



Transfert et utilisation des poudres en industrie laitière: Concilier hygiène, ergonomie et performance industrielle

Juliette LARRODÉ et Philippe MARIETTE

APIA Technologie | Transfert et dosage des poudres en Industrie Alimentaire

L'utilisation des poudres en industrie laitière suscite des appréhensions légitimes : volatilité des particules, risques bactériologiques liés à la cohabitation avec les milieux humides, contraintes ergonomiques pour les opérateurs et exigences de précision du dosage. Le présent article propose une analyse structurée des enjeux techniques associés à l'intégration de poudres dans un process laitier – du stockage et du déconditionnement jusqu'à l'incorporation en cuve – et décrit les solutions éprouvées permettant de les maîtriser. Il aborde successivement la maîtrise de l'empoussièrement, la sécurité alimentaire (conformité des matériaux, détection des corps étrangers), la gestion des zones ATEX, les interfaces sec/humide et les méthodes d'incorporation. La dimension ergonomique et la réduction de la pénibilité sont également traitées. L'ensemble démontre qu'avec une conception adaptée et une intégration anticipée dans le projet industriel, le process poudre peut devenir un véritable levier de productivité, sans compromis avec la sécurité, l'hygiène et le confort des collaborateurs.

ABSTRACT

The use of powder ingredients in the dairy industry raises legitimate concerns: particle volatility, bacteriological risks arising from the coexistence of dry and wet environments, ergonomic constraints for operators, and the need for accurate dosing. This article offers a structured analysis of the technical challenges associated with integrating powders into a dairy process – from storage and de-packaging through to tank incorporation – and describes proven solutions for addressing them. Topics covered include dust control, food safety (material compliance, foreign body detection), ATEX zone management, dry/wet interfaces and incorporation methods. The ergonomic dimension and the reduction of arduous tasks are also examined. The overall conclusion is that, with appropriate design and early integration into the industrial project, the powder process can become a genuine productivity lever, with no compromise on safety, hygiene or operator well-being.

chacun exprime des interrogations spécifiques allant de la gestion de la volatilité à la maîtrise des risques bactériologiques, en passant par le respect des recettes et la traçabilité. Ces craintes sont généralement aggravées par une méconnaissance des systèmes modernes de transfert, de stockage et d'incorporation.

Le présent article, issu de l'expérience de terrain d'APIA Technologie – spécialiste du transfert de poudres agroalimentaires depuis plus de 30 ans –, vise à décrire les solutions techniques disponibles et à démontrer que, dès lors que l'on respecte quelques règles de conception fondamentales, les poudres peuvent être intégrées dans un environnement laitier humide de manière sûre, hygiénique et productive.

2. SPÉCIFICITÉS DE LA FILIÈRE LAITIÈRE VIS-À-VIS DES POUDRES

2.1 Un environnement de process fondamentalement liquide

Les ateliers laitiers sont conçus autour de réseaux liquides : tuyauteries inox totalement confinées et hermétiques, process très automatisés avec peu d'interventions manuelles, nettoyage en place (NEP) automatisé. Ce mode de fonctionnement est rassurant car il exclut par définition tout risque de contamination aéroportée. Or, l'introduction de poudres dans cet univers impose une logique radicalement différente : logistique amont spécifique, déconditionnement manuel ou semi-automatisé, réseau de transport pneumatique ou mécanique nécessitant une attention particulière à l'humidité.

La règle cardinale qui découle de cette différence est simple : les poudres n'aiment pas l'eau. Ne jamais introduire d'humidité dans le réseau sec constitue le principe directeur de toute installation de transfert de poudres en milieu laitier.

1. INTRODUCTION

Les poudres sont omniprésentes dans la fabrication des produits laitiers : poudres de lait, sucres, arômes, texturants (amidon, gélatine, pectine), vitamines, minéraux, probiotiques, épices de saupoudrage fromager... Certains de ces ingrédients n'existent d'ailleurs que sous forme sèche, tandis que d'autres sont approvisionnés en poudre pour des raisons logistiques : durée de conservation prolongée, facilité de stockage en grande quantité, manipulabilité des sacs ou big-bags comparée aux cuves liquides.

Pourtant, les industriels laitiers, habitués à des process entièrement liquides, étanches et très automatisés, manifestent souvent une vive appréhension à l'égard des poudres. Responsables de production, responsables qualité / QHSE, équipes R&D :

2.2 Applications typiques en industrie laitière

Le spectre des ingrédients poudres utilisés dans la filière est large :

- Poudres de lait et protéines : pour la préparation de boissons sportives enrichies en protéines, de laits infantiles, de produits de nutrition clinique ;
- Sucres, arômes et cacao : dans les desserts lactés (crèmes, yaourts aromatisés, puddings), les produits chocolatés ;
- Texturants (amidon, pectines, gélifiants) : pour améliorer la texture ou la tenue des desserts, des yaourts à boire et des fromages fondus ;
- Vitamines, minéraux et probiotiques : micro-ingrédients à haute valeur ajoutée nécessitant une pesée précise ;
- Sel et épices : pour le saupoudrage en surface de fromages affinés.

Cette diversité impose une grande flexibilité des installations, capables de traiter des volumes très différents (de quelques grammes de vitamines à plusieurs tonnes de sucre par heure) et des produits aux comportements rhéologiques variés (poudres fluides, cohésives, hygroscopiques, collantes à chaud).

3. MAÎTRISE HYGIÉNIQUE ET SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

3.1 Stockage, déconditionnement et zonage

La première ligne de défense hygiénique est architecturale. Il est fortement recommandé de séparer physiquement la zone de déconditionnement des poudres de la zone de production proprement dite. Cette « zone de poudrage » dédiée limite la dispersion de poussières dans les ateliers de fabrication et facilite la maîtrise des flux. Lorsque c'est possible, le réseau de transfert poudre doit cheminer dans les combles techniques ou les locaux annexes plutôt que dans les ateliers.

La réduction de la distance de transfert et l'utilisation de la gravité (transfert gravitaire directement vers la cuve) constituent également des bonnes pratiques permettant de limiter les risques d'accumulation de poudre dans les circuits.

3.2 Confinement de l'empoussièrément

Le dépoussiérage à la source est indispensable, en particulier lors de la vidange de sacs. Trois niveaux de solutions existent :

1. **Hotte de confinement simple** : le sac est vidé dans la trémie, la porte de la hotte est fermée avant le lancement du transfert, maintenant le circuit clos ;
2. **Hotte avec aspiration** déportée : permet le travail en continu (vidange successive de sacs) avec captage permanent des poussières, évitant leur dispersion dans l'atelier ;
3. **Hotte avec filtre intégré** et décolmatage : cette solution permet en outre de récupérer les fines, particulièrement intéressante pour les ingrédients à haute valeur ajoutée.



Les applications poudres en industrie laitière sont nombreuses : poudres de lait et protéines (filière lait), Sucre, cacao, semoule, texturants (filière desserts lactés), sel, épices, fécule (fromagerie)...

3.3 Conformité alimentaire des matériaux

La sécurité alimentaire commence par le choix des matériaux. L'ensemble des équipements de transfert doit être certifié conforme aux réglementations européennes : règlement CE 1935/2004 relatif aux matériaux et objets destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires, et règlement UE 10/2011 sur les matériaux plastiques. Les aciers inoxydables (304 ou 316L) sont préconisés pour toutes les surfaces en contact avec le produit. Les tubes de transfert à base de matériaux biosourcés, avec tests de migration de nanoparticules certifiés par un organisme COFRAC, offrent un niveau de garantie supplémentaire.

L'adhésion à l'EHDG (European Hygienic Engineering & Design Group) permet aux équipementiers de concevoir leurs installations selon les meilleures pratiques d'hygiène : suppression des zones de rétention, accessibilité aisée au nettoyage, finitions de surface adaptées.

3.4 Détection et élimination des corps étrangers

L'ouverture de sacs introduit mécaniquement des risques de contamination par corps étrangers : fragments de papier kraft, morceaux de film polyuréthane, éclats de lame de cutter. La démarche de prévention s'appuie sur trois barrières successives :

- Grilles vibrantes de sécurité en amont de l'installation, retenant les corps étrangers dès la mise en trémie ;
- Tamisage de sécurité en ligne ;
- Détection de particules métalliques positionnées en sortie de ligne ou sur les ensachages.



Lutte contre les corps étrangers en amont (vide-sacs avec grille de sécurité), en ligne (tamiseur) et en aval (piège magnétique).

4. PRÉVENTION DES RISQUES D'EXPLOSION (ATEX)

Les poussières de nombreuses poudres alimentaires (farine, sucre, lait en poudre) sont explosibles lorsqu'elles se trouvent en suspension dans l'air à une concentration comprise entre la limite inférieure d'explosivité (LIE) et la limite supérieure. La directive ATEX 2014/34/UE impose une classification des zones en fonction de la probabilité de présence d'atmosphères explosives : zone 20 (présence continue ou fréquente), zone 21 (présence occasionnelle), zone 22 (présence rare).

L'industriel a la responsabilité de définir le zonage ATEX de ses installations, en lien avec un organisme spécialisé tel que l'INERIS. Le rôle de l'équipementier est double : d'une part, accompagner l'industriel dans la conception de la ligne pour limiter les émissions de poussières (confinement, aspiration) ; d'autre part, certifier que les équipements de transfert sont conformes aux exigences de la zone concernée. Les ensembles de transfert de poudres par vis flexible qui fonctionnent en circuit clos, présentent l'avantage de réduire les risques d'atmosphère explosive.

5. INTERFACES SEC/HUMIDE : LE DÉFI CENTRAL DE L'INDUSTRIE LAITIÈRE

5.1 Trois points de rencontre eau-poudre

La cohabitation du sec et de l'humide est le point critique par excellence. Trois situations de contact potentiel entre l'humidité et le réseau poudre ont été identifiées :

- Le nettoyage : la règle absolue est de n'introduire aucune eau à l'intérieur du circuit poudre. Les équipements annexes (trémies, doseurs) qui nécessitent un nettoyage humide doivent être démontables ou montés sur roulettes pour être conduits en zone de lavage dédiée. Un séchage méticuleux est alors indispensable avant toute réintroduction de poudres dans le circuit.
- Le transfert dans les ateliers humides : les ateliers laitiers, fréquemment nettoyés par aspersion, présentent une hygrométrie élevée. Le transfert doit s'effectuer dans un circuit le plus clos possible, de préférence avec des technologies, comme la vis flexible, qui n'aspirent pas d'air ambiant. Des vannes d'isolement permettent de sectionner le réseau lorsqu'il n'est pas en service.
- L'injection de la poudre dans le process liquide : c'est le point de rencontre inévitable entre les deux mondes. La difficulté est accrue lorsque la cuve est chauffée et produit de la vapeur.

5.2 Solutions techniques de gestion des interfaces

Des interfaces milieu sec/milieu humide spécialement développées créent une barrière entre l'environnement humide de la cuve et le circuit sec. Leur principe repose sur une vanne papillon dont l'ouverture génère un flux d'air dirigé vers le milieu liquide, empêchant toute remontée de vapeur dans le réseau de distribution des poudres. Ce dispositif est particulièrement critique lors de l'incorporation dans des cuves chauffées, où la pression de vapeur est significative.



Transfert en milieu clos et interface milieu sec/milieu humide.

Par ailleurs, des accès de contrôle sur le réseau permettent à l'opérateur de vérifier visuellement l'état intérieur des conduits et de détecter préventivement tout début d'humidification ou d'encrassement. Ils peuvent se présenter sous forme de trappes de visite sécurisées ou de liaisons souples et transparentes en amont et en aval des machines process.

6. INCORPORATION DES POUDRES DANS LE PROCESS LIQUIDE ET PRÉCISION DU DOSAGE

6.1 Méthodes d'incorporation

L'incorporation d'une poudre dans un liquide mobilise des savoir-faire spécifiques, la rencontre entre un solide et un liquide pouvant générer des problèmes de solubilité, d'agglomération ou de grumeaux. Trois approches coexistent :

- **Dilution** : la poudre tombe par gravité dans une cuve munie d'un système d'agitation avec contrôle possible de température, de PH ou de salinité. Cette méthode convient aux poudres de bonne solubilité pour l'obtention d'une concentration cible sans dispersion mécanique fine (saumures, sirops).
- **Mélange** : la poudre est aspirée dans un flux de liquide par effet venturi ou par une vis sans fin. Cette méthode convient aux poudres peu solubles ou cohésives pour une incorporation en continu sans agglomérats ni air, et à haut débit jusqu'à 4,5 t/h (sauces, produits laitiers).

• **Dispersion** : un outil de cisaillement à haute vitesse disperse les particules dans le flux liquide. Cette méthode est adaptée pour une dispersion homogène et sans grumeaux y compris pour les poudres très difficiles à incorporer (arômes).

Dans certains cas, un pré-mélange de deux poudres est réalisé avant incorporation commune dans le liquide, afin d'améliorer la dispersion d'un composant difficile.

6.2 Précision du dosage

Le dosage des poudres repose sur deux approches complémentaires. Le dosage volumétrique par vis doseuse offre une régularité de débit adaptée aux grandes quantités, le débit étant réglé par la vitesse de rotation de la vis. Le dosage pondéral, avec chaîne de pesage agréé commerciale, permet d'atteindre des précisions de l'ordre de 200 g pour des batchs de 4,5 tonnes, alliant ainsi volume et précision. Les deux approches sont compatibles avec des systèmes de gestion de recettes, de traçabilité et de numéros de lots intégrés à l'automate général de l'usine.

6.3 L'automatisation des recettes

Les systèmes poudre peuvent désormais être entièrement intégrés aux automatismes des usines.

Les installations peuvent ainsi gérer les recettes, les numéros de lots, la traçabilité, les séquences de dosage ainsi que les historiques de production.

Cette automatisation contribue à réduire les erreurs humaines, améliorer la répétabilité, sécuriser la qualité produit et optimiser les performances industrielles.

7. ERGONOMIE, SÉCURITÉ DES OPÉRATEURS ET RÉDUCTION DE LA PÉNIBILITÉ

7.1 Les risques associés à la manutention de poudres

La manutention de sacs de 25 à 50 kg représente un facteur majeur de troubles musculo-squelettiques (TMS), première cause de maladie professionnelle en France. S'y ajoutent le risque d'inhalation de poussières et les risques de chute liés à l'utilisation de marchepieds ou de plateformes pour atteindre des points d'introduction en hauteur.

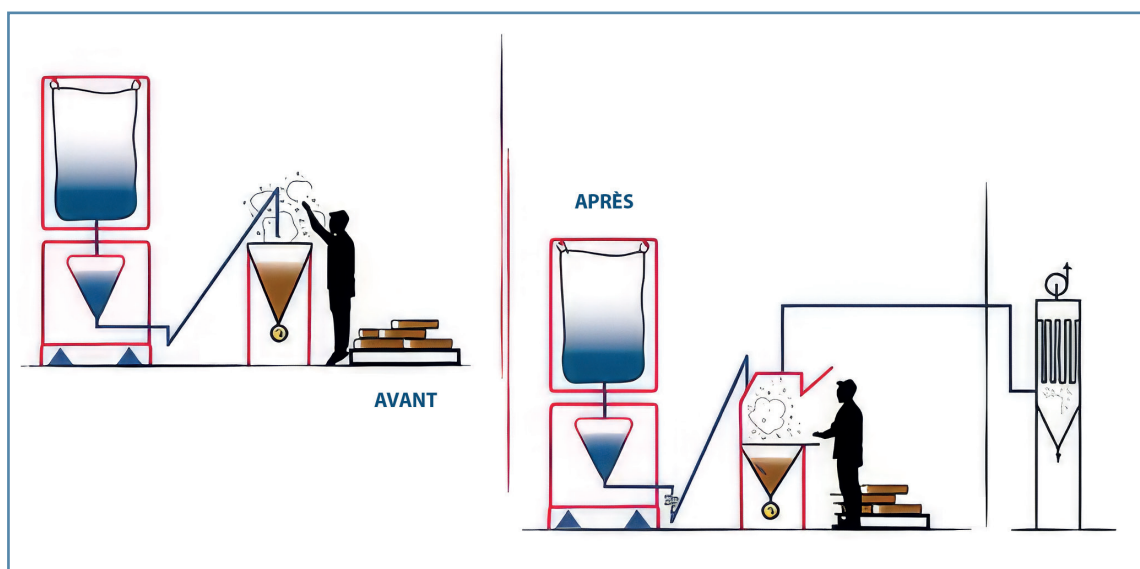


Unité de poudrage automatisée en zone dédiée.

7.2 Leviers ergonomiques

Une conception centrée sur l'opérateur permet de réduire significativement ces risques :

- **Travail au sol** et à hauteur d'homme : les postes de vidange de sacs sont implantés à une hauteur adaptée à la morphologie des opérateurs, avec assistance au port de charge (basculeurs, lève-sacs). Les marchepieds et plateformes sont systématiquement bannis.
- **Captation des poussières** à la source : les hottes de confinement (cf. section 3.2) protègent les voies respiratoires des opérateurs lors du dépoussiérage.
- **Accès aisé à la maintenance** : les pièces d'usure et les éléments démontables sont positionnés de manière à être accessibles de manière sécurisée et sans posture contraignante. Les équipements mobiles sur roulettes peuvent être conduits en zone de nettoyage.



Avant/Après atelier poudrage (fabrication de yaourts) : alimentation d'un mélangeur avec gestion de l'empoussièrement et de l'ergonomie.

7.3 Évolution vers les big-bags : le ROI social

Lorsque les volumes traités le permettent et que les fournisseurs proposent le conditionnement en big-bag (environ 1 000 kg), la suppression des sacs unitaires procure un gain ergonomique considérable. L'exemple de l'installation réalisée chez Glaces Thiriet illustre cette démarche : une zone dédiée au déconditionnement de big-bags, couplée à un transfert longue distance, a permis de supprimer la totalité de la manutention de sacs. Le client a qualifié le retour sur investissement de « ROI social », soulignant l'importance de l'amélioration des conditions de travail en tant que bénéfice à part entière.



Station de vidange big-bags chez Les Glaces Thiriet.

Il convient toutefois de souligner que le sac demeure indispensable pour de nombreux ingrédients (arômes, gélifiants, certains produits bio) qui ne sont pas disponibles en big-bag, et que des solutions ergonomiques adaptées aux sacs existent et doivent être déployées.

8. INTÉGRATION DU PROCESS POUDRE DANS LE PROJET INDUSTRIEL

L'expérience de terrain montre que les difficultés d'intégration des poudres résultent souvent d'une prise en compte trop tardive dans la conception du projet. Le réseau poudre, ses contraintes spatiales (cheminement en combles techniques, zones de déconditionnement séparées) et ses interactions avec le process liquide (interfaces sec/humide, points d'injection) doivent être traités dès la phase d'avant-projet, au même titre que la tuyauterie liquide et les utilités.

Une fois l'installation en service, la formation des équipes de production et de maintenance constitue un facteur clé de succès. La maîtrise des paramètres de réglage des vis doseuses, la compréhension du fonctionnement des interfaces sec/humide, les procédures de nettoyage à sec et les vérifications périodiques de l'état intérieur des conduits permettent d'exploiter pleinement les performances des équipements installés.

9. CONCLUSION

L'utilisation des poudres en industrie laitière n'est pas une contrainte insurmontable : c'est une réalité quotidienne pour des dizaines d'unités de production qui, grâce à des équipements adaptés et à des règles de conception rigoureuses, obtiennent un niveau d'hygiène, de sécurité et de productivité équivalent à celui de leurs process liquides. Les cinq enjeux clés, maîtrise de l'empoussièrement, sécurité alimentaire, prévention ATEX, gestion des interfaces sec/humide et ergonomie, disposent chacun de solutions techniques éprouvées.

Le leitmotiv qui se dégage de cette analyse est que le process poudre, loin d'être une contrainte, peut devenir un véritable levier de productivité et de différenciation, à condition d'être pensé en amont, conçu par des spécialistes et opéré par des équipes formées. Dans ces conditions, aucun compromis n'est nécessaire entre performance industrielle, sécurité alimentaire et qualité de vie au travail. ■

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Règlement (CE) n° 1935/2004 du Parlement européen et du Conseil relatif aux matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires. Journal officiel de l'Union européenne, 2004.
- [2] Règlement (UE) n° 10/2011 de la Commission du 14 janvier 2011 concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires. Journal officiel de l'Union européenne, 2011.
- [3] Directive 2014/34/UE du Parlement européen et du Conseil relative aux appareils et aux systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles (ATEX). Journal officiel de l'Union européenne, 2014.
- [4] EHDG (European Hygienic Engineering & Design Group). Guidelines for hygienic design of food processing equipment. www.ehdg.org, consulté en 2025.
- [5] Larrodé J., Mariette P. — APIA Technologie. Webinaire ELO Process Alimentaire : « Les poudres en industrie laitière — hygiène, ergonomie et performance ». Replay disponible sur : www.apia-sa.com, 2025.
- [6] INRS. Troubles musculo-squelettiques (TMS) — Données statistiques. Institut national de recherche et de sécurité, Paris, 2024.
- [7] INERIS. Guide méthodologique ATEX — Application des directives européennes dans les industries alimentaires. Verneuil-en-Halatte, 2022.
- [8] APIA Technologie. Cas client — Thiriet : automatisation du process big-bags poudres. www.apia-sa.com/fr/cas-clients/thiriet, 2024.