

# Journée d'information scientifique et technique en **GÉNIE AGROALIMENTAIRE**



Le mercredi 23 mars 2005

Centre de recherche et de développement  
sur les aliments (CRDA) de Saint-Hyacinthe

Compte rendu des conférences

ISBN 2-9808853-0-4

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec, 2005

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2005

**Journée d'information scientifique  
et technique en  
GÉNIE AGROALIMENTAIRE**

Le mercredi 23 mars 2005  
Centre de recherche et de développement  
sur les aliments (CRDA)  
Saint-Hyacinthe  
*Compte rendu des conférences*

**On peut obtenir des copies du Compte rendu des conférences au prix de 20,00 \$ l'unité. Envoyez un chèque à l'ordre de «*Colloque de génie agroalimentaire*» à:**

*Colloque de génie agroalimentaire  
Département SGA  
Pavillon Comtois  
Université Laval  
Québec, Qc  
G1K 7P4*

ISBN 2-9808853-0-4

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec, 2005

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2005

## **AVANT-PROPOS**

C'est avec grand plaisir que les membres du comité organisateur vous accueillent à cette troisième Journée d'information scientifique et technique en génie agroalimentaire. Avec plus de 70 communications au programme, cette formule répond assurément à un besoin d'échange et de transmission des connaissances dans les disciplines du génie alimentaire et du génie agroenvironnemental.

La société exige de plus en plus une maîtrise des risques et un sens aigu de la précaution avant d'implanter de nouvelles technologies. Dans ce contexte, nous aurons l'occasion d'entendre des experts traiter de la gestion de projets et de risques en agroalimentaire. De plus, la politique environnementale en agriculture au Québec sera présentée durant la journée. Voilà des sujets d'actualité pour guider les ingénieurs et autres professionnels dans leur travail technique afin d'en assurer la pertinence sociale. En plus d'une abondante information technique, les participants pourront profiter de nombreux échanges informels et de l'occasion pour assister à l'Assemblée générale annuelle de l'Association des ingénieurs en agroalimentaire du Québec (AIAQ) en fin de journée.

Pour terminer, j'aimerais remercier le personnel du Centre de recherche et de développement sur les aliments de Saint-Hyacinthe pour son accueil durant cette journée.

Philippe Savoie, agr. et ing.  
Président du comité organisateur

## **COMITÉ ORGANISATEUR**

Valérie Anne Brouillard, étudiante en génie alimentaire, SGA

Damien de Halleux, ingénieur, professeur adjoint, SGA

Stéphane Godbout, ingénieur et agronome, chercheur, IRDA

Maude Guay, étudiante en génie alimentaire, SGA

Robert Lagacé, ingénieur et agronome, professeur titulaire, SGA

Danielle Lamothe, agente de communication, CRDA

Michèle Marcotte, ingénieure, chercheuse, CRDA

Catherine Martineau, étudiante en génie alimentaire, SGA

Eric Norris, ingénieur, professeur agrégé (retraité), ABE

Philippe Savoie, ingénieur et agronome, chercheur, CRDSGC ; professeur associé, SGA

Roger Thériault, ingénieur, professeur titulaire, SGA

## **AFFILIATION DES INTERVENANTS**

|         |  |
|---------|--|
| AAC     | Agriculture et Agroalimentaire Canada  |
| AACG    | Agriculture et Agroalimentaire Canada, Guelph  |
| AACO    | Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa  |
| AACS    | Agriculture et Agroalimentaire Canada, Summerland  |
| ABE     | Department of Agricultural and Biosystems Engineering, Université McGill                         |
| AIAQ    | Association des ingénieurs en agroalimentaire du Québec  |
| ALI     | A. Lasonde inc.  |
| ALN     | Département des sciences de l'alimentation et nutrition, Université Laval                        |
| BDUW    | Biology Department, University of Waterloo   |
| CANMET  | Ressources Naturelles Canada, Laboratoire de Varennes  |
| CDPQ    | Conseil pour le développement du porc du Québec  |
| CEDUW   | Chemical Engineering Department, University of Waterloo  |
| CNRC    | Conseil national de recherche du Canada  |
| CRDA    | Centre de recherche et de développement sur les aliments, AAC,<br>Saint-Hyacinthe                |
| CRDH    | Centre de recherche et de développement en horticulture, AAC,<br>Saint-Jean-sur-Richelieu        |
| CRDBLP  | Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc, AAC,<br>Lennoxville     |
| CRDSGC  | Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures,<br>AAC, Sainte-Foy |
| CRIQ    | Centre de recherche industrielle du Québec   |
| CYC     | Les Consultants Yves Choinière inc.  |
| ENITIAA | École nationale des ingénieurs de techniques des industries agricoles et<br>alimentaires, Nantes |
| ENSIA   | École Nationale Supérieure des Industries Agroalimentaires, Massy                                |
| ETS     | École de Technologie Supérieure, Montréal  |
| EXTC    | Excel Technologies   |
| FSAC    | Department of Food Science and Agricultural Chemistry, Université McGill                         |
| GEL     | Département de génie électrique et génie informatique. Université Laval                          |
| INN     | Innotag Inc. et Cultiva Inc.   |
| IRDA    | Institut de recherche et de développement en agroenvironnement                                   |
| ISTA    | Institut des Sciences et Techniques des Aliments de Bordeaux                                     |
| LTE     | Laboratoire des technologies de l'énergie, Hydro-Québec  |
| MAPAQ   | Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec                         |
| MENV    | Ministère de l'environnement du Québec   |
| SAN     | Département des sciences animales, Université Laval  |
| SCGR    | Société canadienne de génie rural  |
| SGA     | Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval                               |
| SNC     | Groupe SNC-Lavalin Audet   |
| SRI     | Silsoe Reserach Institute, Royaume-Uni   |
| Sunarc  | Sunarc du Canada Inc.  |
| ULS     | University of Life Sciences, Wageningen, Pays-Bas  |
| USK     | Agricultural and Bioresource Engineering Dept., Université de la Saskatchewan                    |

# Table des matières

## Session plénière

Salle de conférence

- 9 :00 **Gestion de projets en génie agroalimentaire,**  
par Luc Audet, ing. et Clément Tessier, ing. 1

## Session 1: Défis en génie agroenvironnemental

Salle de conférence

- 10 :25 **Ouverture de la session** (modérateur: D. Désilets)  
10 :30 **Les politiques environnementales et l'agriculture au Québec,**  
par P. Baril (MENV) 14  
11 :10 **Rôle des ingénieurs en agroalimentaire en collaboration avec les  
architectes et agronomes,**  
par Y. Choinière (CYC) 15  
11 :30 **Instrumentation d'une étable laitière pour quantifier le méthane par  
un troupeau laitier,**  
par F. Tremblay, D. Massé (CRDBLP) 18  
11 :45 **Aspects technico-économiques d'un procédé de séchage biologique  
des boues de lisier de porc,**  
par Y. Bernard (CRIQ) 19

## Session 2: Manutention des liquides/purées

Salle de formation

- 10 :25 **Ouverture de la session** (modératrice: M. Guay, SGA)  
10 :30 **Le pompage de liquide non-newtonien,**  
par M. Pronovost (SNC) 22  
10 :45 **Caractérisation des mousses de jus de pomme,**  
par N. Rahaitsifa, C. Ratti (SGA) 26  
11 :00 **Viscoelastic and thermal properties of fruit puree based infant foods,**  
par J. Ahmed, H.S. Ramaswamy (FSAC) 27  
11 :15 **Effect of added Oil and Modified Starch on Rheological Properties,  
Droplets Size and Distribution, Opacity and Stability of Beverage Cloud Emulsions,**  
par A.R. Taherian (FSAC), P. Fustier (CRDA), H.S. Ramaswamy (FSAC) 28  
11 :30 **High pressure effects on the rheological and physical properties of  
protein enriched mango-juice,**  
par A. Gundurao, J. Ahmed, H.S. Ramaswamy (FSAC) 29  
11 :45 **Shelf life and quality changes in high- pressure treated mango juice during storage,**  
par N. Hiremath, H.S. Ramaswamy, J. Smith (FSAC) 30



### **Session 3: Technologies de séparation**

Salle A

- 10 :25 **Ouverture de la session** (modérateur: P. Jutras)
- 10 :30 **Simultaneous separation of acid and basic peptides by electrodialysis with ultrafiltration membrane,**  
par J.-F. Poulin, J. Amiot, L. Bazinet (ALN) 32
- 10 :45 **Effect of membrane type on cation migration during green tea electromigration and equivalent mass transported calculation,**  
par D. Labbé, M. Araya-Farias, A. Tremblay, L. Bazinet (ALN) 33
- 11 :00 **Précipitation des lipides du lactosérum par électroacidification avec membranes bipolaires,**  
par F. Lin Teng Shee, P. Angers, L. Bazinet (ALN) 34
- 11 :30 **Influence des traitements d'électrodialyse d'un extrait de soya sur le flux de perméat en ultrafiltration,**  
par M. Mondor, D. Ippersiel, F. Lamache, J.I. Boye (CRDA) 35
- 11 :45 **Procédé de production de sucre cristallisé à partir de sirop d'érable de catégorie inférieure,**  
par D. de Halleux, M. Aïder, K. Belkacemi (SGA) 36

### **Session 4: Monitoring en génie alimentaire**

Salle de l'auditorium

- 10 :25 **Ouverture de la session** (modérateur: Y. Arcand, CRDA)
- 10 :30 **Fluorescence as a Monitoring Tool for Biological and Food Processes,**  
par C. Moresoli, E. Elshereef, J. Urfer, R.L. Legge, H. Budman (CEDUW) 46
- 10 :45 **A Spectroscopic Technique For Water Content Determination In Potatoes,**  
par B. Singh, N. Wang, S. Prasher, M. Ngadi (ABE) 47
- 11 :00 **Les usines pilotes de transformation d'aliments au Canada,**  
par M. Marcotte, J. Gagnon (CRDA), P. Piyasena (AACG), B. Girard (AACS), G. Timbers (AACO) 50
- 11 :15 **Développement d'indicateurs d'éco-efficacité pour les industries des aliments et boissons,**  
par D. Maxime, M. Marcotte, Y. Arcand (CRDA) 51
- 11 :30 **Le génie au service de la recherche en horticulture,**  
par C. Vigneault, B. Goyette, R.N. Markarian, L. Rodrigue de Castro (CRDH) 53
- 11 :45 **L'effet des conditions de séchage sur la cinétique de séchage et la qualité de l'ail,**  
par L. Mendez (SGA), J. Makhlouf (ALN), C. Ratti (SGA) 58

## **Session 5: Gestion de l'eau**

Salle de conférence

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 13 :25 | <b>Ouverture de la session</b> (modérateur: R. Lagacé, SGA)   |    |
| 13 :30 | <b>Transport du phosphore sur deux terres agricoles situées au Québec,</b><br>par G. Simard, P. Enright, C.A. Madramootoo (ABE)   | 60 |
| 13 :45 | <b>Évaluation d'un modèle d'indice de risque de phosphore en parcelle<br/>expérimentale,</b><br>par M. Goulet, J. Gallichand (SGA), M. Duchemin, M. Giroux (IRDA)             | 62 |
| 14 :00 | <b>L'effet d'un système de contrôle de la nappe phréatique sur les pertes de<br/>phosphore dans les eaux de drainage agricole,</b><br>par C. Hebraud, C.A. Madramootoo (ABE)  | 64 |
| 14 :15 | <b>Modeling Phosphorous Dynamics in Tile Drained Fields,</b><br>par J. Abou Nohra, C.A. Madramootoo (ABE)   | 66 |
| 14 :30 | <b>Sediment and nutrient removal efficiencies in a constructed wetland in southern<br/>Québec,</b><br>par C. La Flamme, P. Enright, C.A. Madramoooo (ABE)                     | 67 |
| 14 :45 | <b>Application of the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to two agricultural<br/>fields in Quebec,</b><br>par A. Gollamudi, C.A. Madramootoo, P. Enright, I. Beaudin (ABE) | 68 |

## **Session 6: Machinisme et traitement**

Salle de formation

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 13 :25 | <b>Ouverture de la session</b> (modérateur: J. Larouche, INN)   |     |
| 13 :30 | <b>PULVIGNE- Pulvérisation efficace et sécuritaire pour l'environnement dans la<br/>vigne,</b><br>par B. Panneton, B. Lacasse (CRDH)  | 70  |
| 13 :45 | <b>Équipements d'épandage de fumier et de lisier: où en sommes-nous?,</b><br>par H. Bernard (MAPAQ)   | 71  |
| 14 :00 | <b>Profil de densité de l'ensilage de maïs en silo couloir,</b><br>par L. D'Amours, P. Savoie (CRDSGC)  | 78  |
| 14 :15 | <b>Perte de charge en fonction de la vitesse de l'air à travers des balles de foin de<br/>diverses densités pour différentes hauteurs,</b><br>par R. Morissette (SGA), P. Savoie (CRDSGC) | 87  |
| 14 :30 | <b>Résistance électrique des fourrages de luzerne à teneur en eau élevée,</b><br>par H. Joannis (SGA), P. Savoie (CRDSGC), D. Grenier (GEL)   | 95  |
| 14 :45 | <b>Status of farm mechanization in India,</b><br>par S.S. Sivakumar, R. Manian, K. Kathirvel, G.S.V. Raghavan (ABE)   | 103 |

## **Session 7: Transfert thermique/massique**

Salle A

- 13 :25 **Ouverture de la session** (modératrice: A. St-Yves)
- 13 :30 **Solid penetration trend investigation during osmotic dehydration equilibration,**  
par H. Li, H.S. Ramaswamy (FSAC) 106
- 13 :45 **The particle movement effect on the heat transfer to particle for canned  
particulate/liquid foods subjected to end-over-end processing,**  
par Y. Meng, H.S. Ramaswamy (FSAC) 107
- 14 :00 **Compression heating behavior of milk under high pressure,**  
par Y. Shao, S. Zhu, H.S. Ramaswamy (FSAC) 108
- 14 :15 **Comparison of heat transfer rates as influenced by modes of rotation, and system  
and product parameters during agitation processing,**  
par M. Dwivedi, Y. Meng, H.S. Ramaswamy (FSAC) 109
- 14 :30 **A computer model to establish cooking-cooling cycles for processed meat and  
poultry products,**  
par C. Chen, M. Marcotte (CRDA) 110
- 14 :45 **Raspberry firmness and kinetics of water loss as affected by enzyme treatment  
or/and osmotic dehydration,**  
par M. Marcotte, D. Maxime, A. Taherian (CRDA) 111

## **Session 8: Traitements électromagnétiques**

Salle de l'auditorium

- 13 :25 **Ouverture de la session** (modératrice: V. Orsat, ABE)
- 13 :30 **CEP / Aspects énergétiques et économiques,**  
par J. Carrignan, S. Machand (LTE), S. Tajchakavit (ALI) 114
- 13 :45 **Effect of pulsed electric field on protein denaturation and color of liquid egg  
products,**  
par M. Amiali, M.O. Ngadi, G.V.S. Raghavan (ABE) 115
- 14 :00 **Séchage micro-onde et sous vide : ses avantages et désavantages,**  
par P.S. Sunika, V. Orsat, V.G.S. Raghavan (ABE) 116
- 14 :15 **Procédés micro-ondes en Chine : Transfert Technologique et Développement,**  
par V.G.S. Raghavan, V. Orsat, Z. Liu (ABE) 119
- 14 :30 **A Microcontroller-based, Power Control System for Microwave Drying Process,**  
par Z. Li, N. Wang, G.S.V. Raghavan 120
- 14 :45 **Application of Radio-Frequency heating to protein foods,**  
par H.S. Ramaswamy, J. Ahmed, S.-U. Zaman (FSAC) 123

## **Session 9: Bâtiments agricoles**

Salle de conférence

- 15 :25 **Ouverture de la session** (modérateur: G. Gingras)
- 15 :30 **Séparation des déjections porcines sous les lattes pour réduire les rejets dans l'environnement,**  
par I. Lachance, M. Belzile (SGA), S. Godbout (IRDA), A. Marquis (SGA), S.P. Lemay (IRDA), F. Pouliot (CDPQ) 126
- 16 :00 **Modélisation des échanges thermiques et d'humidité dans un bâtiment d'élevage avicole commercial,**  
par F. Lachance, J.-A. Landry (ETS), B. Laberge (EXTC) 133
- 16 :15 **Explosion dans une porcherie avec une cave profonde, étude sur la production de biogaz,**  
par Y. Choinière (CYC) 138
- 16 :30 **Optimisation et essai d'un échantillonneur à flux passif pour quantifier les émissions de protoxyde d'azote,**  
par E. Gaudet (SGA), S. Godbout (IRDA), A. Marquis (SGA), S.P. Lemay, F. Pelletier (IRDA), R. Phillips, R. Sneath (SRI) 139
- 16 :45 **Utilisation d'une solution moussante rétractable comme système d'isolation et d'ombrage des serres,**  
par D. de Haleux, J. Villeneuve (SGA), M. Baudhuin (Sunarc) 141

## **Session 10: Innovations en récolte**

Salle A

- 15 :25 **Ouverture de la session** (modérateur: J. Larouche)
- 15 :30 **Développement d'une récolteuse de choux,**  
par R. Chagnon, M.-T. Charles, S. Fortin, J. Boutin, I. Lemay, D. Roussel (CRDH) 144
- 15 :45 **Récolte et séchage des résidus de maïs pour la biomasse,**  
par P. Savoie (CRDSGC) 152
- 16 :00 **Détermination du flot d'air et de fourrage dans le système de soufflerie d'une fourragère traînée,**  
par D.P. Lammers, M. Roberge (USK) 162
- 16 :15 **Modélisation d'un nez cueilleur non-sélectif de fourragères traînées,**  
par P. Nieuwenhof, M. Roberge (USK) 163
- 16 :30 **Méthodes de modélisation de machineries agricoles (caméra haute-vitesse et logiciel d'analyse dynamique),**  
par M. Roberge (USK) 164
- 16 :45 **Modélisation et validation du flot de fourrage dans une grosse presse à balles rectangulaires,**  
par T. Remoué, M. Roberge (USK) 165

## **Session 11: Propriétés des aliments**

Salle de l'auditorium

- 15 :25 **Ouverture de la session** (modérateur: J. Tatibouët, CNRC)
- 15 :30 **Sweet corn, a produce difficult to cool down,**  
par P. Cortbaoui, C. Vigneault (CRDH), G.S.V. Raghavan (ABE), M.-T. Charles,  
B. Goyette (CRDH) 168
- 15 :45 **Evaluation of phase transition in fresh potato at high pressures (HP) using  
HP calorimetry,**  
par S. Zhu, H.S. Ramaswamy (FSAC), A. Le Bail (ENITIAA) 169
- 16 :00 **Effect of plasticizer concentration and water activity on functional properties  
of pectin films,**  
par N. Maftoonazad, H.S. Ramaswamy (FSAC), M. Marcotte (CRDA) 170
- 16 :15 **Antifreeze Proteins from Winter Rye and Frozen Foods,**  
par C. Moresoli (CEDUW), M. Griffith (BDUW) 171
- 16 :30 **Analyse des mécanismes physico-chimiques responsables du gonflement  
et de l'alvéolation d'une pâte céréalière modèle lors de sa cuisson,**  
par M. Marcotte (CRDA), D. Lachkar (ISTA), B. Broyart (ENSIA) 172
- 16 :45 **Les propriétés viscoélastiques des pâtes mixtes de blé, de sorgho et de soja,**  
par G.S.V. Raghavan, A. Kulamarva, Y. Gariépy, M.O. N'Gadi (ABE) 173

## **Session 12: Désactivation microbiologique**

Salle de formation

- 15 :25 **Ouverture de la session** (modératrice: C. Ratti, SGA)
- 15 :30 **Application of the Hurdle Concept: Acidification and/or Addition of Antimicrobials  
to Reduce the Required Thermal Treatments of Foods,**  
par S. Grabowski, M. Marcotte (CRDA), G. Blom (ULS) 178
- 15 :45 **Manipulation de pathogènes dans une usine pilote de niveau 2 pour la validation  
des procédés de transformation de la viande,**  
par M. Marcotte (CRDA), L. Saucier (SAN), F. Naïm, C. Leblanc, M. Tanguay, M. Jutras,  
L. Sallami, B. Ouattara, O. Gervais, É. Choquette (CRDA) 179
- 16 :00 **Continuous system of inactivating Salmonella Enteritidis in poultry chiller water  
by using ultraviolet irradiation,**  
par L.S. Kassama, M.O. N'Gadi (ABE), J. Smith (FSAC) 180
- 16 :15 **Natural antimicrobials in combination processing - a review of a new consumer  
friendly approach,**  
par P. Thumula (ABE), C. Ratti (SGA), G.S.V. Raghavan (ABE) 181
- 16 :30 **Phosphatase inactivation kinetics in milk under continuous flow microwave  
heating,** par M. Lin, H.S. Ramaswamy (FSAC) 182
- 16 :45 **Effect of ultra high pressure on the electrospray ionization mass spectroscopy  
(ESI-MS) profile of whey proteins,**  
par P.A. Alvarez, A.A. Ismail, H.S. Ramaswamy (FSAC) 183



**Journée d'information scientifique  
et technique en  
GÉNIE AGROALIMENTAIRE**

Résumés et communications  
présentés le 23 mars 2005

---



## ***Gestion de projets en génie agroalimentaire – Première partie : Cycle de vie d'un projet***

Par Clément Tessier, ing. et Luc Audet, ing.

Bonjour,

Cette première conférence porte sur la gestion de projets. Pour vous faire profiter au maximum de notre expertise en gestion de projets, nous avons scindé la conférence en 2 parties.

La première partie que je vais présenter porte sur le cycle de vie d'un projet. Suivra par la suite l'analyse et la gestion du risque présenté par Monsieur Luc Audet.

### **Composantes d'un projet**

Les 3 principales composantes d'un projet sont les livrables ou la portée des travaux, le budget et l'échéancier.

Chez SNC-Lavalin Audet, nous ajoutons 2 autres composantes tout aussi importantes que les 3 premières, soient la qualité et l'environnement.

De nos jours, livrer des résultats sans tenir compte d'un haut niveau de qualité devient une source de frustration pour tous les intervenants impliqués au projet.

Il faut changer la perception que dans l'exécution d'un projet la qualité a un coût, mais plutôt parler du coût de la non-qualité.

L'industrie agroalimentaire a la particularité de conditionner des produits possédant une durée de vie limitée d'où l'importance d'avoir des installations de haut niveau de fiabilité. Cependant, les budgets disponibles étant limités, il est important d'investir à la bonne place. C'est toujours préférable d'effectuer une analyse de la valeur au début du projet pour bien distribuer les allocations budgétaires et établir les priorités.

L'environnement, tout comme la ventilation, a toujours été un parent pauvre dans l'élaboration d'un projet. L'environnement est directement associé au développement durable. Il ne faut jamais oublier que les problèmes environnementaux vont finir par vous rattraper et le coût des correctifs qui vous seront imposés dépassera largement le coût initial requis pour se conformer aux normes.

Concernant la santé et la sécurité sur les chantiers, outre l'obligation professionnelle de tenir compte de ces 2 aspects; avec l'avenue en 2004 de la loi C-45, autant les professionnels que les cadres des entreprises clientes peuvent maintenant faire l'objet de poursuite au criminel s'il est prouvé qu'il y a eu négligence lors d'un accident.

## **Les phases d'un projet**

Un projet en général peut être morcelé en 4 phases. La première phase concerne la justification comme telle du projet. L'idée de base peut provenir de la volonté de mettre en marché de nouveaux produits, l'augmentation de la productivité des opérations existantes, d'un investissement planifié dans le cadre d'un plan d'affaires et autres justifications.

Tout projet se réalise à l'intérieur de certaines contraintes. C'est à cette phase que les contraintes telles que les livrables, le budget, l'échéancier et les normes environnementales, fédérales ou provinciales et municipales sont définies.

Généralement, c'est à cette phase que nous allons prioriser avec le client l'une des 3 principales composantes d'un projet, soient le budget, l'échéancier et les livrables.

Cette première phase inclut les études de marché, de faisabilité et conceptuelles. Elle constitue le mûrissement du projet et c'est à cette étape que sont définies les attentes du client.

À la fin de la phase 1, le niveau de précision du budget se situe entre -15% et +40%.

À la phase 2 du projet, soit l'ingénierie préliminaire, nous développons plus en détails le procédé, le bâtiment et l'aspect environnemental.

La première étape pour établir ou confirmer le procédé consiste à produire un diagramme de procédé nous permettant par la suite de calculer le bilan massique, soient les intrants ou matières premières et les rejets ou sous-produits.

Dans un diagramme de procédé, les principaux équipements sont identifiés et l'ordre séquentielle des opérations est établie. Le bilan de masse nous permet d'identifier, entre autres, les aires d'entreposage.

À ce diagramme de procédé vont se greffer tous les services mécaniques et électriques requis. Dans le cas d'un procédé dit fermé, soit la manipulation d'un fluide ou un gaz, ce diagramme portera le nom de P&ID (Piping and Instrumentation Diagram).

Au niveau du bâtiment, on identifie toutes les disciplines impliquées au projet soient les travaux d'architecture, structure, génie mécanique, électrique, automatisation et génie civil.

## **Niveau d'automatisation**

Concernant l'automatisation, on établit à cette phase le niveau d'automatisation désiré.

Le niveau 1 concerne les éléments de base, soient les capteurs ainsi que les automates programmables.

Le niveau 2 inclut des interfaces de communication appelés HMI (Human, Machine, Interface). Ces interfaces sont généralement composés d'un ordinateur standard avec un écran représentant de façon schématisée le procédé ou un écran tactile du type « in touch ».

Le niveau 3 concerne des systèmes d'acquisition de données.

Finalement, le niveau 4 contient les éléments administratifs de l'usine et permet de mesurer en temps réel le niveau de rendement des opérations.

Au niveau de l'environnement, on détermine la caractérisation des rejets et l'on fait une pré-sélection des technologies et équipements qui seront utilisés pour traiter les rejets.

À la fin de la phase 2, le niveau de précision du budget devrait se situer entre -10% à +20%.

La dernière phase d'un projet concerne la réalisation comme telle. Ici, on procède à l'ingénierie détaillée et l'approvisionnement comme tel, c'est-à-dire la rédaction des devis techniques, l'analyse des soumissions et l'adjudication des contrats.

Ces dernières activités sont cruciales car elles confirment le budget et l'échéancier établis lors des phases subséquentes.

Une fois le budget final approuvé, on procède par ordre de priorité, à l'achat des équipements possédant un long délai de livraison.

## **Gestion de l'approvisionnement**

La gestion de l'approvisionnement des composantes sur le chantier est l'un des facteurs le plus déterminant pour le succès d'un projet et est un excellent indice sur le niveau de contrôle que le gestionnaire a sur le projet. Chez SNC-Lavalin, nous utilisons un logiciel spécialisé appelé PM+.

Afin de garder le contrôle de la sécurité sur les chantiers, on utilise des étiquettes de couleur différentes pour s'assurer que la vérification, les essais et fonctionnement de l'équipement et son

intégration aux activités de construction et de mise en service sont conformes à la planification établie.

Les 3 types d'étiquettes que l'on utilise sont :

- Rouge : « Danger – Ne pas faire fonctionner ».
- Bleu : « Attention – Essais pré-opérationnels en cours »
- Vert : « Essais de mise en service de systèmes en cours »

À cette étape, le niveau de précision du budget et de l'échéancier devrait se situer entre -5% et +10%.

Finalement, on procède à la formation des opérateurs ainsi qu'à la mise en marche des différents systèmes.

## **Limite d'un projet**

Pour bien démarrer un projet, il importe de bien délimiter le début et la fin du projet. Le début d'un projet est relativement facile à délimiter car il est défini à travers les phases précédentes.

La fin d'un projet est plus complexe à définir car un projet évolue constamment dans le temps, d'où l'importance de bien transposer les attentes du client sous forme de devis de performance à rencontrer.

Par la suite, on morcelle le projet en sous-mandats, généralement par disciplines. Chaque sous-mandat doit comporter un début, une fin et des objectifs bien définis à rencontrer. Les sous-mandats prennent la forme d'un projet en lui-même.

## **Niveau de contingences**

Pour évaluer le niveau de contingences d'un projet, il existe 2 méthodes, soient l'application d'une contingence globale sur l'ensemble des coûts du projet ou l'application d'une contingence par discipline ou par activité.

Un niveau de contingences doit inclure le niveau de fiabilité des estimés budgétaires ainsi qu'un niveau d'imprévu et de risques techniques.

À titre d'exemple, concernant le niveau de fiabilité, le niveau de précision sera :

- Par expérience : de  $\pm 20\%$  à  $\pm 30\%$ ;
- Basé sur des soumissions antérieures : de  $\pm 15\%$  à  $\pm 25\%$ ;

- Basé sur des soumissions fermes : de  $\pm 5\%$  à  $\pm 10\%$ .

## **Gestion du projet**

Une fois les travaux enclenchés, la gestion du projet portera sur :

- La portée des travaux (livrables);
- Le budget;
- L'échéancier;
- La qualité;
- La santé et sécurité;
- Les ressources humaines;
- La communication;
- Les imprévus et risques techniques;
- La gestion des approvisionnements.

Il est important de bien saisir que notre capacité d'influencer les coûts d'un projet diminue au fur et à mesure que le projet avance dans le temps.

De plus, le coût associé à un changement est directement proportionnel au degré d'avancement des travaux.

Il est important de minimiser les changements en cours de projet pour être en contrôle sur le budget et l'échéancier.

## ***Conclusion***

En conclusion, sans minimiser l'importance de la réalisation, les deux (2) phases les plus importantes d'un projet sont le mûrissement et l'ingénierie préliminaire. Ces deux (2) phases constituent les fondations du projet. Un projet mal défini en partant deviendra rapidement hors contrôle.

Il est important de bien définir les règles du jeu avec l'entrepreneur général et les entrepreneurs spécialisés par le biais de devis techniques bien détaillés et précis.

Le gestionnaire doit être en contrôle sur au moins 2 des 3 paramètres principaux d'un projet, soient le budget, l'échéancier et les livrables.

Le client doit s'attendre à déboursier environ 3% du budget global pour obtenir un niveau de précision de l'ordre de  $\pm 10\%$ .

## ***Gestion de projets en génie agroalimentaire – Deuxième partie : Analyse et gestion de risques***

Par Luc Audet, ing. et Clément Tessier, ing.

L'ingénieur est quelqu'un qui a l'habitude de faire les projets pour lui-même et de par sa nature, est souvent très optimiste. C'est un des pièges qui guettent l'ingénieur gestionnaire de projets.

La réussite d'un projet repose principalement sur l'établissement d'un réseau interactif de communication écrite et parlée.

Toutes les actions et tous les gestes seront orientés en fonction du projet une fois que tous les paramètres de celui-ci ont été établis avec le client.

Le gestionnaire de projets est en quelque sorte un homme orchestre qui doit maintenir en équilibre les différents éléments qui peuvent mettre en péril la réussite du projet. Il doit donc être en mesure de prévoir et d'évaluer les risques et de prendre les actions correctives.

Les erreurs au stade de planification sont amplifiées de beaucoup lors de la réalisation des travaux et peuvent même avoir des effets catastrophiques comme nous avons pu le voir récemment dans des projets publics.

Les projets agroalimentaires revêtent une difficulté particulière parce que les procédés alimentaires sont souvent complexes et impliquent des technologies très différentes les unes des autres. Le nombre d'intervenants peut également être très élevé, ce qui ajoute aux risques de non respect des objectifs.

### **Un client ou un projet**

Il peut paraître paradoxal de poser la question si l'on a un client ou un projet, mais il faut différencier les deux. Le client nous confie son projet.

Lorsque notre client est un propriétaire unique, le rôle du gestionnaire de projets sera de faire progresser le projet en fonction des besoins évolutifs du client. Même si le client doit être au centre de nos préoccupations, le projet, une fois bien défini, doit alors être au centre des discussions.

Dans le cas d'un projet réalisé pour une grande entreprise, la notion de client est différente. Les intervenants sont plus des représentants du propriétaire et souvent le projet est mieux défini au départ. Il appartient au chargé de projet de vérifier le tout par des séances de travail.

La réalisation harmonieuse du projet de nos clients passe par l'identification d'un interlocuteur principal avec qui se concentreront les discussions et qui verra à impliquer les autres personnes ressources du client.

Nous réalisons les projets de nos clients. L'équipe du client doit jouer un rôle actif au cours de la période de définition du projet.

Nous allons maintenant examiner comment les 3 principaux éléments de contrôle en gestion de projets (coûts, échéancier et livrables) peuvent être affectés par les différents risques qui guettent ce projet.

Il faut aussi comprendre qu'il y a une interrelation entre ces trois éléments.

### Les risques

Nous allons diviser les risques en 2 catégories soient les risques techniques et économiques. Les effets que ceux-ci peuvent avoir sur le budget, l'échéancier et les livrables de même que les actions correctives proposées.

#### ➤ **Les risques économiques**

- Mûrissement de projet

Les coûts du projet risquent de changer si un temps nécessaire n'a pas été mis pour définir en détails tous les travaux de génie et d'architecture avant la préparation des plans et devis pour construction.

Anxieux de réaliser rapidement leur projet, les promoteurs se lancent dans la réalisation avant d'en avoir examiné tous les aspects. On se contente souvent de rencontrer les principaux fournisseurs de technologies, en négligeant d'analyser en détails l'aspect environnemental et les services aux procédés.

Nous conseillons d'avoir recours à une équipe multidisciplinaire et de prendre au moins 2 mois pour s'assurer que le projet reflète bien les besoins du client.

- Précision de l'évaluation budgétaire

Un budget de projet non respecté aura des conséquences à plusieurs niveaux.

Au début du projet, le gestionnaire est pressé par son client de fournir un coût du projet à titre indicatif. Fournir une information de cette nature sans avoir pris le temps de la qualifier amène un risque inutile au projet.

Une évaluation budgétaire qui ne tient pas compte de tous les travaux de génie et non basée sur des prix de fournisseurs et d'entrepreneurs pourra amener des dépassements de coûts.

Les conséquences de ces dépassements peuvent miner la relation de confiance entre les différents intervenants.

Le gestionnaire aura ainsi plus de difficulté à poursuivre son mandat. Ceci peut aussi avoir des conséquences sur les financiers du projet et les offres d'aide financière.

Le rôle du gestionnaire de projet est alors très important. Il se doit de donner l'heure juste en effectuant avec tous les intervenants au dossier une révision complète des coûts et établir les scénarios pour ré-établir la confiance.

- Niveau de contingences

Tout projet est soumis à un niveau de risques. Le montant alloué pour les contingences ne doit pas être coupé ou diminué, et ce tout au long de la réalisation du projet.

Souvent, les pressions sont fortes de couper le montant de contingences pour justifier la réalisation du projet. Ceci est une illusion, la réalité va être toute autre.

Les contingences sont là pour les imprévus en cours de projet, et il y en a toujours.

- Financement

S'assurer que tout le financement nécessaire pour le projet a été obtenu tel que la mise de fonds, les prêts, les subventions (s'il y a lieu) et ce, pour les infrastructures et équipements de même que pour la mise en marche de la production.

Ne jamais débiter un projet par excès d'optimisme sans que le financement complet ne soit approuvé.

Bien sûr, les coûts du projet seront ceux qui auront fait l'objet d'un mûrissement de projet.



## ▪ Échéancier

Les conséquences liées à un échéancier non respecté sont nombreuses et importantes. Parmi celles-ci nous avons :

- retard de mise en production, ce qui peut se traduire par des pertes de revenus pour l'entreprise;
- augmentation des coûts du projet : plus de temps pour réaliser le projet implique automatiquement des coûts supplémentaires.

Les éléments qu'il faut considérer dans la préparation de l'échéancier sont :

- les conditions de température;
- temps de mise en route;
- formation du personnel;
- obtention des permis;
- obtention du financement;
- efficacité des travailleurs de la construction dans un environnement donné;
- conflit de travail dans les syndicats de construction ou grève chez un fournisseur de matériaux ou d'équipements.

## ▪ Lois et règlements

Un projet agroalimentaire implique un nombre important d'intervenants pour les divers travaux de génie et d'architecture. Ainsi, pour chacun des travaux, toutes les lois et règlements doivent être respectés par le design et l'exécution des travaux. Une modification du projet en cours d'exécution pour se conformer à une norme aura une répercussion sur les coûts.

Les principaux codes et règlements à respecter sont :

- C.N.B.;
- N.F.P.A.;
- Électricité;
- Plomberie;
- Mécaniciens machines fixes;
- HACCP;
- CFIA;
- AIB.

Le gestionnaire des travaux a cette responsabilité.

- Coûts des matériaux

La dernière année a amené son lot de surprises quant à l'augmentation des coûts des matériaux tels l'acier et le bois. Ceci a un effet direct sur le coût des projets et c'est très difficile à prévoir. C'est pourquoi les contingences doivent être maintenues dans le budget.

➤ **Les risques techniques**

- Compétence de l'équipe

Les différents intervenants du client se doivent d'être en mesure d'approuver et de comprendre les interventions, de même que de collaborer à l'avancement du projet. Une attitude défensive au lieu de collaboration peut introduire un risque à la réussite du projet.

Le gestionnaire de projet ne doit pas hésiter à mettre au clair les attentes qu'il a du rôle du client et de ses employés dans le déroulement du projet.

- Formation du personnel

L'installation d'une nouvelle ligne de production nécessitera la formation du personnel du client. Le démarrage harmonieux et en temps des opérations de la nouvelle usine en dépend.

Le gestionnaire doit planifier cette activité avec le client et être certain d'y allouer les ressources humaines et financières nécessaires.

- Imprévus de chantier

Les imprévus de chantier peuvent être de différentes natures. Pour en nommer quelques uns :

- sol de nature différente que les analyses faites;
- réservoir enfoui dont on ne pouvait connaître la présence;
- accident causant des blessures ou la mort d'un travailleur (risque de responsabilité);
- conduite de gaz touchée par les excavations;
- coulée de béton d'un plancher faite dans de mauvaises conditions.

Le gestionnaire doit être préparé à gérer de telles situations imprévues pour en diminuer les effets sur la poursuite du projet.

Même si ces éléments constituent des imprévus, sachant que ces risques existent, les méthodes et analyses utilisées peuvent permettre de les éviter.

- Performance de l'équipement

Il peut arriver que, malgré les données techniques fournies au fabricant d'équipements, ceux-ci ne performant pas comme prévu. Ceci peut être évité par des essais chez le fabricant ou en prévoyant une période de rodage avant la mise en route de production.

Malgré toutes ces précautions, si le problème arrive, il faut former rapidement une équipe d'experts pour trouver des solutions.

- Modifications des attentes du client

Le client qui décide en cours de projet de procéder à des modifications majeures sur son projet peut mettre à risque la bonne réussite du projet. Il appartient au gestionnaire de mettre en garde son client face à de telles décisions. Le gestionnaire doit l'informer des risques de non respect des échéanciers et des budgets. Il deviendra aussi important de refaire le point sur ces éléments et de les actualiser avant de poursuivre.

## Conclusion

Les risques inhérents à la gestion de projets sont nombreux, mais une bonne méthode de travail, l'expertise et l'expérience du gestionnaire sont les clés du succès. Tel qu'il a été décrit plus avant par Clément, les études préparatoires et préliminaires qui permettent de bien définir le projet dans tous ses aspects se révèlent d'une importance capitale.

Tout élément omis ou sous-évalué au stade préliminaire aura un effet multiplicateur sur les coûts et l'échéancier lors de la réalisation. Lors de la période de mûrissement du projet, le gestionnaire doit établir, avec l'équipe de projet, une analyse des risques et prendre des mesures pour s'assurer que ces risques seront diminués par des mesures correctives appropriées.

Mon expérience au cours des 25 dernières années m'apprend que toutes les techniques de gestion de projets qui nous instruisent des techniques de définition du projet, de contrôle de l'échéancier et des coûts ne suppléeront pas aux qualités humaines pour faire de la gestion de projets.

La facilité à communiquer, à vulgariser et à rassembler les opinions vers l'objectif principal qui est la réalisation du projet selon les critères définis avec le client est selon moi l'élément principal du succès en gestion de projets.

La réalisation d'une usine agroalimentaire exige du gestionnaire de projet de travailler à maintenir en équilibre une relation entre les 3 intervenants principaux, soient le client, l'entrepreneur (ou les entrepreneurs) et l'ingénieur-conseil et gestionnaire. La réussite viendra si chacun concentre leurs efforts sur le succès du projet commun et non à protéger ses propres intérêts.



23 mars 2005  
10 :25 à 12 :00

## Session 1 : Défis en génie agroenvironnemental

Modérateur : D. Désilets

## *Les politiques environnementales et l'agriculture au Québec*

Pierre Baril

Direction générale des politiques, Ministère de l'Environnement,  
Édifice Marie-Guyart, 30<sup>e</sup> étage, 675, boulevard René-Lévesque Est, Québec (Québec) G1R  
5V7; site : [www.menv.gouv.qc.ca](http://www.menv.gouv.qc.ca)

### SOMMAIRE

Dans l'optique du développement durable, retrouver un équilibre entre le développement de l'agriculture, son acceptabilité sociale et le respect de l'environnement pour le bénéfice des générations futures est une voie à privilégier pour préserver les ressources, l'eau et le sol. À cet égard, l'engagement pris dans la Politique de l'eau, notamment dans le contexte du Règlement sur les exploitations agricoles, vise à atteindre un meilleur équilibre entre les apports des fertilisants et les besoins des plantes, favorisant ainsi une réduction de la pollution causée par l'utilisation de ces substances dans l'environnement. Cette approche est axée sur une gestion rigoureuse du phosphore à l'échelle de chaque entreprise agricole.

On trouve notamment sur le site du ministère de l'information sur les activités assujetties à l'obligation d'obtenir un certificat d'autorisation dans le contexte de la Loi sur la qualité de l'environnement ainsi que sur le registre public des certificats délivrés pour les productions animales. On peut également y consulter divers documents qui décrivent l'impact des activités agricoles sur l'environnement.

La présentation d'aujourd'hui résume les principales politiques environnementales dont s'est doté le gouvernement du Québec dans le secteur agroalimentaire. Le site du ministère présente l'ensemble des politiques qui sont regroupées sous les thèmes suivants : l'air, la biodiversité, les changements climatiques, le développement durable, l'eau, les évaluations environnementales, les matières résiduelles, le milieu agricole, le milieu industriel, les pesticides et les terrains contaminés.

## ***Rôle des ingénieurs en agroalimentaire en collaboration avec les architectes et agronomes***

Yves Choinière, ing., agr. P.Eng.

Les Consultants Yves Choinière,  
84 rue Roy, Ange-Gardien, Québec J0E 1E0  
<consultants@yveschoiniere.com>

### SOMMAIRE

Le contenu de la conférence est divisé en trois parties : 1) le cadre juridique de la construction agricole; 2) une revue des lois et règlements; 3) l'équipe de conception du bâtiment agricole. Le cadre juridique doit tenir compte des lois et règlements aux niveaux fédéral, provincial et municipal. Au niveau provincial, les principaux documents sont les codes et règlements de construction, la loi concernant la Régie du bâtiment du Québec, les documents de la Commission de la construction du Québec et les lois sur les municipalités et les MRC. Pour obtenir un permis de construction, la première étape consiste à satisfaire les exigences concernant l'environnement agricole au Québec. Il faut tenir compte du Règlement sur les exploitations agricoles (REA, 2002), émettre un avis de projet pour petits élevages et entreposage des déjections et obtenir un certificat d'autorisation. Le gouvernement du Québec a transféré certaines responsabilités au niveau municipal comme les distances séparatrices et les schémas d'aménagement; il faut donc tenir compte des règlements locaux. Une rapide rétrospective des lois et règlements nous permet d'identifier trois documents importants : 1) la Directive relative à la protection contre la pollution de l'air provenant des établissements de production animale (1996, c,26); 2) la Directive relative à la détermination des distances séparatrices relatives à la gestion des odeurs en milieu agricole (1998, G.0.2, 1582); 3) la Modification du schéma d'aménagement d'une MRC et du règlement de contrôle intérimaire (articles 64 et les suivants de la Loi sur l'aménagement et l'urbanisme). Du côté de la lois sur les ingénieurs (LRQ C. I-9, 1997, Section 2, champ de la pratique, article # 2), on note que le champ de pratique inclut les fondations, la charpente et les systèmes électriques ou mécaniques des édifices dont le coût excède 100 000 \$ incluant tous les bâtiments agricoles de 100 000 \$ et plus. Les constructions accessoires à des travaux de génie et dont la destination est de les abriter, comme des abris temporaires d'hiver, sont aussi couvertes par cette loi. Sont aussi incluses dans la loi des ingénieurs les fausses charpentes et autres ouvrages temporaires utilisés durant la réalisation de travaux de génie civil (par exemple les échafaudages, les ouvrages de protection). L'ingénieur est aussi responsable de la mécanique des sols nécessaire à l'élaboration de travaux de génie : soit les essais de capacité portante, cisaillement, conductivité hydraulique et autres. La loi des ingénieurs modifiée en 1998 a toutefois exclus du champ de pratique de l'ingénieur les bâtiments à des fins agricoles ou agro-alimentaires dont la superficie était de moins de 300 m<sup>2</sup>.

Le Code civil du Québec, dans sa version 1995, aux articles 2117 à 2124, précise que les architectes, ingénieurs et entrepreneurs ont une responsabilité vis-à-vis de leurs travaux pendant cinq (5) ans après la fin des travaux et pendant trois (3) ans après la découverte d'un problème, soit un total de huit (8) ans au maximum. La loi sur les architectes (LRQ, ch. A-21), modifiée en mars 2004, précise un champ de pratique pour tout bâtiment dont l'aire est supérieure à 300 m<sup>2</sup>, que ce soit pour une construction neuve, un agrandissement, une rénovation ou un usage modifié. La loi sur les agronomes mentionne que «L'agronome est le spécialiste de l'agriculture et de l'agroalimentaire. L'agronome œuvre en agriculture, en agroalimentaire, en horticulture ornementale, en agroforesterie, en génie rural, en environnement et aménagement du territoire. L'agronome expérimente, développe, applique, communique, vulgarise ou enseigne les principes, les lois et les procédés de la culture des plantes agricoles et autres végétaux, de l'élevage des animaux, de l'aménagement et de l'exploitation générale des sols para-agricoles, de l'économie agroalimentaire et rurale et de la conservation, transformation et commercialisation des produits agricoles. L'agronome analyse le milieu, évalue la situation, gère la qualité, diagnostique les problèmes, propose des solutions et établit un plan d'action. Son travail se traduit de façon ultime par un avis ou une recommandation qui concilie à la fois les intérêts de son client et de la société. L'agronome élabore des procédés, méthodes, normes, plans, devis ou spécifications, émet des directives de surveillance et effectue le suivi de ses recommandations.» En plus de tenir compte des champs de pratique de l'ingénieur, de l'architecte et de l'agronome, la construction d'un bâtiment agricole doit tenir compte du Code de construction du Québec (2002) et du Code national de construction des bâtiments agricoles – Canada (1995). Le bâtiment agricole est défini comme un «bâtiment ou partie de bâtiment qui ne contient pas d'habitation, situé sur un terrain consacré à l'agriculture ou à l'élevage et utilisé essentiellement pour abriter des équipements ou des animaux, ou pour la production, le stockage ou le traitement de produits agricoles ou horticoles ou l'alimentation des animaux». Finalement, la réalisation d'un bâtiment agricole implique un travail d'équipe qui peut requérir les services de l'ingénieur, l'architecte, l'agronome et le vétérinaire. Le tableau 1 illustre les tâches sous la responsabilité de chacun de ces professionnels pour la réalisation d'un bâtiment agricole.



**Tableau 1. Équipe de conception et tâches dans le bâtiment agricole.**

|                               | Architecte | Ingénieur | Agronome | Vétérinaire |
|-------------------------------|------------|-----------|----------|-------------|
| <b>Aspects légaux</b>         |            |           |          |             |
| Demande de CA au MENV         |            | †         | †        |             |
| Plan de localisation          |            |           |          |             |
| MENV                          |            | †         |          |             |
| Municipal                     | †          | †         |          |             |
| Entrepôt à fumier             | †          | †         |          |             |
| PAEF                          |            |           | †        |             |
| Traitement fumier             |            | †         | †        |             |
| Permis construction municipal | †          | †         |          |             |
| MRC                           | †          | †         |          |             |
| <b>Aspects financiers</b>     |            |           |          |             |
| Plan concept, définition      | †          | †         | †        | †           |
| Vue architecturale            | †          |           |          |             |
| Aménagement extérieur         | †          | †         |          |             |
| Infrastructure                |            | †         |          |             |
| Épuration                     |            | †         |          |             |
| Estimation des coûts          | †          | †         |          |             |
| <b>Réalisation du projet</b>  |            |           |          |             |
| Plan d'architecture           | †          |           |          |             |
| Aménagement intérieur         | †          | †         | †        | †           |
| Aire animaux                  | †          | †         | †        | †           |
| Aire de service               | †          | †         | †        | †           |
| Traite ou service animal      |            | †         | †        | †           |
| Alimentation                  |            | †         | †        |             |
| Nettoyage                     |            | †         | †        |             |
| Ventilation                   |            | †         | †        |             |
| Éclairage                     |            | †         | †        |             |
| Mécanisation                  |            | †         | †        |             |
| Plans et devis complets       | †          | †         |          |             |
| Appels d'offre (hors décret)  | †          | †         |          |             |
| Entrepreneur                  | †          | †         |          |             |
| Matériaux                     | †          | †         |          |             |
| Équipement                    | †          | †         |          |             |
| Surveillance de chantier      | †          | †         |          |             |
| Supervision des installations | †          | †         |          |             |
| Mise en service               |            | †         |          |             |
| Conformité                    | †          | †         |          |             |

## ***Instrumentation d'une étable laitière pour quantifier le méthane par un troupeau laitier***

Frédéric Tremblay et Daniel Massé

Centre de recherches et développement sur le bovin laitier et le porc.

Agriculture et Agroalimentaire Canada.

2000, route 108 est, Lennoxville, Québec, Canada, J1M 1Z3

### **SOMMAIRE:**

Le centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc (CRDBLP) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Lennoxville à développer un instrument de quantification du méthane produit par un troupeau de vaches laitières. L'approche utilisée est d'établir un bilan du méthane entre l'air qui entre dans une étable et l'air qui en sort par une ventilation mécanique. L'étable instrumentée peut accueillir 21 vaches laitières en stabulation fixe dans des conditions similaires à celle qui prévalent en production commerciale.

Un système mesure en continu la pression statique à chaque ventilateur, la température de l'air et la vitesse de rotation des ventilateurs afin d'établir le débit d'air normalisé aux sorties du bâtiment. La performance des ventilateurs est établit sur place à l'aide d'une tuyère spécialement développée par le CRDBLP et préalablement calibrée conformément aux normes ANSI AMCA-210-99 et ANSI ASHRAE-51-99. Le système analyse de façon séquentielle 12 échantillons d'air prélevés dans le bâtiment et accumulés pendant 40 minutes dans des réservoirs à double chambre afin de déterminer leur concentration de méthane à l'aide d'un analyseur à absorption infrarouge. La production de méthane globale du troupeau présent dans le bâtiment est établit par la différence entre les débits massiques de méthane aux sorties et entrées du bâtiment. Des relâchements de quantités connues de méthane pur permettent d'établir la précision de cet instrument à  $\pm 5\%$ .

Les paramètres de production dans le bâtiment instrumenté sont suivit de façon journalière (consommation d'eau, consommation et composition alimentaire, production de lait) ainsi que les paramètres climatiques de façon continue (pression barométrique, température et humidité).

Cet outil permet aux chercheurs du Centre de Recherche et de Développement sur le Bovin Laitier et le Porc d'Agriculture et Agroalimentaire Canada d'évaluer et de réduire les émissions de méthane de différents groupes de vaches à différents stades de production en proposant des modifications aux régies alimentaires et animales

## ***Aspects technico-économiques d'un procédé de séchage biologique des boues de lisier de porc***

***Yves Bernard, ingénieur***

Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)  
333, rue Franquet, Sainte-Foy (Québec), Canada G1P 4C7  
Téléphone : (418) 659-1550 poste 2401; télécopieur : (418) 652-2202  
Courriel : yves.bernard@criq.qc.ca

### **RÉSUMÉ**

Les systèmes de traitement des lisiers de porc génèrent des boues de flottation ou de décantation. En général, ces boues sont dirigées à un site de compostage autorisé pour être transformées en compost. Cette opération occasionne des frais importants qui sont assumés par le producteur. En effet, les coûts de transport et de disposition des boues, dont la teneur en eau est de 90 %, représentent environ 30 à 40 \$/m<sup>3</sup> de boues (soit de 10 à 14 \$/m<sup>3</sup> de lisier traité). Les coûts élevés associés au compostage s'expliquent en grande partie par la proportion importante d'absorbants nécessaires au compostage, qui est de l'ordre de 3 à 5 m<sup>3</sup> d'absorbants par m<sup>3</sup> de boues à composter.

Afin de solutionner la problématique reliée aux coûts de disposition de ces boues, le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) a mis au point une technologie de séchage biologique permettant de réduire la teneur en eau des boues de 90 à 70 %. Le processus utilisé s'apparente au compostage mais la méthode et l'objectif du traitement sont différents. En effet, au niveau du procédé de séchage biologique, les mélanges de boues et d'absorbants sont optimisés afin de réduire la proportion d'absorbants par rapport à celle des boues et de favoriser le processus d'évaporation.

Ainsi, pour le procédé de séchage biologique développé par le CRIQ, le volume d'absorbants utilisé n'est plus que de 1 m<sup>3</sup> pour chaque m<sup>3</sup> de boues traitées. La quantité de solides à disposer issus du procédé est inférieure à la quantité de boues à traiter, ce qui est un autre avantage de ce procédé.

À partir des résultats obtenus lors d'essais réalisés à l'échelle laboratoire (réacteur de 120 L), la définition de scénarios économiques a permis de détailler les coûts du procédé de séchage biologique (opérations, équipements et infrastructures). Les coûts d'achat d'intrants, de main-d'œuvre et d'entretien des équipements, d'amortissement des équipements et des infrastructures ainsi que la disposition des solides traités ont été évalués. Ces coûts ont été évalués pour un procédé pleine grandeur de séchage biologique permettant de traiter environ 2 400 m<sup>3</sup> de boues/année, ce qui représente un cas réel d'une ferme porcine québécoise de taille moyenne à grande.

Ces scénarios économiques ont permis d'établir le coût de traitement des boues à environ 20 \$/m<sup>3</sup> de boues (soit 7 \$/m<sup>3</sup> de lisier), ce qui occasionnerait des économies intéressantes pour le producteur (supérieures à 30 %). C'est ainsi que le procédé de séchage biologique s'avère un mode de gestion intéressant des boues puisqu'en plus de réduire la quantité de solides à disposer et, par le fait même le coût de disposition, il permet de produire un amendement organique de haute valeur. La prochaine étape de ce projet consiste à définir les critères de dimensionnement, à procéder à une mise à l'échelle pleine grandeur et à valider l'efficacité du séchage biologique dans des conditions réelles d'opération.

23 mars 2005  
10 :25 à 12 :00

## Session 2 : Manutention des liquides / purées

Modératrice : M. Guay, SGA

## *Le pompage de liquide non-newtonien*

Marcel Pronovost, ing.

SNC-Lavalin Audet  
Division agroalimentaire de SNC-Lavalin inc.

SOMMAIRE :

### **1.0 Définition du problème**

Plusieurs entreprises dans le domaine agroalimentaire éprouvent certaines difficultés à concevoir correctement des réseaux de tuyauterie transportant des liquides à viscosité élevée et au comportement inhabituel. Déterminer le bon diamètre de conduit pour le débit désiré, sélectionner la bonne pompe, établir avec précision la perte de pression du réseau peuvent devenir de véritables casse-têtes où la méthode des essais et erreurs finit souvent par triompher avec les coûts et les pertes de temps et de production qu'elle représente. Des expériences récentes avec des produits tels que le chocolat, la liqueur de cacao, le yogourt, le fromage frais et les huiles végétales nous ont permis d'approfondir les notions de rhéologie, c'est-à-dire, la science qui a trait à l'étude des écoulements des liquides et de développer une approche pratique pour réaliser une conception satisfaisante.

Une bonne compréhension du type de fluide à pomper et de son comportement à travers un réseau de tuyauterie permet cependant de bien concevoir un système et cet article résume la méthode à suivre pour y arriver mais avant, il convient de se rafraîchir la mémoire sur quelques notions de théorie.

### **2.0 Un peu de théorie**

La **viscosité** d'un fluide est une mesure de sa tendance à résister à l'écoulement (friction interne des fluides).

L'unité de mesure la plus couramment utilisée est le centipoise (cps) qui indique la viscosité absolue d'un fluide. La viscosité **absolue** peut être obtenue en utilisant un viscosimètre qui mesure la résistance à la rotation d'un disque (viscosimètre Brookfield par exemple).

D'autres unités, telles que le centistoke (cks) ou le Saybolt Second Universal (SSU), mesurent la viscosité **dynamique** où la gravité spécifique du fluide influencera la mesure de viscosité.

Cependant, la viscosité d'un fluide n'est pas une propriété fixe et constante mais varie plutôt selon les conditions du liquide et du système.

Le premier facteur à considérer est la température d'opération puisque la majorité des liquides possède une viscosité qui diminue avec l'augmentation de la température.

Le deuxième facteur à considérer, souvent négligé dans la conception, consiste à définir le type de comportement du fluide à traiter.

Les différents types de comportement ont pour effet de faire varier la viscosité d'un liquide en fonction du taux de cisaillement (ou de la vitesse) de ce dernier dans le réseau et ce, pour une même température. Par exemple, le fait de brasser un yogourt (cisaillement) a pour effet de réduire sa viscosité.

Il convient alors de parler de viscosité apparente, c'est-à-dire la viscosité réellement rencontrée dans une pompe, mélangeur et un réseau de tuyauterie aux conditions de conception désirées.

Les liquides newtoniens et non-newtoniens constituent les deux grandes familles de comportement.

## 2.1 Fluide newtonien

Ce type de fluide possède une viscosité constante même si le taux de cisaillement (agitation) augmente.

Les fluides au comportement newtonien incluent entre autres l'eau, le lait, le jus de fruit et l'huile minérale.

## 2.2 Fluide non-newtonien

### Type thixotropique

La viscosité tend à diminuer avec l'augmentation du taux de cisaillement (agitation). La force requise pour créer un mouvement diminue avec l'augmentation de la vitesse.

Exemples de liquides thixotropiques : le yogourt, le fromage frais, le chocolat, la liqueur de cacao, certains produits à base d'amidon, l'huile végétale.

## ***Type plastique et pseudo-plastique***

La viscosité de ce type de liquide diminue en fonction du cisaillement. Cependant, la viscosité initiale peut être si élevée qu'elle peut empêcher l'écoulement dans un système de pompage ou créer de fortes pressions au démarrage.

Exemples : certaines lotions, shortening, gel, chocolat, purée de fruits ou de légumes.

### **3.0 Solution**

Afin de bien concevoir un réseau de tuyauterie pour des liquides de type non-newtonien, il convient de bien comprendre le comportement du fluide à pomper. Pour ce faire, nous proposons de suivre les étapes suivantes :

1. Réaliser un test de viscosité en fonction du taux de cisaillement sur un échantillon représentatif du fluide à la température d'opération désirée. Ce test se réalise à l'aide d'un rhéomètre et peut s'effectuer en laboratoire privé ou au C.R.D.A. (Centre de recherche et de développement des aliments) de St-Hyacinthe, si l'usine ne possède pas de rhéomètre.
2. Le taux de cisaillement anticipé dans le réseau de tuyauterie peut être évalué de la façon suivante :

$$\text{Taux de cisaillement} = \frac{\text{vitesse du fluide dans le tuyau (m/s)}}{\text{rayon du tuyau (m)}}$$

Cette évaluation représente cependant une approximation du taux de cisaillement réel. Il convient ensuite de comparer cette évaluation avec la courbe de viscosité Vs le taux de cisaillement obtenu à l'étape 1. La viscosité d'un produit tend effectivement à se stabiliser à partir d'une certaine agitation. L'expérience nous démontre que la viscosité apparente des fluides dans les réseaux industriels typiques correspond à la valeur obtenue lorsque la viscosité se stabilise.

3. Établir la viscosité du fluide selon le taux de cisaillement calculé à l'étape 2 en utilisant la courbe obtenue à l'étape 1. L'expérience nous démontre que la viscosité apparente peut souvent représenter 1/20 et plus de la viscosité absolue.
4. Calculer la perte de pression du réseau de la façon habituelle.
5. Répéter les opérations 2 à 4 pour différents diamètres de tuyau afin d'optimiser la sélection des pompes et des tuyaux selon le diamètre, la perte de charge et les coûts.



6. Si possible, il est recommandé de réaliser un calcul à rebours sur un réseau existant où la perte de pression est connue ainsi que le débit et le réseau. En effectuant ce calcul, nous pouvons établir une viscosité apparente nous permettant de comparer les valeurs obtenues avec le rhéomètre.

#### **4.0 Quelques recommandations**

- Sélectionner des pompes à déplacement positif adaptées aux besoins.
- Concevoir un réseau le plus droit possible, minimiser les coudes et les détours.
- Fonctionner à la température maximale admissible par le procédé afin de diminuer sa viscosité et optimiser la conception réseau.
- Installer des pompes à vitesse variable pour les fluides dont l'écoulement est difficile à initier tel que le chocolat. La pompe peut ainsi démarrer à vitesse inférieure pour éviter d'atteindre des pressions excessives et augmenter sa vitesse au fur et à mesure que la viscosité diminue.

## *Caractérisation des mousses de jus de pomme*

Narindra Raharitsifa<sup>1(a)</sup>, Cristina Ratti<sup>1(b)</sup>

<sup>1</sup>Département des sols et de génie agroalimentaire,  
Université Laval,  
Sainte-Foy, Québec G1K 7P4  
<sup>(a)</sup> ([nraharitsifa@yahoo.ca](mailto:nraharitsifa@yahoo.ca));  
<sup>(b)</sup> ([Cristina.Ratti@sga.ulaval.ca](mailto:Cristina.Ratti@sga.ulaval.ca)).

### SOMMAIRE:

Le moussage est une bonne façon d'accélérer la déshydratation des aliments liquides à cause de la structure poreuse de la matrice formée. Bien que cette technologie soit simple et prometteuse, l'instabilité intrinsèque des mousses reste un problème à résoudre avant de procéder au séchage. Ce projet vise donc à améliorer la transformation ultérieure des mousses (séchage par moussage par exemple) par l'étude approfondie de leur stabilité ainsi que de leurs propriétés rhéologiques et physiques. Des mousses de jus de pomme (aliment modèle) ont été préparées en utilisant de la poudre de blanc d'œuf (BO) et/ou de méthylcellulose (MTC) (0,1 à 3%) à différents temps de fouettement (3 à 7 minutes). En ce qui concerne l'analyse rhéologique, l'angle de phase a été étudié à des fréquences allant de 0,1 à 10Hz et à une température de 19°C, et le fluage, avec l'application d'une contrainte de 3Pa pendant 30s. Le drainage, la masse volumique et la taille des bulles ont été également mesurées pour viser les concentrations adéquates à l'obtention d'une mousse stable. Les mousses préparées avec du MTC à une concentration supérieure à 1%, ont présentées une masse volumique nettement supérieure (c'est à dire, une faible capacité de la phase continue à inclure de l'air) à celles faites avec du BO. Cependant, selon les résultats du drainage, les mousses préparées avec du MTC ont été plus stables présentant une distribution des bulles plus uniforme et avec de diamètres plus petites (de 54µm à 187µm). La masse volumique des mousses en fonction de la concentration de l'agent moussant a présenté une allure parabolique dont le minimum correspond à une concentration approximative de 2% pour la MTC et de 0,2% pour le BO. Les résultats rhéologiques préliminaires ont montré que le comportement viscoélastique des mousses est dépendant de sa masse volumique.

## *Viscoelastic and thermal properties of fruit puree based infant foods*

Jasim Ahmed<sup>1</sup> and Hosahalli Ramaswamy<sup>2</sup>

Department of Food Science and Agricultural Chemistry,  
Macdonald Campus, McGill University, Ste Anne de Bellevue, Quebec, H9X 3V9, Canada.

Jasim Ahmed<sup>1</sup> <[jahmed2k@yahoo.com](mailto:jahmed2k@yahoo.com)>  
Hosahalli Ramaswamy<sup>2</sup> <[hosahalli.ramaswamy@mcgill.ca](mailto:hosahalli.ramaswamy@mcgill.ca)>

**Address correspondence to: Dr. Hosahalli Ramaswamy**

### **ABSTRACT**

Viscoelastic and thermal properties of three commercial fruit puree based baby foods (apple, apricot and banana) were determined using dynamic oscillatory rheometry (temperature range of 5 to 80°C) and differential scanning calorimetry tests (0 to 100°C). Results from oscillatory shear experiments demonstrated that the puree exhibited viscoelastic properties with consistently higher magnitudes of storage modulus as compared to loss modulus within the frequency range of 0.1 to 10 Hz. Storage and loss modulus-frequency data well fitted a power-law type relationship at all temperature range studied. However, apricot puree exhibited a consistent pattern for temperature sensitivity of power law parameters while apple and banana purees showed mixed behavior. Differences in thermal transitions of those baby foods were observed during calorimetric scanning. Apple and banana puree showed thermal transition peaks between 72 to 93°C and 69.5 to 87°C while apricot puree exhibited single transition at 91.2°C which were attributed to gelatinization of starch present in those baby foods.

## *Effect of added Oil and Modified Starch on Rheological Properties, Droplets Size and Distribution, Opacity and Stability of Beverage Cloud Emulsions*

Ali R. Taherian<sup>1,2</sup>, Patrick Fustier<sup>1</sup> and Hosahalli S. Ramaswamy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Food Research and Development Center,  
Agriculture and Agri-Food Canada,

<sup>2</sup> Dept. Food Science and Agri. Chem.,  
McGill University. Ste Anne de Bellevue, Quebec, H9X 3V9, Canada.

Ali R. Taherian<sup>1,2</sup> < [taheriana@agr.gc.ca](mailto:taheriana@agr.gc.ca) >

Patrick Fustier<sup>1</sup> < [fustierp@agr.gc.ca](mailto:fustierp@agr.gc.ca) >

Hosahalli S. Ramaswamy<sup>2</sup> < [hosahalli.ramaswamy@mcgill.ca](mailto:hosahalli.ramaswamy@mcgill.ca) >

**Address correspondence to: Dr. Hosahalli Ramaswamy**

### ABSTRACT

Optical and rheological properties of beverage cloud emulsions as a function of water-phase and oil-phase concentrations were investigated. The specific gravity of phases, particle size and distribution and creaming stability of prepared emulsions in concentrated and diluted forms were evaluated. Combinations of starch emulsions (3.72-18.6 wt%, at a fixed oil concentration) and oil emulsions (7.44 - 18.6 wt% at a fixed starch concentration) were used. The specific gravity of oil phase was adjusted using a constant combination of weighing agents [sucrose acetate isobutyrate and brominated vegetable oil ] and different levels of coconut oil.

Oil-phase concentration had a significant effect (over 4 times superior) on the opacity of emulsion. Increase in modified starch concentration decreased the flow behavior index while increase in oil phase contributed to Newtonian behavior. Raise in viscosity of emulsions was more pronounced as oil concentration increased and shear thinning behavior of oil added emulsions was associated with droplet flocculation. Creaming in acidified sugar solution of 11°Bx and pH = 3 observed when the oil-phase specific gravity decreased and sedimentation occurred at the lower viscosity of water phase. Examination of dynamic rheological properties of emulsions revealed that all oil added emulsions exhibited viscous behavior with the delta degree ( $G''/G'$ ) greater than 74 at maximum frequency level (50 rad/sec) and decreased along with increasing the oil level. The solid or elastic behavior was related to those emulsions that exhibited sedimentation with the delta degree lower than 35.

## ***High pressure effects on the rheological and physical properties of protein enriched mango-juice***

Anuradha Gundurao<sup>1</sup>, Jasim Ahmed<sup>2</sup> and Hosahalli Ramaswamy<sup>3</sup>

Department of Food Science and Agricultural Chemistry,  
Macdonald Campus, McGill University. Ste Anne de Bellevue, Quebec, H9X 3V9, Canada.

Anuradha Gundurao<sup>1</sup> <[agundu@po-box.mcgill.ca](mailto:agundu@po-box.mcgill.ca)>

Jasim Ahmed<sup>2</sup> <[jahmed2k@yahoo.com](mailto:jahmed2k@yahoo.com)>

Hosahalli Ramaswamy<sup>3</sup> <[hosahalli.ramaswamy@mcgill.ca](mailto:hosahalli.ramaswamy@mcgill.ca)>

**Address correspondence to: Dr. Hosahalli Ramaswamy**

### **ABSTRACT:**

Mango is one of the important tropical fruits. Mango fruit is processed and marketed in various forms. Mango pulp or puree is the most popular mango products and is generally preserved as a canned product by subjecting them to thermal processing to extend their year round availability. It is generally recognized that thermal processing is damaging to product quality and hence other methods are emerging as alternatives to conventional thermal processing. In this context high pressure processing has been demonstrated to be a viable alternative for shelf-life extension of mango juice. Mango products are consumed in significant quantities in the Asian subcontinent and hence constitutes a prime base for incorporating daily intake of nutrients. The objective of this study was to evaluate the effect of HP processing on the rheological, physical and sensory properties of protein enriched mango juice. HP treatments were given in the range suitable to make the juice commercially sterile (400-600 MPa, 1-10 min). Dynamic rheology was used to evaluate the HP effect on viscoelastic properties. DSC was used to evaluate thermal transitions. Color and texture were evaluated to study the effect on physical properties. The study revealed interesting protein-pressure-time interactions on the associated physical, rheological and sensory properties.

## ***Shelf life and quality changes in high- pressure treated mango juice during storage***

Nikhil Hiremath<sup>1</sup>, Hosahalli Ramaswamy<sup>1,2</sup> and Jim Smith<sup>3</sup>

Department of Food Science and Agricultural Chemistry,  
Macdonald Campus, McGill University, Ste Anne de Bellevue, Quebec, H9X 3V9, Canada.

Nikhil Hiremath<sup>1</sup> <[nhirem@po-box.mcgill.ca](mailto:nhirem@po-box.mcgill.ca)>

Hosahalli Ramaswamy<sup>2</sup> <[hosahalli.ramaswamy@mcgill.ca](mailto:hosahalli.ramaswamy@mcgill.ca)>

James P. Smith<sup>3</sup> <[james.p.smith@mcgill.ca](mailto:james.p.smith@mcgill.ca)>

**Address correspondence to: Dr. Hosahalli Ramaswamy**

### **ABSTRACT**

Mango, one of the most commercially important tropical fruits in the world, is widely accepted by consumers for its aroma and flavor. Among a number emerging technologies considered by FDA, high pressure processing (HPP) is becoming very promising and gaining importance. Researchers have investigated the possibility of HP treatment for preservation of several fruit juices, but little data is available on the effect of high pressure on mango juice. In this study, HP processes were developed based on microbial destruction kinetic data on spoilage and pathogenic microorganisms in mango juice. Fresh mango juice pressure treated to achieve different process lethalties (0D, 6D, 8D and 10D at 400MPa) were stored at 4, 12 and 20°C for selected times (up to 60 days) and the associated quality changes evaluated. All samples were analyzed for their color, pH, acidity, °Brix and microbial growth. A decrease in the pH and b values, increase in acidity and some microbial growth (slow for 10D at 4°C) were observed for pressure treated samples at 400 MPa. Since the pressure process at 400 MPa did not achieve a stable product, additional tests were carried out by treating mango juice at 550 MPa for 1 min and carrying out similar storage tests. Test samples pressure-treated at 550MPa maintained their superior quality through out the 60 day test period and showed no microbial growth (at 4°C). High pressure processing (HPP) pasteurization therefore is a sound and alternative method for the preservation of mango fruit juice.

23 mars 2005  
10 :25 à 12 :00

## Session 3 : Technologies de séparation

Modérateur : P. Jutras

## *Simultaneous separation of acid and basic peptides by electrodialysis with ultrafiltration membrane*

Jean-François Poulin, Jean Amiot and Laurent Bazinet

Institute of Nutraceuticals and Functional Foods (INAF) and Dairy Research Centre (STELA),  
Department of Food Sciences and Nutrition, Laval University, Quebec, Canada, G1K 7P4

### **ABSTRACT :**

$\beta$ -lactoglobulin ( $\beta$ -lg), one of the major whey components, can be released by enzymatic hydrolysis into different bioactive peptidic sequences according to the enzyme used. However, these protein hydrolyzates have to be fractionated to obtain peptides in a more purified form. The aim of the present work was to evaluate the feasibility of separating peptides from a  $\beta$ -lg hydrolysate using a UF membrane stacked in an electrodialysis (ED) cell and to study the effect of pH on the migration of basic and acid peptides in the ED configuration. Electrodialysis with ultrafiltration membrane appeared to be a selective method of separation since amongst a total of 40 peptides in the raw hydrolysate, only 13 were recovered in the separated adjacent solutions (KCl 1 and KCl 2). Amongst these 13 migrating peptides, 3 acid peptides migrated only in one compartment (KCl 1), while 3 basic peptides migrated only in the second compartment (KCl 2) and that whatever the pH conditions of the hydrolysate solution. Furthermore, 2 other peptides had low migration rate in KCl 1 whatever the conditions, and higher migration rate in KCl 2 solution when the pH decreased. The other peptides had similar low migration rate in both KCl solutions but with pH selectivity; best migration in KCl 1 when hydrolysate pH increased and best migration rate in KCl 2 solution when pH decreased. The integrity of the UF membrane was kept and EDUF would minimize the fouling of UF membrane.



## ***Effect of membrane type on cation migration during green tea electromigration and equivalent mass transported calculation***

David Labbé<sup>1,2</sup>, Monica Araya-Farias<sup>1,2</sup> Angelo Tremblay<sup>1,3</sup> and Laurent Bazinet<sup>1,2 \*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Nutraceuticals and Functional Foods (INAF);

<sup>2</sup>Department of Food Sciences and Nutrition, Pavillon Paul Comtois;

<sup>3</sup>Department of Social and Preventive Medicine, PEPS,  
Université Laval, Sainte-Foy (QC), Canada, G1K 7P4

### **ABSTRACT**

In a previous exploratory study, the feasibility of selectively extracting EGCG from a green tea solution using an electro dialysis cell was evaluated. Among tested membranes, only the UF-1000 Da membrane had allowed an EGCG significant migration. Furthermore, pH and conductivity of green tea solution were affected by membrane type used. With UF membrane, the pH and conductivity increased in a linear fashion while for the three other anionic membranes tested, both parameters decreased. The purpose of this present study was to evaluate the equivalent mass transported and to identify the current transporters carriers during an electromigration treatment to explain the variations in pH, conductivity and catechins migration observed in the previous work. For the three cationic/anionic configurations, a drastic demineralization (96% for  $K^+$ , 93% for  $Mg^{2+}$ , 86% for  $Na^+$  and 75% for  $Ca^{2+}$ ) occurred in the tea compartment after 60 minutes of treatment. For the cationic/UF configuration, the increases in potassium and sodium cations (117% for  $K^+$  and 458% for  $Na^+$ ) and the demineralization in magnesium and calcium (56% for  $Mg^{2+}$  and 29% for  $Ca^{2+}$ ) which occurred in the green tea compartment, were also in accordance with the electromigration configuration. Furthermore, it appeared from these results that the main cation contributing to the current transport, during the 20 to 30 first minutes of treatment was potassium. The calculation of the theoretical equivalent mass for the cationic/anionic configurations, showed a lack of migrating cations after 30 minutes of treatment, and the use of electrogenerated  $H_3O^+$  at the interface of the anionic membrane as current carrier. For the cationic/UF configuration, comparison between theoretical and experimental equivalent mass migrated was not applicable, due to the more complex ion migration in relation with this specific configuration.

## ***Précipitation des lipides du lactosérum par électroacidification avec membranes bipolaires***

Fabrice Lin Teng Shee, Paul Angers et Laurent Bazinet

Institut des Nutraceutiques et de Aliments Fonctionnels (INAF),  
Centre de recherche STELA,  
Département des sciences des aliments et nutrition,  
Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4

### RESUME :

La délipidation permet de mieux valoriser le lactosérum. En effet, les lipides du lactosérum sont constitués d'environ 2/3 de lipides neutres et d'un tiers de lipides polaires représentés essentiellement par des phospholipides. En 1975, De Wit et De Boer ont mis au point un procédé de délipidation basée sur la réduction de la force ionique accompagnée d'une acidification chimique à pH 4,6 entraînant ainsi la formation de complexes lipoprotéiques qui pouvaient être ensuite séparés par décantation. La réduction de la force ionique était réalisée par déminéralisation à l'aide de résines échangeuses d'ions, d'électrodialyseurs ou par diafiltration. Cette acidification du lactosérum et cette baisse de la force ionique pourraient être obtenues en une seule étape par électroacidification avec membranes bipolaires (EAMBP). L'EAMBP est une technologie récente qui permet l'acidification de flux grâce à la propriété des membranes bipolaires à produire des ions  $H^+$  par dissociation des molécules d'eau à l'interface cationique. L'objectif de ce travail a été de tester l'application de l'EAMBP pour réaliser un traitement acide du lactosérum de cheddar et de précipiter les lipides résiduels. Afin d'obtenir des échantillons de faible force ionique, l'EAMBP a été complétée par des procédés d'électrodialyse conventionnelle ou dilution. Les précipitats ont été caractérisés, après centrifugation des échantillons traités par les procédés électrodialytiques. Les résultats ont montré que l'EAMBP améliore le taux de précipitation des lipides de plus de 50% par rapport à la centrifugation (30% des lipides précipitent suite à une centrifugation précédée d'une EAMBP, vs 20% avec une centrifugation seule). D'autre part, une baisse de la force ionique du milieu a permis d'améliorer le procédé de délipidation du lactosérum puisque nous avons obtenu des taux de récupération des lipides résiduels allant jusqu'à 73% ainsi que des taux de précipitation de protéines inférieurs à 10%. L'EAMBP permettrait la production de fractions phospholipidiques et d'une fraction enrichie en protéines suite à la délipidation et la déminéralisation.

## ***Effet de la différence de voltage appliquée durant l'électrolyse du lait sur l'évolution de son potentiel d'oxydoréduction en cours de traitement et d'entreposage***

Arnaud Schreyer<sup>1,2,4</sup>, Marie-Pierre Bolduc<sup>1,2</sup>, Jean-Marc Chapuzet<sup>3</sup>, Jean Lessard<sup>3</sup>, Jean-Christophe Vuilleumard<sup>1,2</sup>, Claude Champagne<sup>1,4</sup>, Michel Britten<sup>1,4</sup>, Laurent Bazinet<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Nutraceuticals and Functional Foods (INAF) and Dairy Research Centre (STELA),

<sup>2</sup>Department of Food Sciences and Nutrition,

Laval University, Quebec, Canada, G1K 7P4, ([arnaud.schreyer1@ulaval.ca](mailto:arnaud.schreyer1@ulaval.ca));

<sup>3</sup>Laboratoire de synthèse et d'électrosynthèse organiques, Département de chimie, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, J1K 2R1 ;

<sup>4</sup>Centre de recherche et de développement sur les aliments (CRDA), Agriculture et Agroalimentaire Canada, Saint-Hyacinthe, J2S 8E3.

### SOMMAIRE

Le lait est un milieu réactionnel complexe et de nombreuses modifications surviennent pendant son traitement et son entreposage. Les principales voies de dégradation du lait sont associées à des phénomènes d'oxydoréduction et malgré l'importance de ces phénomènes, les transformateurs disposent de moyens limités pour les contrôler. Il est envisageable qu'un traitement électrochimique de réduction du lait permettrait d'augmenter son temps de conservation ainsi que son aptitude à la transformation, en limitant l'oxydation des gras, en augmentant sa résistance à la chaleur, mais également en favorisant la culture de certaines bactéries, telles que des bactéries probiotiques. Dans ce contexte d'application, une série d'électrolyses préparatives de différents laits (lait cru écrémé, lait pasteurisé écrémé, lait pasteurisé, perméat d'ultrafiltration du lait) a été réalisée sur acier inoxydable en système statique et une autre série d'électrolyses en système dynamique continu sur du lait cru et du lait pasteurisé écrémé. Les principales mesures effectuées au cours du procédé sont l'intensité du système, le potentiel redox, la concentration en oxygène dissous, le pH et la composition générale du lait. Ces différents paramètres ont également été mesurés au cours de l'entreposage des laits électroréduits. Il en résulte que le type de lait a un impact direct sur l'évolution de son potentiel redox au cours du traitement ainsi que lors de son entreposage ; il en est de même du potentiel appliqué.

## ***Influence des traitements d'électrodialyse d'un extrait de soya sur le flux de perméat en ultrafiltration***

Mondor M., Ippersiel D., Lamarche F. et Boye J.I.

Centre de Recherche et de Développement sur les Aliments (CRDA)  
Agriculture et Agro-Alimentaire Canada  
Saint-Hyacinthe, Québec, Canada, J2S 8E3

### Résumé

Un procédé combinant l'électrodialyse avec membranes bipolaires (EDMB) et l'ultrafiltration (UF) est en développement pour la production de concentrat/isolat de protéines de soya. Il fût démontré que l'enlèvement des minéraux durant l'étape d'UF est amélioré pour les extraits préalablement acidifiés par EDMB (pH 7 et 6) comparativement a un extrait non traité (pH 9). De plus, à pH 6, il est possible d'éliminer par UF une partie de l'acide phytique, ce qui résulte en une amélioration de la solubilité en phase aqueuse des extraits. Cependant, une baisse du flux de perméat a été observée durant l'UF et ce flux est fonction du pH et du contenu en minéraux.

Afin de comprendre les effets des traitements d'EDMB sur les extraits de soya et parallèlement sur le flux en UF, la distribution de taille des particules a été quantifiée pour les extraits (pH 9, 7 et 6). Les diamètres moyens mesurés sont respectivement 220, 792 et 707 nm. Les distributions ont été reliées au transport des particules dans la zone de polarisation (UF) à partir d'une analyse de la force nette le long de la direction de la perméation. L'analyse des interactions protéines-protéines a été effectuée par size-exclusion HPLC et l'analyse des interactions protéines-eau par mesure de la viscosité. Il fût démontré que la variation de la taille des particules avec les traitements d'EDMB est principalement attribuable aux interactions protéines-protéines. Il a également été observé que la force nette dans la direction de la perméation se comporte de façon similaire aux résistances hydrauliques mesurées en UF.

# ***Procédé de production de sucre cristallisé à partir de sirop d'érable de catégorie inférieure***

Damien de Halleux, Mohammed Aïder, Khaled Belkacemi  
Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval

## **1. INTRODUCTION**

L'industrie du sucre d'érable pourrait contribuer au développement du secteur agroalimentaire vu le potentiel dont dispose le Canada. Pour cela, il est indispensable de faire subir un changement profond à l'industrie des produits de l'érable en passant du stade artisanal où les techniques de productions sont basées sur des recettes transmises de génération en génération à une production rationalisée basée sur des fondements scientifiques et appuyée par des recherches qui utilisent les dernières innovations dans le génie agroalimentaire et les sciences et la technologie des aliments. En plus, il est impératif d'introduire une automatisation des procédés de productions des produits d'érable pour assurer une meilleure maîtrise de la technologie de production. Le sucre d'érable granulé constitue un bon exemple pour une telle approche scientifique.

Au 15 Mars 2004, au Québec, il existait un surplus de 43.7 millions de livres de sirop d'érable Perrault, (2004). La majeure partie de ce sirop est classée dans la catégorie D caractérisée par une couleur foncée avec un indice de transmission de lumière inférieur à 27% (Règlement sur les aliments, 1997) et une teneur en sucre inverti élevée (>3%). Ces caractéristiques rendent impossible la transformation de ce sirop en sucre granulé par la voie traditionnelle, d'où la nécessité de trouver une technique qui permettrait de transformer le sirop d'érable de classe inférieure (D) en sucre granulé.

Grâce à la caractérisation de la cristallisation du sirop d'érable basé sur les procédés utilisés dans l'industrie du sucre, l'objectif de la présente étude est donc de déterminer l'effet des paramètres de production (vacuum, vitesse de brassage, taux de sucre inverti et temps de grossissement des cristaux) sur le taux de cristallisation et la granulométrie du sucre final.

## **2. MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### ***2.1 Matière première***

Les sirops ont été analysés dans le but de déterminer certaines de leurs propriétés, à savoir la transmission de lumière, le degré Brix et la teneur en sucre inverti. Les sirops utilisés sont des mélanges de sirop de catégorie D (66 ° Brix) dont la teneur en sucre inverti est de 2% et 4%. La transmission lumineuse mesurée était de 15 % +/- 2%. La mesure du pourcentage de transmission lumineuse se fait selon les standards (Règlement sur les aliments, 1997) à une longueur d'onde de 560 nm avec l'utilisation du glycérol comme standard de référence à l'aide d'un spectrophotomètre (HP 8453, Maryland, USA). Le pourcentage du saccharose soluble dans le sirop est ensuite mesuré en utilisant un réfractomètre Fischer gradué de 45° Brix à 82° Brix.

%. La détermination de la teneur en sucre inverti (Dumont, 1998) a été réalisée en utilisant un glucomètre (Accu Soft; Roche Diagnostic) et de bandelettes-tests.

## ***2.2 Conduite de la cristallisation***

Un mixer-cutter de marque Stephan (Stephan; UMC 5; Allemagne) en acier inoxydable à double paroi d'une capacité de 3 litres a été adapté et utilisé comme évaporateur. Cet appareil possède un couvercle qui est muni de deux valves. La première a été utilisée pour la création du vacuum et la deuxième pour la prise de mesure du degré Brix du sirop et de la liqueur-mère. L'évaporateur est muni d'un baromètre pour le contrôle du vide et d'un thermocouple digital pour vérifier la température du sirop et de la masse-cuite afin qu'elle ne dépasse pas la limite qui pourrait provoquer des réactions de dégradation du saccharose. Un statif muni d'un système d'agitation à qui une pale a été fixée sert de support à cet évaporateur tout en permettant un brassage adéquat du sirop en évaporation et de la masse-cuite. Le moteur dont est équipé ce statif nous permettait de contrôler la vitesse de brassage.

Afin de réaliser l'opération de concentration du sirop jusqu'au point de sursaturation voulu, l'évaporateur Stephan été relié à un bain thermostatique dans lequel la température de l'eau est maintenue à 90 °C. Durant l'évaporation, une quantité de 0,10 grammes d'antimoussant (monostéarates de glycérol) de marque Kascher de catégorie alimentaire a été ajoutée au sirop pour éviter l'effervescence du produit. Le sirop a été évaporé jusqu'à un degré Brix de 82%. Durant cette opération, la température du produit ne devait pas dépasser 76°C pour ne pas influencer la couleur et le goût. À ce stade de sursaturation, le sirop devrait avoir un coefficient de sursaturation de 1,25 à 1,30. Cela correspond à la zone métastable où les cristaux introduits pourraient croître sans qu'il y ait risque d'apparition spontanée des autres. C'est à ce moment que nous avons procédé à l'ensemencement du sirop sursaturé avec une poudre de sucre dont les dimensions des cristaux ne dépassent pas 10 microns.

Lors de la cuisson, le vacuum été maintenu à l'aide d'une pompe reliée à l'évaporateur. Un cylindre intermédiaire séparait la pompe à vacuum de l'évaporateur pour éviter que l'eau évaporée ne se condense à nouveau dans l'évaporateur.

Une fois les cristaux formés, 30 grammes d'eau ont été ajoutés à la masse-cuite à toutes les 10 minutes durant toute la période de croissance des cristaux. Cela permettait le maintien d'un niveau de sursaturation de la liqueur-mère favorable à la croissance des cristaux. À la fin de cette opération, la masse-cuite a été filtrée dans un système à fonctionnement sous vide avec un chauffage pour permettre une meilleure séparation des cristaux de la liqueur-mère qui les entoure. Ensuite, la masse cristalline a été tamisée et séchée dans un four à l'air chaud jusqu'à une teneur en humidité ne dépassant pas 1% puis emballée pour des analyses ultérieures.

Le dispositif expérimental a été réalisé selon un plan factoriel entièrement aléatoire. Les valeurs du vacuum dans l'évaporateur ont été fixées à 0,14 bar, 0,18 bar et 0,22 bar. Quant aux vitesses de brassage, trois valeurs ont été choisies: 15 rpm, 30 rpm et 45 rpm. Les sirops utilisés dans nos expériences avaient des taux de sucre inverti de 2% et 4%. Pour ce qui est de la durée de la

période de croissance des cristaux, nous avons choisi 45 minutes et 90 minutes. Au total 3 répétitions de chacun de ces traitements ont été effectuées pour un total de 108 expériences. Une fois toutes les expériences réalisées, le logiciel SAS a été utilisé pour faire le traitement statistique des données. Un niveau de signification de 5% fut choisi. Pour l'analyse statistique du rendement de la cristallisation, 3 répétitions ont été effectuées. L'ANOVA a été utilisée pour l'analyse de la variance.

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 Caractérisation de la cristallisation

La figure 1 présente l'évolution du coefficient de sursaturation (CSS) de la liqueur-mère durant la période de croissance des cristaux en fonction de la pression dans l'évaporateur. On constate qu'au cours des premières 20 minutes de grossissement des cristaux, le coefficient de sursaturation de la liqueur-mère diminue quelle que soit la pression du vide dans l'évaporateur. Après 20 minutes de grossissement, le coefficient de sursaturation pour le traitement avec 0,14 bar se met à augmenter pour atteindre une valeur de 1,35. Ces valeurs du coefficient de sursaturation caractérisent la zone labile.

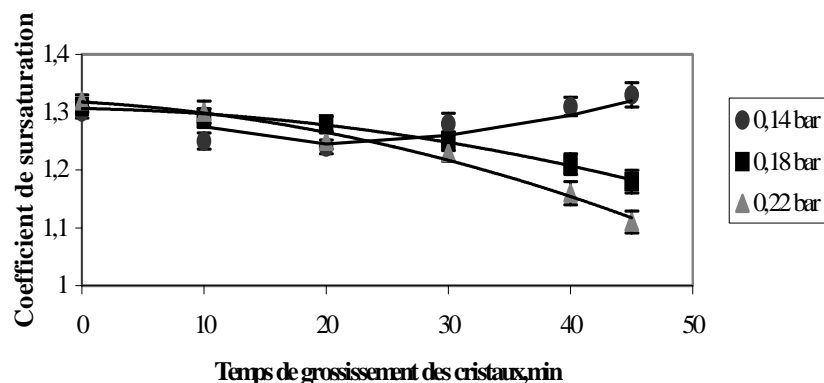


Figure 1: Évolution du coefficient de sursaturation (CSS) de la liqueur-mère durant la période de croissance des cristaux par rapport à la pression du vide dans l'évaporateur.

Au même temps, la figure 1 montre que le coefficient de sursaturation pour le traitement avec une pression du vide dans l'évaporateur de 0,18 bar diminue au fur et à mesure que l'opération de cristallisation progresse mais garde toujours des valeurs comprises entre 1,2 et 1,3. Ces valeurs du coefficient de sursaturation sont les mêmes qui caractérisent la zone métastable qui est la plus recherchée en industrie pour mieux contrôler la cristallisation. Le traitement avec une pression du vide de 0,22 bar est caractérisé par une diminution graduelle du coefficient de sursaturation de la liqueur-mère jusqu'à la valeur finale proche de 1,1. Cette valeur aussi caractérise la zone métastable mais un tel coefficient de sursaturation peut favoriser la dissolution d'une partie du sucre cristallisé si la dilution de la liqueur-mère n'est pas maîtrisée.

La figure 2 présente l'évolution de la pureté de la liqueur-mère durant la période de grossissement des cristaux en fonction de la pression du vide dans l'évaporateur pour un sirop

initial à 2% de sucre inverti. On constate que la pureté du sirop concentré à 80 °Brix est égale à 95%. Après l'ajout de l'ensemencement, les cristaux se mettent à grossir. L'analyse des échantillons de la liqueur-mère au cours de cette période de croissance des cristaux montre que sa pureté diminue. Ce phénomène est le résultat du grossissement des cristaux par diffusion du saccharose vers les cristaux ajoutés sous forme d'ensemencement pour amorcer la cristallisation. L'analyse de la figure 2 montre que la pureté de la liqueur-mère diminue au cours de la période de cristallisation quel que soit le vide de la pression dans l'évaporateur. Toutefois, cette diminution n'est pas la même pour tous les cas. La diminution de la pureté en appliquant 0,14 bar est plus importante par rapport à une pression de 0,18 bar et de 0,22 bar. L'évaporation à 0,14 bar est plus intense comparativement à 0,18 bar et 0,22 bar. En effet, pour une même période de temps, la quantité d'eau évaporée à 0,14 bar est supérieure à celle évaporée à 0,18 bar ou à 0,22 bar. Par conséquent, la liqueur-mère dans le cas d'un traitement avec une pression de 0,14 bar atteint une sursaturation plus rapidement qu'avec une pression de 0,18 bar ou 0,22 bar.

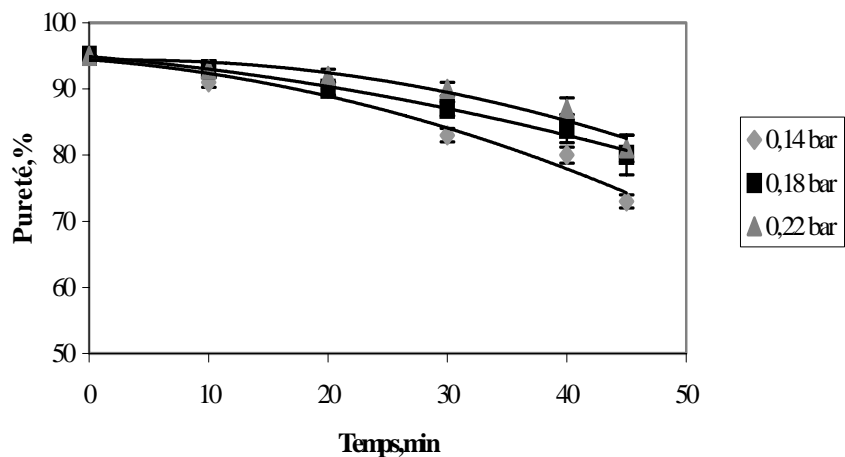


Figure 2 : Évolution de la pureté de la liqueur-mère durant la période de grossissement des cristaux en fonction de la pression du vide dans l'évaporateur pour un sirop initial à 2% de sucre inverti.

### 3.2 Taux de cristallisation

#### 3.2.1 Taux de cristallisation avec du sirop à 2% de sucre inverti

Dans la série d'expériences avec du sirop à 2% de sucre inverti (figure 3), le meilleur taux de cristallisation a été obtenu en appliquant un vide de 0,14 bar, une vitesse de brassage de 45 rpm et un temps de grossissement des cristaux de 90 minutes. Les analyses statistiques ont montré une différence significative entre ce taux de cristallisation et le reste des autres taux de cristallisation.



## Taux de sucre inverti : 2 %

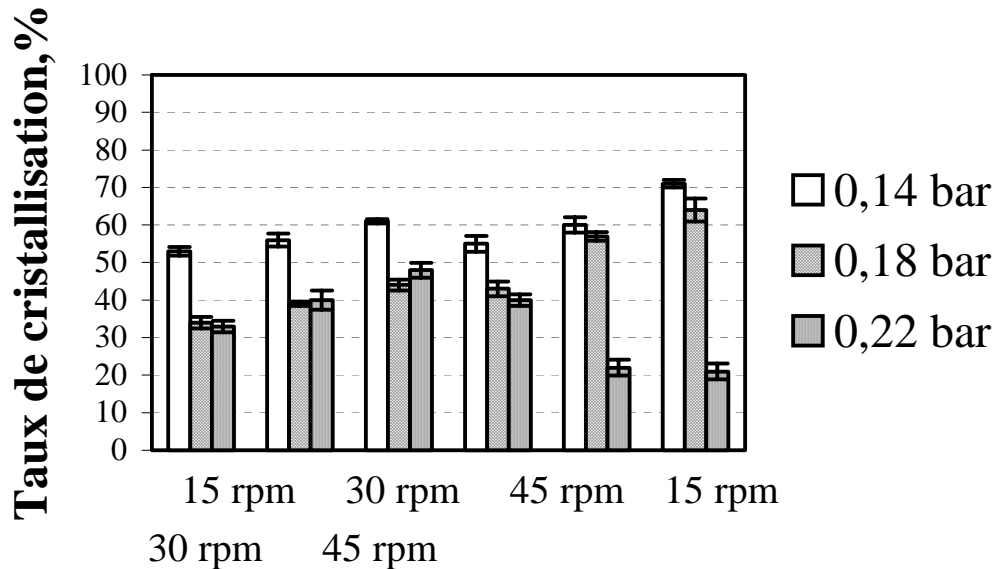


Figure 3 : Taux de cristallisation avec du sirop à 2% de sucre inverti.

L'analyse statistique a également montré qu'à l'exception du meilleur taux de cristallisation, les traitements qui ont un taux de cristallisation supérieur à 50% ne sont pas différents du point de vue statistique entre eux. Il s'agit des traitements dont la pression est de 0,14 bar ainsi que des traitements réalisés à 0,18 bar durant 90 minutes à des vitesses de 30 et 45 rpm.

Finalement, l'analyse statistique a également montré qu'il n'y a pas de différences significatives pour les traitements qui ont donné des taux de cristallisation se situant entre 32% et 48%. Ces traitements comprennent ceux effectués avec une pression de 0,18 bar et 0,22 bar et un temps de grossissement des cristaux de 45 minutes indépendamment de la vitesse de brassage ainsi que les résultats de 90 minutes de grossissement des cristaux avec une vitesse de brassage de 15 rpm et des pressions dans l'évaporateur de 0,18 bar et 0,22 bar.

### 3.2.2 Taux de cristallisation avec du sirop à 4% de sucre inverti

Les résultats (figure 4) montrent que le meilleur taux de cristallisation avec du sirop à 4 % de sucre inverti est celui où nous avons utilisé une pression de 0,14 bar dans l'évaporateur combinée à une vitesse de brassage de 45 rpm et un temps de grossissement des cristaux de 45 minutes. Dans ce cas, le taux de cristallisation est égal à 58%. Toutefois, du point de vue statistique il n'est pas différent des taux de cristallisation obtenus avec une pression de 0,14 bar durant 45 minutes de grossissement ainsi que le traitement effectué à 0,14 bar durant 90 minutes et 15 rpm. Dans tous ces cas, les taux de cristallisation dépassaient 52%.

### Taux de sucre inversi : 4 %

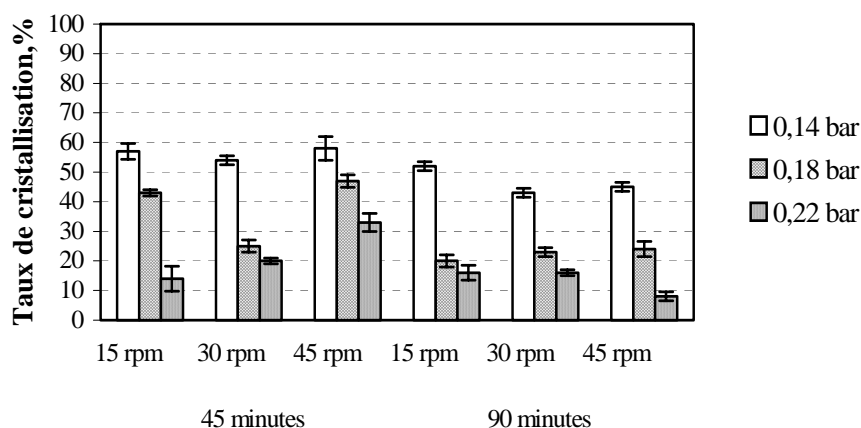


Figure 4 : Taux de cristallisation avec du sirop à 4% de sucre inversi.

Les analyses statistiques ont montré qu'il existe un deuxième groupe qui est significativement différent du groupe précédent mais que à l'intérieur de ce même groupe il n'y a pas de différence significative. Les traitements sont les suivants :

1. une pression de 0,18 bar combinée à une vitesse de brassage de 15 rpm et un temps de grossissement des cristaux de 45 minutes.
2. une pression dans l'évaporateur de 0,14 avec une vitesse de brassage de 30 rpm et 90 minutes de grossissement de cristaux.
3. une pression de 0,14 bar combinée à une vitesse de brassage de 45 rpm et un temps de grossissement des cristaux de 90 minutes.

Dans tous ces cas, le taux de cristallisation varie entre 42% et 47%. Finalement, un troisième et un quatrième groupe homogène sont également significativement différents l'un de l'autre. Il s'agit des traitements dont le taux de cristallisation varie de 20% à 25% d'une part et ceux qui ont un taux de cristallisation inférieur à 20%.

### 3.3 La granulométrie

Il est d'usage en sucrerie de déterminer par tamisage dans des conditions normalisées (ICUMSA, 1994) une ouverture moyenne qui correspond à la rétention de 50 % de la masse de cristaux. L'ouverture moyenne est exprimée en microns. Les analyses statistiques des données sur la granulométrie de sucre ont montré que l'effet quadratique des variables dépendantes (pression\*sucre inversi\*vitesse de brassage\* temps) sur l'ouverture moyenne des cristaux n'est pas significatif. Par contre les mêmes analyses ont montré un effet significatif de la vitesse de brassage combinée au temps de grossissement des cristaux. Dans les cas avec du sirop à 2% de sucre inversi (figure 5), en comparant les traitements qui ne diffèrent que par le temps de

grossissement des cristaux, l'ouverture moyenne des cristaux grossis pendant 90 minutes est supérieure à celle des cristaux grossis durant une période de 45 minutes. En plus, nous avons remarqué que durant un temps de grossissement des cristaux de 45 minutes et de 90 minutes, les plus petites ouvertures moyennes des cristaux sont celles des traitements avec une vitesse de brassage de 45 rpm.

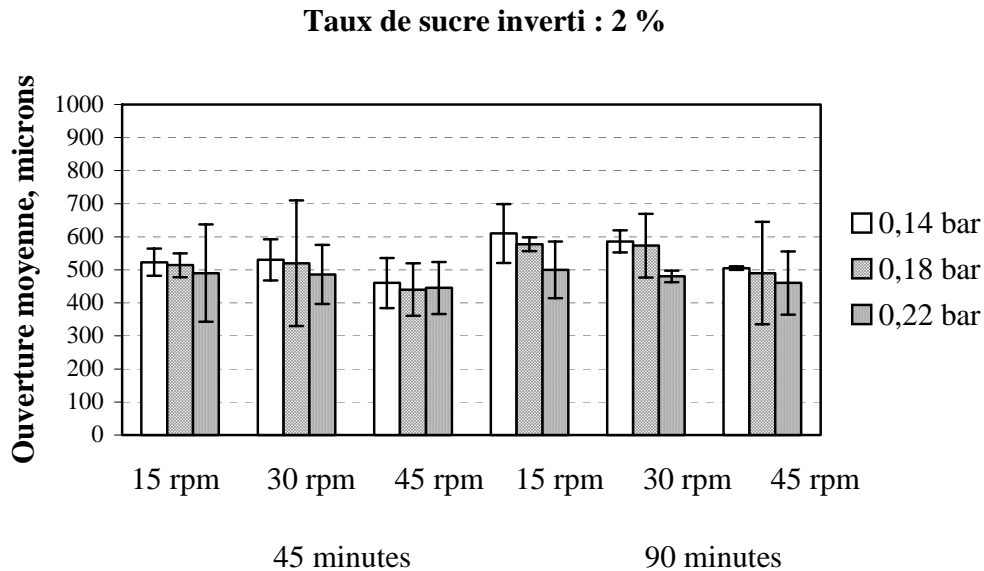


Figure 5 : Ouverture moyenne des cristaux du sucre d'érable granulé produit à partir de sirop à 2 % de sucre inverti.

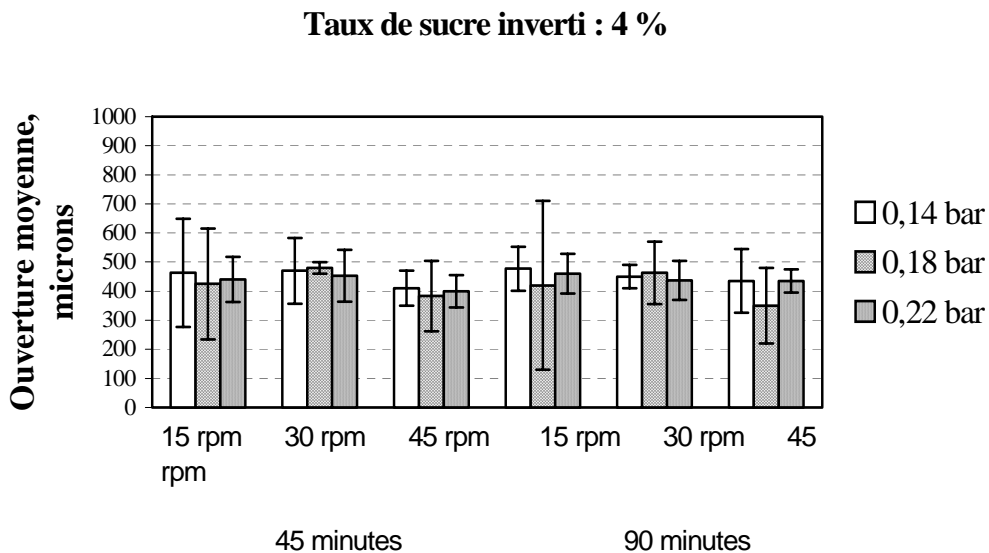


Figure 6 : Ouverture moyenne des cristaux du sucre d'érable granulé produit à partir de sirop à 4 % de sucre inverti.

En ce qui concerne les comparaisons entre les plus hautes valeurs de l'ouverture moyenne des cristaux, l'utilisation d'un sirop d'érable dont la teneur en sucre inverti est égale à 2% nous a permis d'obtenir du sucre granulé avec une ouverture moyenne des cristaux qui est égale à 600 microns. Le traitement qui correspond à cette valeur est celui avec une pression d'évaporation de 0,14 bar combinée à une vitesse de brassage de 15 rpm et un temps de grossissement des cristaux de 90 minutes. Par ailleurs, l'utilisation de sirop d'érable dont la teneur en sucre inverti est de 4% (figure 6), la plus grande ouverture moyenne des cristaux ne dépassait pas 480 microns.

## Conclusion

Le présent travail de recherche que nous avons effectué au laboratoire pilote de l'Université Laval a permis de comprendre les aspects théoriques concernant la cristallisation du saccharose et la production industrielle du sucre granulé. Les recherches portant sur l'influence de certains paramètres technologiques ont permis de découvrir que le vacuum dans l'évaporateur, le taux de sucre inverti et le temps de grossissement des cristaux ont un effet significatif sur le rendement de la cristallisation (taux de sucre granulé produit par unité de sirop). En fait, un vide plus poussé (0.14 bar) dans l'évaporateur favorisait l'obtention de plus hauts rendements de cristallisation. Le taux de sucre inverti dans le sirop initial a aussi un effet sur le rendement de la cristallisation. Les plus hauts niveaux ont été obtenus avec du sirop dont la teneur initiale en sucre inverti est de 2% alors que les sirops avec une concentration de 4% et 6% de sucre inverti donnaient des rendements plus bas. La vitesse de brassage n'a pas d'effet significatif sur le rendement de la cristallisation mais a un effet important sur la taille et la forme des cristaux. C'est ainsi que les brassages à 15 rpm et 30 rpm favorisent la formation de gros cristaux, tandis qu'une vitesse de brassage de 45 rpm provoque des bris de cristaux et l'apparition d'une cristallisation secondaire.

## Références

1. Dumont, J. 1998. Technique pour le dosage du sucre inverti dans le sirop d'érable. Centre ACER. Publication N° 311-FCH-1098.
2. ICUMSA. -International Commission for Uniform Methods Analysis.1994. Methods book. Colney (England), ICUMSA Publications Department.
3. Perrault, B. 2004. Communication personnelle. Fédération des producteurs acéricoles du Québec.
4. Sapronov, A.R.1998. Sugar Technology. Moscow: Kolos. 495 p.