

**Zeitschrift:** Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène  
**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit  
**Band:** 70 (1979)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Densité d'une suspension de soja : influence des matières grasses et des solides non gras  
**Autor:** Besson, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-983712>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

A. Besson, Société d'assistance technique pour produits Nestlé SA,  
La Tour-de-Peilz

## Densité d'une suspension de soja: influence des matières grasses et des solides non gras

### Introduction

Savoir mesurer en continu la concentration en matières sèches d'un liquide est une nécessité fréquente dans l'industrie alimentaire: le contrôle et le réglage de nombreuses opérations (par exemple l'extraction, l'évaporation, la filtration, le mélange en continu) requièrent la connaissance instantanée et en continu de la concentration. Plusieurs grandeurs physiques, mesurables en continu (par exemple la densité, l'indice de réfraction ou la vitesse du son), varient avec cette concentration et peuvent donc apporter une solution (voir par exemple 1, 2). Cependant, la corrélation entre la grandeur physique choisie et la teneur en matières sèches est généralement affectée par plusieurs facteurs tels que température, pression, composition des matières sèches.

Le but de ce travail est d'étudier l'influence de cette composition sur la densité de suspensions de soja. Parmi les divers composants du soja, nous avons porté notre attention sur les graisses, car celles-ci jouent un rôle déterminant sur la corrélation densité — teneur en matières sèches: en effet, la densité de ces graisses, voisine de 0,9, est très différente de celles des solides non gras; de plus, la teneur en graisses du soja peut varier de façon non négligeable selon la variété et les conditions de culture (3, 4).

### Méthode expérimentale

Les suspensions de soja ont été préparées en mélangeant des quantités bien déterminées d'eau, d'huile de soja et de farine de soja partiellement dégraissée, ceci afin de pouvoir faire varier tant la teneur en matières sèches totales que la teneur en graisses. Ces suspensions étaient ensuite placées dans un circuit fermé comprenant une pompe de circulation, une sonde de température, le densimètre et une cuve mélangeuse à double manteau maintenant constantes la température (56°C) et l'homogénéité de la suspension.

Nous avons utilisé un densimètre à tube vibrant (modèle Anton Paar DMA 50 avec cellule externe DPR-401-R, précision  $10^{-4}$  g cm<sup>-3</sup>). Rappelons brièvement le

principe du densimètre à tube vibrant (5, 6): on remplit le tube du fluide dont il faut déterminer la densité; on fait vibrer électromagnétiquement ce tube à sa fréquence de résonance et l'on mesure sa période de vibration. Les lois de la mécanique montrent que cette période de vibration  $T$  peut être reliée à la densité inconnue  $D$ :

$$D = a(T^2 - b)$$

où  $a$  et  $b$  sont des constantes d'étalonnage que l'on détermine en mesurant la période de vibration de deux fluides dont on connaît parfaitement la densité.

### Résultats

Pour interpréter les résultats expérimentaux, nous avons utilisé l'équation dite d'additivité des volumes spécifiques. Cette équation relie la densité  $D$  d'un mélange aux densités de ses divers composants et aux proportions dans lesquelles ces divers composants sont mélangés:

$$\frac{1}{D} = \frac{W}{D_W} + \frac{F}{D_F} + \frac{SNF}{D_{SNF}}$$

W: eau  
F: graisses  
SNF: solides non gras  
TS: solides totaux

Par définition des teneurs en eau  $W$ , graisses  $F$ , solides non gras  $SNF$  et solides totaux  $TS$ , on a évidemment:

$$W + TS = 1$$

$$TS = F + SNF$$

En combinant ces trois équations, on peut mettre l'équation d'additivité des volumes sous la forme:

$$\frac{1}{D} = A + B \cdot TS + C \cdot F$$

où

$$A = 1/D_W$$

$$B = (1/D_{SNF}) - (1/D_W)$$

$$C = (1/D_F) - (1/D_{SNF})$$

Un programme de régression linéaire à trois variables permet de calculer les valeurs des coefficients  $A$ ,  $B$  et  $C$  vérifiant le mieux les triplets de valeurs expérimentales ( $TS$ ,  $F$ ,  $1/D$ ):

$$A = 1,01628 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$$

$$B = -0,35292 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$$

$$C = 0,47976 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$$

Le carré du coefficient de régression multiple vaut 0,99810, ce qui signifie que l'équation de régression  $\frac{1}{D} = A + B \cdot TS + C \cdot F$  explique 99,81% de la variation totale de  $1/D$  (7).

Les valeurs numériques des coefficients A, B et C permettent de déterminer les densités de l'eau, des graisses et des matières sèches non grasses du soja:

$$\begin{aligned} D_W &= 1/A &&= 0,9840 \text{ g cm}^{-3} \\ D_{SNF} &= 1/(A+B) &&= 1,5075 \text{ g cm}^{-3} \\ D_F &= 1/(A+B+C) &&= 0,8748 \text{ g cm}^{-3} \end{aligned}$$

Remarquons que la densité de l'eau ainsi calculée vérifie à 0,1% près la valeur des tables (0,9852 g cm<sup>-3</sup> à 56°C). La densité des graisses présente un écart de 2% avec la valeur mesurée sur l'huile de soja (0,8968 g cm<sup>-3</sup> à 56°C).

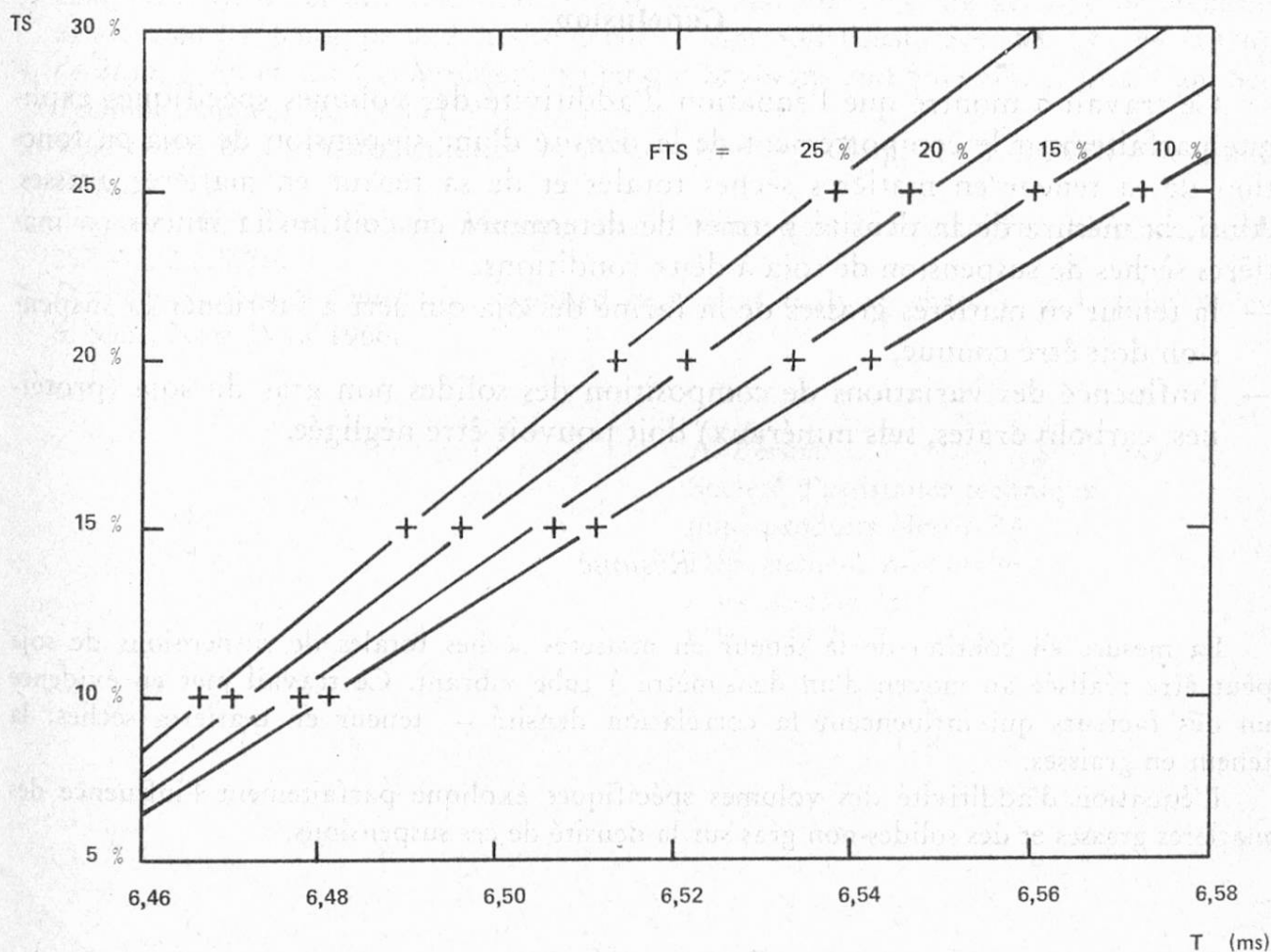


Fig. 1. Détermination de la teneur en matières sèches TS par la mesure de la période de vibration T, pour diverses valeurs de la teneur en graisses des matières sèches FTS

La figure ci-dessus montre l'ensemble des résultats expérimentaux (+). La période de vibration T du densimètre a été mesurée en fonction de la teneur en matières sèches TS avec, comme paramètre, le rapport



$$\frac{\text{teneur en matières grasses}}{\text{teneur en matières sèches totales}} = \frac{F}{TS} = \text{FTS.}$$

Ce rapport FTS n'est rien d'autre que la teneur en matières grasses des matières sèches du soja.

Les courbes reliant les points expérimentaux sont quasiment linéaires; elles représentent cependant l'équation:

$$TS = \left( \frac{1}{a(T^2 - b)} - A \right) / (B + C \cdot \text{FTS}).$$

Elles résultent donc de l'équation d'étalonnage du densimètre et de la régression à trois variables sur l'équation d'additivité des volumes spécifiques.

### Conclusion

Ce travail a montré que l'équation d'additivité des volumes spécifiques explique parfaitement le comportement de la densité d'une suspension de soja en fonction de sa teneur en matières sèches totales et de sa teneur en matières grasses. Ainsi, la mesure de la densité permet de déterminer en continu la teneur en matières sèches de suspension de soja à deux conditions:

- la teneur en matières grasses de la farine de soja qui sert à fabriquer la suspension doit être connue,
- l'influence des variations de composition des solides non gras du soja (protéines, carbohydrates, sels minéraux) doit pouvoir être négligée.

### Résumé

La mesure en continu de la teneur en matières sèches totales de suspensions de soja peut être réalisée au moyen d'un densimètre à tube vibrant. Ce travail met en évidence un des facteurs qui influencent la corrélation densité — teneur en matières sèches: la teneur en graisses.

L'équation d'additivité des volumes spécifiques explique parfaitement l'influence des matières grasses et des solides non gras sur la densité de ces suspensions.

### Zusammenfassung

Die kontinuierliche Messung des Inhaltes an Trockensubstanz von Sojasuspensionen kann mit einem Dichtemesser (mit vibrierendem Rohr) durchgeführt werden. Diese Arbeit zeigt einen der verschiedenen Faktoren, welche die Korrelation Dichte — Gehalt an Trockensubstanz beeinflussen, nämlich den Fettgehalt.

Die Additivität der spezifischen Volumen erklärt sehr gut den Einfluß des Fettgehaltes und der anderen Festsubstanzen auf die Dichte der Suspensionen.

## Summary

The continuous measurement of soya suspensions solids content can be done by using a vibrating tube densitometer. This work emphasizes one of the factors affecting the density — solids content correlation, i. e. the fat content.

The equation of specific volumes additivity accounts for the effect of the fat and solids non fat contents upon the density of these suspensions.

## Bibliographie

1. Zacharias, E. M. and Parnell, R. A.: Measuring the solids content of foods by sound velocimetry. *Food Technol.* **26** (4), 160—166 (1972).
2. Nagy, M.: Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes in Tomatenmark. *Ind. Obst-, Gemüseverwert.* **61**, 309—310 (1976).
3. Chapman, G. W. et al.: Chemical composition and lipoxygenase activity in soybeans as affected by genotype and environment. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **53**, 54—56 (1976).
4. de Man, J. M. et al.: Composition of Ontario Soybeans and Soymilk. *J. Inst. Can. Sci. Technol. Aliment.* **8**, 1—8 (1975).
5. Wightman, E. J.: Instrumentation in Process Control. Chap. 5, CRC Press, Cleveland Ohio, 1972.
6. Leopold, H.: Die digitale Messung der Dichte von Flüssigkeiten. *Elektronik* **19**, 297—302 (1970).
7. Draper, N. R. and Smith, H.: Applied regression analysis, chap. 1 et 4. John Wiley & Sons, New York 1966.

A. Besson  
Société d'assistance technique  
pour produits Nestlé SA  
Département Recherche  
Case postale 88  
CH-1814 La Tour-de-Peilz

J. O. Bosset, P. Rüst et P. Widmer\*, Station fédérale de recherches laitières,  
Liebefeld-Berne

## Etude statistique du point de congélation du lait de vache

Pour des raisons techniques, cette communication paraîtra dans le prochain cahier.