la poudre de lait

Le nombre de germes totaux (GT) dans le lait en poudre écrémé a varié de 200 à 91 milles germes/g, avec une valeur moyenne de $8926 \pm 16\ 887$ germes/g. De ce fait, les fluctuations autour de la moyenne ont été très élevées. La majorité des lots de poudre produits (95%) ont présenté un comptage bactériologique conforme aux normes Tunisiennes NT 14.20 (1983), qui exigent un nombre de GT inférieur à $5 \cdot 10^4$ germes/g. Seulement 5% des lots de poudre produits ont été non conformes aux normes nationales. La qualité de la poudre de lait dépend énormément de la qualité du lait cru utilisé. Plus la charge bactériologique du lait cru est élevée plus la température de séchage est poussée. La qualité nutritionnelle des poudres laitières est affectée par l'intensité des différents traitements thermiques au cours du processus de séchage. Selon Schuck (2011), les traitements thermiques utilisés pour réduire le taux de GT, induisent généralement des changements des propriétés physico-chimiques qui tendent à diminuer la disponibilité de certains nutriments telle que la diminution de la teneur en lysine disponible ainsi que la dénaturation des protéines solubles. Dans ce cadre, le traitement thermique de la matière première peut être réduit si la charge microbienne initiale est très faible. Selon Deeth et Fitz-Gerald (2006), le développement de la flore psychrotrophe à un niveau de 10^6 à 10^7 germes/ml dans le lait cru, engendre la production d'enzymes, essentiellement des lipases et des protéases qui résistent aux traitements thermiques, et par conséquent peuvent demeurer dans les produits concentrés. D'autre part, Chen et al. (2003), ont montré que la lipolyse est catalysée par les bactéries lipolytiques qui peuvent se multiplier dans la poudre de lait avec une teneur en eau inférieure à 3g/100 g. La qualité biochimique et physico-chimique des poudres dépend essentiellement de la qualité initiale du produit qui est le lait cru. Cette étude a révélé que le nombre de germes totaux (GT) du lait cru utilisé et le taux protéique du lait en poudre produit sont en corrélation négative ($r=-0.15$). En effet, au cours de leurs activités métaboliques, certains microorganismes, grâce à l'action de leurs protéases, dégradent des fractions protéiques du lait. Ce phénomène affecte négativement le taux protéique dans le lait en poudre. En revanche, plus le nombre de GT du lait cru est élevé plus la dénaturation des protéines est importante et par conséquent un taux protéique du lait en poudre plus faible. Selon Datta et Deeth (2003), les bactéries protéolytiques détruisent non seulement la Kappa-caséine, responsable des aptitudes de coagulation du lait lors du processus de production de yaourts ou de fromages, mais aussi affectent négativement le goût par la libération de protéases. L'utilisation d'un lait en poudre riche en protéases va aboutir à la production de produits finis ayant le goût d'amertume, instables pendant le stockage et présentant une formation non désirée de gel et de sédiment au fond de l'emballage lors de la reconstitution. Le taux de GT du lait cru est en corrélation négative aussi ($r=-0.07$) avec le taux d'extrait sec dégraissé (ESD) de la poudre produite. De ce fait, plus le nombre de GT est élevé dans le lait cru plus la teneur en ESD dans la poudre de lait écrémé est faible. En revanche, l'ESD présente l'ensemble des composants de la matière sèche à l'exception des matières grasses. La flore microbienne va engendrer la dégradation la matière protéique et du lactose tout en produisant de l'acide lactique et des peptides ce qui va engendrer la réduction de la teneur en ESD dans la poudre de lait écrémé.

4. Conclusion

L'instabilité de la composition physico-chimique et bactériologique du lait cru a provoqué une variation de la qualité de la poudre écrémée produite, qui s'est traduite par une variation significative des taux de matière protéiques et d'extrait sec dégraissé d'un lot à un autre. Malgré l'opération d'écémage, réalisée avant d'entamer le processus de séchage, certains lots ont présenté des teneurs variables en matière grasse mais qui n'ont pas dépassé les normes requises. La charge bactérienne élevée observée dans la majorité des laits crus reçus, n'a pas eu d'effet direct sur le comptage bactériologique de la poudre produite qui est resté faible et dans les normes. Ceci est en fait dû à ce que l'usine s'est trouvée dans l'obligation d'augmenter l'intensité et la durée des traitements thermiques pour stériliser la poudre, ce qui pourra avoir des répercussions négatives sur sa valeur nutritionnelle. Cependant, ceci devra être prouvé dans une étude ultérieure. Généralement pour avoir une poudre de lait de bonne qualité et qui peut être utilisée sans risques en industrie laitière, il faut utiliser un lait cru d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique.

5. Références

- APIA (2008)** Etude des déterminants de la qualité du lait. Rapport de l'étude nationale sur la qualité du lait cru en Tunisie. URL: <http://www.apia.com.tn>.
- Bocquier E (1985)** Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques (aptitude à la coagulation, lipolyse). *INRA Prod Anim* 4(3): 219-228.
- Bony J, Contamin V, Gousseff M, Metais J, Tillard E, Juanes X, Decruyenaere V, Coulon JB (2005)** Facteurs de variation de la composition du lait à la Réunion. *INRA Prod Anim* 18(4): 255–263.
- Brien B, Guinee T P (2011)** Seasonal Effects on Processing Properties of Cows Milk. Dans: J. Fuquay, P. Fox et P. McSweeney, éd. *Encyclopedia of Dairy Sciences* second edition. Ireland: Elsevier, pp. 598-606.
- Celestino EL, Iyer M, Roginski H (1997)** The effects of refrigerated storage of raw milk on the quality of whole milk powder stored for different periods. *Int Dairy J* 7: 119-127.
- Chen L, Daniel RM, Coolbear T (2003)** Detection and impact of protease and lipase activities in milk and milk powders: a review. *Int Dairy J* 13: 255–275.
- Cogan TM (1980)**. Heat resistant lipases and proteinases and the quality of dairy products. *MF Bull* 118: pp. 26- 32.
- Coulon JB, Chilliard Y, Rémond B (1991)** Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques (aptitude à la coagulation, lipolyse). *INRA Prod Anim* 4(3) : 219-228.
- Datta N, Deeth HC (2003)** Diagnosing the cause of proteolysis in UHT milk. *Leb Wissen Tech* 36: 173–182.
- Deeth HC, Fitz-Gerald CH (2006)** Lipolytic enzymes and hydrolytic rancidity In: *Advanced Dairy Chemistry 2 Lipids*, (eds P.F. Fox & P.L.H. McSweeney), 3rd edn. pp. 481–556. Springer, New York.
- Deeth HC, Hartanto J (2009)** Chemistry of Milk – Role of Constituents in Evaporation and Drying. *Dairy Powders and Concentrated Products*, Edited by Tamime AY . Dairy Sci and Tech Consultant Ayr, UK, p 2.
- Delaby L, Peyaud JL, Delagrade R (2003)** Faut il compléter les vaches laitières au pâturage ? *INRA Prod Anim* 16(3): 183 – 195.
- FAO (1995)** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO Alimentation et nutrition n°28. Rome (Italie).
- GIVLait (2015)** Rapport annuel. Présentation de la filière laitière Tunisienne. URL: www.givlait.com.tn.
- Fitzpatrick J, Iqbal T, Delaney C, Twomey T, Keogh M (2004)** Effect of powder properties and storage conditions on the flowability of milk powders with different fat contents. *J. Food Eng* 64(4): 435-444.
- Hindmarsh JP, Russell AB, Chen XD (2007)** Fundamentals of the spray freezing of foods microstructure of frozen droplets. *J Food Eng* 78: 136–150.

- Kim EHJ, Chen XD, Pearce D (2002)** Surface characterization of four industrial spray-dried powders in relation to chemical composition, structure and wetting property. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 26: 197–212.
- Mahieu H (1994)** Facteurs de variation de la production et de la composition du lait. *Tech agric*: p 22-27.
- Meyer C, Duteurtre G (1998)** Equivalents lait et rendements en produits laitiers : modes de calculs et utilisation. *Méd vét Pays trop* 51 (3): 247-257.
- Michel V, Hauwuy A, Chamba JF (2001)** La flore microbienne de laits crus de vache : diversité et influence des conditions de production. *Lait* 81: 575-592.
- Nijdam JLT (2006)** The effect of surface composition on the functional properties of milk powders. *J Food Eng* 77: 919-925.
- NT 14-20 (1983)** Norme Tunisienne: lait écrémé en poudre.
- NT 14-223 (1994)** Norme Tunisienne: Recherche et dénombrement des germes totaux dans le lait et les produit laitiers.
- NT 14-141 (2007)** Critères d'acceptation du lait cru de mélange destiné à la transformation.
- Richard J, Houssu C, Braquehaye C (1981)** Influence de diverses méthodes de nettoyage des machines à traire sur la " qualité de conservation " du lait cru à basse temperature. *Lait* 61: 354-369.
- Richard J, Houssu C (1983)** Nature de la flore microbienne dominante et sous-dominante des laits crus très pollutes. *Lait* 63: 148-170.
- Richarts E (1994)** How to calculate milk equivalents. In : Bruxelles (Belgique), Intern Dairy Fed Dossier de la FIL (Fédération Internationale Laitière) groupe C3 5 p.
- Schuck P (2011)** Modifications des propriétés fonctionnelles des poudres de protéines laitières: Impact de la concentration et du séchage. *Innov Agro* 13: 71-99.
- Williams RPW (2002)** The relationship between the composition of milk and the properties of bulk milk products. *Aust J Dairy Tech* 57: 30–44.
- Wolter R (1997)** Alimentation de la vache laitière. 3^{ème} Ed : France Agricole, Paris. pp 118-199.