

## Lait d'avoine et boissons à base d'avoine : composition, procédé de production et rôle de l'analyse chimique dans le contrôle de la qualité

Dr Francesca Bruni - Chercheuse au Laboratoire de Chimie CDR "Francesco Bonicolini"

### Résumé

Les boissons à base d'avoine constituent le segment des alternatives végétales aux produits laitiers connaissant la croissance la plus rapide, grâce aux progrès technologiques permettant la transformation de matières premières céréalières en produits stables et sûrs. Cependant, la production industrielle présente des complexités importantes, exigeant un contrôle précis des étapes critiques telles que l'hydrolyse enzymatique, le traitement thermique UHT et l'enrichissement afin de garantir la stabilité physique et la constance nutritionnelle. Cet article explore les principaux défis chimiques et analytiques de l'industrie, en se concentrant sur le suivi de paramètres clés tels que les profils de sucres, l'azote aminé libre (AAL) et l'ammoniac, un indicateur précoce crucial de la dégradation des protéines ou de l'activité microbienne. Il évalue également le système CDR DrinkLab comme une solution innovante pour des analyses chimiques rapides sur site, démontrant une forte corrélation avec les méthodes de référence traditionnelles tout en éliminant la préparation complexe des échantillons et en réduisant les temps d'analyse.

### 1. Introduction à la transformation des boissons à base d'avoine et aux défis analytiques

Au cours de la dernière décennie, les boissons à base d'avoine sont devenues le segment à la croissance la plus rapide parmi les alternatives végétales au lait, grâce aux progrès des technologies de transformation qui permettent de convertir les matières premières céréalières en boissons stables et sûres. Comparées à la transformation classique du lait de vache, les boissons à base d'avoine nécessitent généralement un contrôle plus rigoureux **de l'hydrolyse enzymatique** et **de l'enrichissement**, tandis que **le traitement thermique et l'homogénéisation** doivent être optimisés en fonction des interactions spécifiques à chaque recette entre les glucides, les protéines, les lipides et les minéraux, afin de garantir une stabilité physique et des propriétés fonctionnelles constantes.

Avec l'avènement de la production industrielle à grande échelle de boissons à base d'avoine, le besoin d' **analyses chimiques fiables s'est accru**

afin de garantir la reproductibilité des procédés, la stabilité des produits et la conformité réglementaire. La variabilité des matières premières et des conditions de transformation peut affecter considérablement les principaux paramètres chimiques, faisant du contrôle analytique un élément crucial de la production moderne de boissons à base d'avoine.

### 2. Composition, profil nutritionnel et procédé de fabrication des boissons à base d'avoine

#### Composition nutritionnelle et comparaison avec le lait de vache

Les boissons à base d'avoine se distinguent intrinsèquement du lait de vache par leur origine végétale. Leur composition reflète les propriétés nutritionnelles de l'avoine, associées à un enrichissement ciblé pour un profil équilibré.

Comparées au lait de vache demi-écrémé, les boissons à base d'avoine enrichies contiennent généralement :

- **Des niveaux plus élevés de fibres alimentaires**, principalement des bêta-glucanes.
- **Pourcentages plus élevés de graisses insaturées (acide oléique, linoléique et linoléénique)**, avec une teneur plus faible en graisses saturées.
- **Niveaux énergétiques et calciques comparables**, selon la stratégie d'enrichissement.
- **Teneur en protéines plus faible**, bien que les protéines d'avoine soient de haute qualité biologique.
- **Sans cholestérol, lactose ni protéines de lait.**

L'avoine est reconnue pour sa teneur en bêta-glucane, une fibre soluble qui contribue à réduire le cholestérol en limitant son absorption intestinale. L'enrichissement est une étape cruciale dans la formulation des boissons à base d'avoine. Des vitamines et des minéraux tels que **le calcium, l'iode, la riboflavine (B2), la vitamine D et la vitamine B12** sont couramment ajoutés pour compenser les nutriments naturellement présents dans le lait de vache. D'un point de vue

réglementaire et qualitatif, l'enrichissement exige un dosage précis et une vérification analytique.

## Matières premières et formulation

Les boissons à base d'avoine classiques sont composées d'environ **85 à 88 % d'eau**, **6 à 11 % de flocons d'avoine**, d'huile végétale, de sel et de micronutriments. L'huile de colza est souvent utilisée pour améliorer la texture en bouche et la stabilité de la mousse, notamment dans les préparations pour barista, grâce à son profil d'acides gras favorable.

Dans certaines formulations, des sources de protéines alternatives, telles que les pois ou des sous-produits comme les drêches de brasserie et les tourteaux d'oléagineux, sont explorées afin d'augmenter la teneur en protéines tout en améliorant la durabilité grâce à la valorisation des sous-produits.

## Processus de production et points de contrôle critiques

La production de boisson à base d'avoine comprend plusieurs étapes technologiques interdépendantes :

1. **Moudre l'avoine ou faire de la purée**.
2. **Hydrolyse enzymatique** des amidons et des polysaccharides pour améliorer la douceur, la stabilité et la texture en bouche.
3. **Traitement thermique**, souvent par traitement UHT direct à **138–144°C**, pour assurer la sécurité microbiologique et l'inactivation des enzymes.
4. **Homogénéisation**, pour stabiliser l'émulsion et éviter la séparation de phases.
5. **Fortification et formulation d'ajustements**.
6. **Remplissage aseptique**.

Chaque étape introduit une variabilité potentielle qui influence **le profil des sucres, l'intégrité des protéines, l'équilibre minéral et la stabilité du pH**, rendant essentiel un contrôle analytique tout au long du processus.

## 3. Les défis de l'analyse chimique dans la production de boissons à base d'avoine et le rôle du CDR DrinkLab

Le contrôle qualité des boissons à base d'avoine exige la surveillance de multiples paramètres chimiques dans les matières premières, les produits intermédiaires et les formulations finales. Les méthodes de laboratoire classiques impliquent souvent une préparation complexe des échantillons, des analyses enzymatiques et une infrastructure de laboratoire dédiée, ce qui peut limiter leur utilisation pour les contrôles de routine ou en cours de production.

**CDR DrinkLab** répond à ces défis en permettant **des analyses chimiques rapides et fiables directement dans les environnements de production ou les laboratoires de contrôle qualité**, sans préparation d'échantillon complexe.

## Paramètres clés pouvant être analysés avec CDR DrinkLab

CDR DrinkLab permet la détermination de plusieurs paramètres critiques, notamment:

- **Sucres fermes et solubles**, essentiels pour contrôler l'hydrolyse enzymatique et la douceur.
- **Sucres totaux**, information pertinente pour l'étiquetage nutritionnel et la conformité réglementaire.
- **Acides organiques (acide acétique et acide lactique total D+L)**, qui influencent la stabilité du pH et le profil sensoriel.
- **L'alcool**, particulièrement pertinent pour les boissons fermentées ou hybrides. *[en développement]*
- **L'ammoniac**, un indicateur clé de la dégradation des protéines et de l'activité microbienne.
- **Azote aminé libre (AAL)**, qui reflète la disponibilité de l'azote organique soluble résultant de l'hydrolyse des protéines. *[en cours de développement]*.
- **Amidon**, source de glucides complexes, est partiellement transformé en sucres simples par hydrolyse enzymatique pendant la transformation, ce qui contribue à la douceur naturelle du produit.

L'utilisation de **réactifs pré-calibrés et de volumes d'échantillon minimaux** garantit la cohérence des analyses tout en réduisant la dépendance à l'opérateur. Cette approche est particulièrement avantageuse pour les fabricants ne disposant pas de laboratoires d'analyse entièrement équipés ou souhaitant une prise de décision plus rapide en cours de production.

Paramètre analytique	Importance dans la production	Type d'indicateur	Impact sur le produit final
Ammoniac	Indicateur de dégradation des protéines et d'activité microbienne	Indicateur de dégradation / alerte précoce	Impacts sur la stabilité biochimique, la sécurité et la qualité sensorielle
aliments fermentescibles et sucres	Contrôle de l'hydrolyse enzymatique et de la douceur	Efficacité du processus	Cela influence la douceur et le profil sensoriel
Sucres totaux	Étiquetage nutritionnel et conformité réglementaire	Efficacité du processus	Influence le profil nutritionnel et l'état de régulation
Azote aminé libre (FAN)	Reflète la disponibilité de l'azote organique soluble provenant de l'hydrolyse des protéines	efficacité du processus	Optimise la solubilisation des protéines et leurs propriétés fonctionnelles
Acides organiques	Influence sur la stabilité du pH	Dégradation / Stabilité	Cela influence le profil sensoriel et la stabilité chimique
Alcool	Pertinent pour les boissons fermentées ou hybrides	Efficacité du processus	Définit la catégorie de la boisson et ses propriétés sensorielles
Amidon	Contrôle de l'hydrolyse enzymatique	Efficacité du processus	Influence la texture, la stabilité physique, la douceur indirecte et le profil nutritionnel.

## 4. Se concentrer sur l'analyse de l'ammoniac dans les boissons à base de plantes

La concentration d'ammoniac dans les boissons végétales, notamment à base d'avoine, de soja, de riz et autres, est un **paramètre de qualité essentiel** pour le contrôle des procédés et des produits. Un taux d'ammoniac élevé peut indiquer :

- **Dégradation des protéines pendant la transformation**, résultant d'un stress thermique excessif ou de réactions biochimiques incontrôlées.
- **Activité microbienne**, associée à la désamination des acides aminés et au métabolisme de l'azote.
- **Un traitement thermique ou une désinfection inadéquats**, entraînant une

activité enzymatique ou microbienne résiduelle pendant le stockage.

Dans le cadre de la production de boissons à base d'avoine, l'analyse de l'ammoniac fournit des informations complémentaires à la détermination **de l'azote aminé libre (AAL)**. Alors que l'AAL reflète la concentration de composés azotés organiques solubles, tels que les acides aminés et les peptides courts générés lors de l'hydrolyse contrôlée des protéines, **l'ammoniac représente l'azote inorganique** et est principalement associé à **des phénomènes de dégradation indésirables**.

Du point de vue du contrôle des procédés, l'azote ammoniacal libre (FAN) est lié à l'efficacité de la formulation et du traitement enzymatique, contribuant à l'optimisation de la solubilisation des protéines et de leurs propriétés fonctionnelles. À l'inverse, **l'ammoniac agit comme un indicateur d'alerte précoce**, signalant d'éventuelles anomalies liées à la dégradation des protéines, à une contamination microbienne ou à un contrôle insuffisant du procédé.

La surveillance régulière de l'ammoniac, associée à la détermination de l'azote ammoniacal libre (FAN), permet donc une évaluation plus complète de **la stabilité biochimique, de la robustesse du processus et de la sécurité des produits** dans les boissons à base d'avoine, favorisant ainsi des actions correctives opportunes et une qualité de produit constante.

Un contrôle régulier de l'ammoniac est donc essentiel pour garantir **la stabilité, la sécurité et la qualité sensorielle du produit**.

## 5. Corrélation des méthodes : test CDR DrinkLab vs. test de référence

Le dosage de l'ammonium est une méthode analytique courante pour le suivi de la **qualité et de l'évolution biochimique du lait et des produits laitiers lors de leur transformation**. Ce principe s'applique également aux **boissons végétales**, notamment celles à base d'avoine. L'ammoniac peut provenir de la dégradation des protéines, de l'activité enzymatique ou du métabolisme microbien, ce qui en fait un indicateur sensible du contrôle du procédé et de la stabilité du produit.

Traditionnellement, le dosage de l'ammoniac repose sur **des méthodes enzymatiques de référence**, telles que les kits **Megazyme Ammonia Assay**, largement utilisés dans les laboratoires industriels et de recherche en raison de leur spécificité et de leurs protocoles standardisés. Ces dosages enzymatiques sont couramment employés comme

techniques de référence pour le contrôle qualité de routine et la validation des méthodes.

Outre les méthodes enzymatiques, la littérature scientifique décrit **les techniques chromatographiques comme des approches de référence pour le dosage de l'ammonium. En particulier, les méthodes basées sur la chromatographie d'échange de cations, combinée à la détection par conductivité supprimée**, permettent la séparation et la quantification des ions ammonium avec une grande sensibilité analytique. Cependant, ces techniques nécessitent **une préparation adéquate des échantillons**, un appareillage spécifique et un personnel qualifié, ce qui limite souvent leur application aux laboratoires centralisés ou hautement équipés.

D'autres méthodes analytiques officielles ou normalisées pour le dosage de l'ammoniac comprennent :

- **La chromatographie ionique**, telle que décrite dans les Méthodes normalisées internationales pour l'analyse de l'eau et des aliments.
- **Méthodes spectrophotométriques** basées sur la réaction de Berthelot ou des principes colorimétriques apparentés, citées dans plusieurs recueils officiels.
- **Les méthodes enzymatiques UV** sont reconnues comme des techniques de référence fiables dans l'analyse des aliments et des boissons.

Des études comparatives menées sur différentes boissons à base d'avoine démontrent une **forte corrélation entre les valeurs d'ammoniac obtenues à l'aide de CDR DrinkLab et celles mesurées avec des tests enzymatiques de référence**, tels que les kits Megazyme.

CDR (ppm)	Méthode officielle (ppm)
6,28	4,13
43,3	32,1
45,1	38,4
42,5	36,8
37,6	34,1
37,0	33,1
37,6	34,5
41,0	35,8
37,8	32,9

Tableau 1: Étude de corrélation de l'ammoniac entre la méthode CDR DrinkLab et la méthode Megazyme

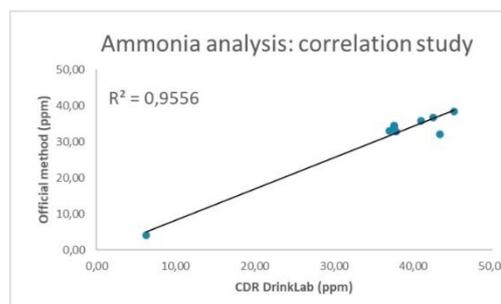


Figure 1: Étude de corrélation de l'ammoniac entre la méthode CDR DrinkLab et la méthode Megazyme

La corrélation observée (tableau 1, figure 1) présente un **coefficient de détermination élevé (R<sup>2</sup>)**, confirmant la fiabilité analytique du CDR DrinkLab pour le dosage de l'ammoniac dans des matrices végétales complexes. En simplifiant la préparation des échantillons et en réduisant les temps d'analyse, le CDR DrinkLab permet un contrôle rapide et in situ de l'ammoniac lors de la production de boissons à base d'avoine.

## 6. Conclusions

L'essor rapide des boissons à base d'avoine témoigne de la convergence du développement durable, de la prise de conscience nutritionnelle et de l'innovation technologique. Toutefois, la complexité de leur formulation et de leur transformation exige **un contrôle chimique rigoureux à chaque étape de la production**.

Les difficultés analytiques liées aux méthodes de laboratoire traditionnelles peuvent limiter la réactivité des processus et augmenter les coûts d'exploitation. Dans ce contexte, **CDR DrinkLab offre une solution efficace** qui allie rapidité, simplicité d'utilisation et fiabilité analytique pour le suivi des principaux paramètres de qualité.

La corrélation démontrée avec les méthodes de référence établies, notamment pour l'analyse de l'ammoniac, confirme l'adéquation de **CDR DrinkLab en tant qu'outil pratique pour le contrôle de la qualité dans la production moderne de boissons à base de plantes.**

## Bibliographie

1. Tetra Pak. *Oat beverages are booming. Here's why*. Tetra Pak Global, 2023. [Tetra Pak](#)
2. GFI Europe. *Market insights on European plant based sales 2020 to 2022 (NielsenIQ based analysis)*. The Good Food Institute Europe, 2023. [GFI Europe](#)
3. Oatly. *Our process (patented technology and production approach)*. Oatly, web page. [oatly.com](#)
4. *UHT processing in the context of plant based beverages: A scientific review*. *Current Research in Food Science*, 2024. [ScienceDirect](#)
5. *Innovative technologies for manufacturing plant based non dairy milk substitutes and their impact on nutritional, sensory, and safety aspects: A review*. *Current Research in Food Science*, 2021. [ScienceDirect](#)
6. Novozymes. *Oat based beverage, technical document (enzyme selection, hydrolysis outcomes, process considerations)*. Novozymes, PDF. [biosolutions.novozymes.com](#)
7. *Can plant based milk alternatives fully replicate UHT cow milk? A review focusing on sensory and physicochemical properties*. *Beverages* (MDPI), 2025. [MDPI](#)
8. Megazyme. *Ammonia Assay Kit (Rapid) K-AMIAR, product page and method overview*. Megazyme. [megazyme.com](#)

## CDR DrinkLab: Analyses Avancées, Simplifiées

### OPTIMISATION PROCESSUS SUR SITE



**Résultats Rapides pour Prises de Décision Rapides**  
Obtenez des données chimiques critiques en quelques minutes, directement sur la ligne de p.



**Flux de Travail Simplifié, Aucun Laboratoire Requis**  
Ne nécessite aucune préparation complexe des échantillons ni d'infrastructure de laboratoire dédiée.



**Moins de Dépendance à l'Opérateur**  
Réactifs pré-étalonnés et volumes d'échantillons minimaux garantissent des résultats constants.

### CONTRÔLE QUALITÉ FIABLE & COMPLET



**Fiabilité Analytique Prouvée**  
Démontre une forte corrélation avec les méthodes de référence enzymatiques officielles.



**Suivi des Paramètres Critiques**  
Analysez les indicateurs clés tels que les sucres, ammoniac et Azote Aminé Libre (FAN).



**Alerte Précoce pour les Écarts Qualitatifs**  
Surveille l'ammoniac comme indicateur clé de la dégradation des protéines ou de l'activité microbienne.