

Menace ou défi ?

Évaluation de l'incidence du
développement technologique
dans les industries des
produits sucrochimiques et du sirop
de glucose à haute teneur
en fructose

Clive Y. Thomas



Le Centre de recherches pour le développement international, société publique créée en 1970 par une loi du Parlement canadien, a pour mission d'appuyer des recherches visant à adapter la science et la technologie aux besoins des pays en développement ; il concentre son activité dans cinq secteurs : agriculture, alimentation et nutrition ; information ; santé ; sciences sociales ; et communications. Le CRDI est financé entièrement par le Parlement canadien, mais c'est un Conseil des gouverneurs international qui en détermine l'orientation et les politiques. Établi à Ottawa (Canada), il a des bureaux régionaux en Afrique, en Asie, en Amérique latine et au Moyen-Orient.

© Centre de recherches pour le développement international 1986
Adresse postale : C.P. 8500, Ottawa, Ont., Canada, K1G 3H9

Thomas, C.Y.

IDRC-244f

Le sucre : menace ou défi ? Évaluation de l'incidence du développement technologique dans les industries des produits surochimiques et du sirop de glucose à haute teneur en fructose. Ottawa, Ont., CRDI, 1986. 148 p. : ill.

/Sucre/ , /innovations/ , /technologie alimentaire/ , /industrie du sucre/ , /produits chimiques/ , /maïs/ , /implications économiques/ — /sucre de betterave/ , /sucre de canne/ , /sous-produits/ , /sociétés transnationales/ , /production industrielle/ , /recherche et développement/ , /aliments pour animaux/ , /Caraïbes/ , /États-Unis/ , /Royaume-Uni/.

CDU: 664.1.003.1

ISBN: 0-88936-463-X

Révision technique : Pierrette Legros

Édition microfiche offerte sur demande.

This publication is also available in English.

La edición española de esta publicación también se encuentra disponible.

Le sucre : menace ou défi ?

***Évaluation de l'incidence du développement
technologique dans les industries des produits sucrochimiques
et du sirop de glucose à haute teneur en fructose***

Clive Y. Thomas

Ce travail a été en partie rendu possible grâce à une subvention du Centre de recherches pour le développement international, Ottawa, Canada. Les opinions émises dans ce texte sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles du Centre. La mention d'une marque déposée ne constitue pas une sanction du produit ; elle ne sert qu'à informer le lecteur.

Résumé

L'étude porte sur la «menace» pour le saccharose, principal édulcorant, que posent les innovations technologiques et les «défis» provenant d'innovations semblables en sucrochimie. La plus grande menace provient, en premier lieu, de la commercialisation de sirop de glucose à haute teneur en fructose et, éventuellement, d'autres sources de glucides et, en deuxième lieu, de la mise au point d'une nouvelle génération d'édulcorants sans calorie, en particulier, l'Aspartame.

Les «défis» proviennent des tentatives de remplacement du pétrole (ressource «épuisable»), le plus important produit de base en chimie, par le saccharose (ressource «inépuisable»). De ces tentatives est née la «sucrochimie», qui, essentiellement, traite le saccharose non comme un édulcorant, mais comme un produit chimique transformable en d'autres produits chimiques de plus grande valeur. La réorientation de l'industrialisation des produits tropicaux de base, promesse de cette nouvelle science, est réelle et ses conséquences sur les régions en développement, ainsi que sur les Antilles, sont décrites.

Abstract

This study assesses the “threat” to the traditional role of sucrose as the leading sweetener brought about by several technological innovations and the “challenges” afforded by similar innovations in sucrochemistry. The major threat derives from two sources: the commercialization of high-fructose syrup made from corn, and its possible extension to other carbohydrate sources; and the development of a new generation of noncaloric sweeteners, principally Aspartame.

The “challenges” derive from efforts to replace petroleum (a “finite” resource) as the world's principal chemical feedstock with sucrose (a “replenishable” resource). This has led to a new field of science, “sucrochemistry” whose essence is to treat sucrose not as a sweetener but as a chemical product that can be transformed into other chemicals of greater worth. The promise of a radical departure from the traditional sequences of industrialization of tropical staples exists, and its implications for developing areas and the Caribbean are drawn.

Resumen

En este estudio se analiza tanto la posible disminución de la demanda de azúcar, el edulcorante tradicional más importante, debido a la introducción de nuevos substitutos, fruto de las innovaciones tecnológicas, como la diversidad de usos que auguran los avances en el campo de la sucro-química. Los substitutos que hacen mayor competencia al azúcar son el jarabe con elevado contenido de fructosa derivado del maíz — y quizás de otras fuentes de carbohidratos en el futuro; y la nueva generación de edulcorantes no calóricos, el más importante de los cuales es el Aspartamo.

La diversidad de posibles usos que cabe esperar son resultado de los esfuerzos realizados para hacer de la sucrosa (recurso renovable) la principal fuente de alimentos sintéticos a nivel mundial, reemplazando así al petróleo (recurso limitado). Esto ha llevado a la constitución de una nueva ciencia, la “sucro-química”, para la cual la sucrosa no es un edulcorante sino una sustancia química que puede transformarse en otros productos químicos de mayor valor. En este estudio se analizan el cambio radical que esto podría representar con respecto a los pasos tradicionales en la industrialización de los principales productos tropicales y sus posibles consecuencias en los países en desarrollo y el Caribe.

Table des matières

Remerciements	4
Avant-propos	5
Introduction	7
Partie I La menace — l'incidence technologique du sirop de glucose à haute teneur en fructose	11
Chapitre 1 Particularités de l'industrie mondiale des agents édulcorants	13
Chapitre 2 Innovation dans une industrie bien établie : le cas du SGHTF	31
Chapitre 3 L'organisation de l'industrie du SGHTF	41
Chapitre 4 Les facteurs économiques de la production du SGHTF	63
Chapitre 5 Le SGHTF et l'avenir : évaluation	73
Partie II Le défi — l'incidence technologique des produits sucrochimiques	85
Chapitre 6 Les utilisations industrielles des sous-produits du sucre de canne	87
Chapitre 7 Les possibilités du saccharose comme produit chimique de base	91
Chapitre 8 Analyse historico-fonctionnelle des progrès de la sucrochimie	101
Chapitre 9 Les produits sucrochimiques : quelques questions d'ordre général	107
Chapitre 10 Les produits sucrochimiques et l'entreprise transnationale	117
Chapitre 11 La menace et le défi : évaluation	133
Bibliographie	143

Remerciements

La rédaction de cette étude n'aurait pas été possible sans la collaboration de plusieurs personnes et institutions. En premier lieu, je suis redevable aux institutions qui ont parrainé le projet d'étude sur la politique technologique dans les Antilles (Phase II), à savoir : l'Institute of Social and Economic Research, Université des Indes occidentales ; l'Institute of Development Studies (IDS), Université de Guyane ; le Centre de recherches pour le développement international (CRDI), Ottawa, Canada ; et les membres du Comité de coordination du projet et l'équipe de chercheurs. À toutes les étapes du projet, y compris deux grandes révisions et une mise à jour depuis le premier manuscrit en 1983, j'ai reçu le plein appui des institutions et personnes mentionnées ici.

En poursuivant une recherche de cette nature tout en ne disposant que d'une maigre documentation, comme c'était le cas à l'Université de Guyane, j'ai été obligé de compter largement sur des amis et collègues à l'étranger pour obtenir à bref délai les documents dont j'avais besoin. Toutes ces personnes ont répondu bien au-delà de mes attentes mais j'aimerais quand même mentionner M. Bhisnoodath Persaud, Division économique du secrétariat du Commonwealth, qui, chaque fois que j'ai eu besoin de lui, a réussi à obtenir et à m'envoyer les données demandées dans des intervalles très courts.

C'est au personnel de mon bureau à l'IDS, Université de Guyane, que sont revenues les tâches fastidieuses de préparation matérielle des multiples ébauches du manuscrit. Son travail a toujours été exceptionnel et je profite de cette occasion pour remercier M^{me} Norma Hardeo, qui a dactylographié la première ébauche, M^{me} Carol Marks, qui a dactylographié toutes les autres versions y compris la version finale, ainsi que le reste des employés qui ont collaboré soit à la lecture d'épreuves, à la collation, à la vérification des sources, etc. Je désire aussi remercier les personnes qui ont lu le manuscrit et m'ont fait part de leurs nombreuses observations et suggestions utiles.

Pour mener à bien une étude d'une telle ampleur, il m'a fallu, inévitablement, taxer ma famille, mes amis et tous mes proches. Je leur sais gré de leur patience et je suis confiant qu'ils comprendront les impératifs qui font de ce genre de travail une entreprise humaine continue.

Avant-propos

Le Programme de la politique scientifique et technologique du Centre de recherches pour le développement international (CRDI) a appuyé deux grandes études sur les diverses politiques technologiques qui s'offrent aux pays des Antilles. Le premier ensemble d'études a eu lieu entre 1975 et 1979. Elles étaient parmi les premières à examiner les questions du transfert de technologie dans la région ainsi que dans les pays dotés de bases industrielles et économiques restreintes. Au nombre des conclusions, on a reconnu que la formulation d'une politique technologique nécessitait l'identification d'objectifs socio-économiques, une évaluation des ressources locales, tant humaines que naturelles, et leur déploiement, ainsi qu'une recherche au niveau international pour trouver la technique la plus appropriée, de concert avec un programme simultané de recherche et de développement dans la localité. Il était évident que les pays des Antilles éprouvaient des problèmes particuliers dans leur tentative pour construire une politique économique, scientifique et technologique appropriée.

Un deuxième volet de recherche, découlant directement des conclusions des premières études, a été entrepris avec l'appui du Centre entre 1980 et 1983. L'un des objectifs était d'examiner en détail le potentiel technique de quelques-uns des importants secteurs économiques d'après l'usage qu'ils faisaient actuellement des techniques et les options qui s'offraient à eux en la matière. Cette publication présente les résultats de l'une de ces études.

La culture de la canne à sucre a façonné l'histoire des Antilles et continue de jouer un rôle important dans l'économie de la région, que ce soit en termes d'investissement, d'emploi, de production ou de commerce. La question cruciale de politique publique à laquelle sont confrontées les Antilles touche l'évolution du marché et des techniques relatives au sucre tiré de la canne, et le besoin d'évaluer l'avenir du secteur en n'oubliant pas les répercussions sociales négatives que son déclin entraînerait. Les prix du sucre qui ont régné sur les marchés internationaux au cours des dernières années semblent mettre hors de portée tous les plans conçus pour faire renaître les économies sucrières dans les Antilles.

C'est dans ce contexte que cette étude prend son importance, non seulement pour les pays des Antilles mais aussi pour les nombreux autres pays en développement qui ont une production sucrière. L'étude examine certains aspects du commerce sucrier mondial ainsi que les barrières protectionnistes érigées en Amérique du Nord et en Europe de même que l'énorme impact qu'elles ont sur le revenu des pays producteurs de sucre. Comme ces questions ont déjà été abondamment traitées ailleurs, nous ne les toucherons que brièvement. L'étude s'attachera cependant à établir clairement la baisse d'utilisation du sucre de canne comme matière édulcorante, qui a été entraînée par une combinaison de facteurs ayant trait aux restrictions commerciales, aux préférences du marché et aux changements technologiques.

L'étude examine ensuite les récents progrès de l'industrie sucrochimique et évalue le potentiel de la canne à sucre, qui est un producteur efficace de biomasse, comme matière de base pour une industrie chimique axée sur le saccharose. Il n'est pas possible dans une étude de ce genre de déterminer avec précision la viabilité technico-économique des solutions de rechange ni, de ce fait, les investissements nécessaires. Toutefois, M. Thomas a présenté une excellente analyse des différentes options technologiques qui s'offrent à la canne à sucre et qui auront un rôle important non seulement pour les décisionnaires des Antilles mais aussi pour ceux d'autres pays qui affichent une production appréciable de canne à sucre.

Amitav Rath

Directeur associé, Science et technologie

Division des sciences sociales

CRDI

Introduction

Le sucre de canne — est-ce la fin ou un nouveau début ?

L'histoire de la culture de la canne à sucre dans les tropiques suit un cours lent et turbulent associé à l'esclavage, aux engagements contractuels, aux guerres, aux conquêtes, à la colonisation et à certaines des pires brutalités jamais exercées. Nombreux sont ceux qui ont réfléchi à l'ironie de la situation : «Comment une substance d'une telle douceur peut-elle causer tant d'amertume ?» De nos jours, de nombreuses régions d'Amérique latine qualifient encore la canne à sucre de «culture de misère», car dans nombre de ces pays, même si elle pousse souvent dans les meilleurs sols, elle est tout aussi souvent synonyme de famine, de faibles salaires, d'emploi irrégulier et d'absence de sécurité d'emploi. On trouve encore des gens désignés «employés occasionnels» même après avoir travaillé dans de grands domaines sucriers pendant vingt ans et plus.

Il y a à peine dix ans, le principal défi posé à la suprématie des usines de canne à sucre était la montée de la production de substituts de saccharose tirés de la betterave à sucre. De nos jours, à l'apogée des efforts concertés des pays de la Commission économique européenne (CEE) en vue d'augmenter la production de sucre de betterave, le sucre ou saccharose produit à partir de la canne à sucre représente environ 60 % de la production mondiale de sucre. Au cours de la dernière décennie, par suite des progrès de l'industrie du sirop de glucose à haute teneur en fructose, mieux connu sous l'acronyme SGHTF, ou isoglucose en Europe, un nouveau défi a touché le sucre de canne ou de betterave. Comme nous le verrons en détail plus loin, le SGHTF a vu le jour à la suite de découvertes technologiques d'importance dans nombre de domaines (chimie, biotechnologie, géogénétique, etc.) qui ont mené à la production d'agents édulcorants tirés du maïs présentant une bonne valeur commerciale, en plus d'une application possible à d'autres sources d'hydrates de carbone (manioc, riz, etc.). Ce produit représente déjà plus de 25 % de tous les agents édulcorants alimentaires utilisés aux États-Unis.

Au cours des années, la crainte de conséquences néfastes pour la santé, en particulier son association avec l'obésité, a été le principal obstacle à l'expansion rapide de la consommation de saccharose. C'est dire qu'il a toujours existé un vaste marché des agents édulcorants, artificiels ou naturels, possédant un goût acceptable (et d'autres particularités qui seront débattues plus loin), ne contenant pas ou presque pas de calories et ne présentant aucun effet dommageable pour la santé. L'industrie des aliments et boissons de régime est dominée actuellement par l'utilisation de la saccharine. Même si les organismes nationaux de normalisation des produits pharmaceutiques dans plusieurs pays ont condamné son usage généralisé en raison de ses liens avec divers cancers, sa consommation représente encore plusieurs milliards de

dollars de ventes à l'échelle nationale. Récemment, un nouvel agent édulcorant, l'Aspartame, s'est imposé comme le succédané attendu depuis longtemps et a déjà été commercialisé dans plusieurs pays. Le nouveau produit pose un défi non seulement au sucre de canne et de betterave, mais également à tous les agents édulcorants largement utilisés, y compris le SGHTF et la saccharine.

Même si les industries sucrières établies doivent faire face à ces nouvelles menaces, pour le saccharose la possibilité d'un nouveau début pointe à l'horizon. Poussé par les prix toujours plus élevés des produits du pétrole et par l'inquiétude croissante vis-à-vis des restrictions naturelles inhérentes à l'utilisation de «ressources finies» pour les produits de consommation courante, on a effectué des recherches en vue de remplacer nombre de produits actuellement à base de pétrole par des produits provenant de sources renouvelables. Cette recherche a donné naissance à une activité technologique et industrielle connue sous le nom de sucrochimie. Ce nouveau champ d'action ne constitue pas une «simple» industrialisation des sous-produits de la canne à sucre, aussi importants soient-ils, ni une production de canne à sucre pour «des usages non conventionnels», c'est-à-dire des mélasses interverties, des moulées alimentaires, de l'éthanol, mais plutôt l'utilisation du saccharose, comme tel, en tant que matière première pour l'industrie chimique. Par conséquent, ce nouveau début signifie une césure qualitative avec les progrès traditionnels et l'industrialisation d'un produit tropical de première nécessité (avec les difficultés que cela comporte) et atteint les frontières mêmes de la connaissance et des nouveaux procédés techniques. De toutes parts, il est impensable, pour les producteurs, d'ignorer ce lien avec les frontières des nouvelles sciences et techniques puisque, comme nous l'avons déjà indiqué, l'émergence de ces nouveaux concurrents, notamment le SGHTF et l'Aspartame, s'est aussi appuyée sur les progrès des sciences biologiques modernes, la technique des enzymes et autres.

La présente étude évalue la «menace» que font planer les progrès techniques de l'industrie du sirop de glucose à haute teneur en fructose sur l'industrie mondiale du sucre et les «défis» posés par des progrès semblables dans les industries des produits sucrochimiques. Nous ne prétendons pas effectuer une étude de toute l'industrie sucrière à l'échelle mondiale (ou plus précisément de l'industrie des agents édulcorants) ou de celle des Antilles. L'étude traitera de l'industrie sucrière (agents édulcorants) sous deux perspectives, notamment les progrès du SGHTF d'après les récentes innovations techniques et la menace planant sur l'industrie traditionnelle des agents édulcorants à l'échelle mondiale, en général, et à l'échelle des Antilles, en particulier, et les possibilités créées par les récents progrès techniques dans le domaine de la sucrochimie. Le titre de la présente étude s'inspire de cette approche conceptuelle : «Menace ou défi». Il convient de souligner, même au début, que l'étude présentée ici n'est pas simplement l'amalgame de deux études différentes de la même industrie ni l'étude de deux industries complètement différentes. Les liens qui unissent les progrès techniques et leurs applications au sein de l'industrie du SGHTF et des produits sucrochimiques sont une question d'intérêt global. En effet, comme ce sont les mêmes sociétés transnationales (STN) qui sont souvent en cause dans la production conventionnelle du sucre (canne et betterave à sucre), d'autres agents édulcorants, de SGHTF et de produits sucrochimiques, toute tentative en vue d'isoler ces deux domaines d'étude, ou de les traiter à titre accessoire, serait peu sage.

Cette étude fait partie de la seconde étape d'un projet d'étude en vue d'une politique technique dans les Antilles, projet de taille entrepris conjointement par l'Université de Guyane, l'Université des Indes occidentales et le Centre de recherches

pour le développement international (CRDI) (Ottawa). La description donnée ici dépasse la présentation officielle habituelle pour la simple raison que les travaux de recherche sous-jacents à l'étude ont été, à toutes les étapes, exécutés dans le cadre du projet. Par conséquent, l'importance de la démarche tentée ici ne pourra justement être appréciée pleinement que dans le contexte général des principaux objectifs du projet, c'est-à-dire : un examen des questions relevant de la capacité technique indigène ; une évaluation de la recherche et des négociations ; une planification des politiques scientifiques et techniques ; et l'importance, l'échelle et les transformations techniques dans les Antilles. Dans le cadre de ces objectifs chevauchants, l'étude se situe dans le domaine particulier des études d'évaluation de l'incidence technique entreprises aux fins du projet, dans le domaine de la planification d'une politique scientifique et technique. Sur ce dernier point, l'objectif vise à évaluer, selon la perspective des inquiétudes des Antilles et des régions semblables, certaines des transformations techniques fondamentales survenues à l'échelle mondiale, en vue de mettre au point une capacité de planification technique pour y faire face. Le fer de lance des progrès et applications d'une nouvelle technologie, dans le cas de l'industrie du SGHTF, se trouve aux États-Unis et, dans une moindre mesure, au Japon, au sein de la Communauté économique européenne, au Canada et dans certains territoires de l'Asie du Sud-Est et de l'Amérique latine. L'étude porte naturellement sur ces territoires, mais ce sont les États-Unis, avec 11 sociétés et quelque 17 usines, qui s'approprient la plus grande part des ressources mondiales consacrées actuellement à la production du SGHTF.

Dans le cas de l'industrie surochimique, c'est une STN du Royaume-Uni, Tate and Lyle Ltd, qui est à la fine pointe des innovations techniques. Une grande partie de la présente étude portera donc sur cette entreprise.

Dans le cadre de l'étude, un certain nombre de thèmes secondaires d'importance générale seront brièvement abordés, à l'occasion, dont les suivants :

- L'innovation et la réponse au sein d'une industrie bien établie, intéressée à la production agricole et au traitement (maïs et canne à sucre) ;
- L'industrialisation d'un produit tropical traditionnel de première nécessité à l'extérieur du domaine conventionnel de l'utilisation accrue des sous-produits ;
- Le caractère unique de circonstances de la production sucrière, créé par la concurrence entre des régions industrialisées et en développement à produire une denrée largement consommée dont l'importance pour les diverses économies nationales, productrices et consommatrices de cette denrée, varie considérablement ;
- Les ressources renouvelables (matériau tiré de la biomasse) comparativement à des ressources finies (surtout le pétrole) dans le développement industriel ;
- L'utilisation des terres à des fins alimentaires comparativement à une capacité de fabrication axée sur l'industrialisation des récoltes agricoles ;
- Le rôle d'une politique gouvernementale dans l'élaboration d'une technologie et son application.

La crainte de s'écarter du but principal de l'étude a, dans certains cas, limité notre intervention concernant ces questions à quelques remarques.

Pour conclure, il faut noter le très petit nombre de travaux publiés sur l'industrie du SGHTF et encore moins sur l'industrie surochimique. Par conséquent, l'étude s'est fixée comme un de ses principaux objectifs de contribuer à l'élargissement d'une source d'information et d'accroître son accessibilité et sa disponibilité. Un tel élargissement est indispensable si l'on veut réaliser un contrôle systématique des progrès techniques. Comme nous l'expliquons dans le corps de la présente étude, c'est une fonction de planification scientifique et technique extrêmement critique. La Partie I de l'étude traite du SGHTF (la menace) et la Partie II, des produits surochimiques (le défi).

La Partie I se divise en cinq chapitres. Le premier définit les particularités de l'industrie mondiale des agents édulcorants. Il présente le concept des agents édulcorants comme toile de fond pour évaluer le sucre de canne et de betterave, le SGHTF, les autres agents édulcorants à base de maïs de même que les agents édulcorants de synthèse non caloriques. Il invite également le lecteur à explorer la position générale de l'industrie sucrière dans les Antilles et l'organisation du marché mondial des agents édulcorants. Le deuxième chapitre rappelle l'évolution de la technique du SGHTF. Le troisième examine la structure d'ensemble de l'industrie du SGHTF tandis que le quatrième s'attache aux principes économiques de production de ce produit. Le dernier chapitre de la Partie I de l'étude (chapitre 5) tente d'évaluer l'incidence du nouveau produit et définit une stratégie que pourrait emprunter une région comme les Antilles pour faire face à la situation à laquelle elle se heurte actuellement.

La Partie II se divise en six chapitres. Le premier (chapitre 6) s'intéresse aux utilisations industrielles des sous-produits du sucre de canne même si cela n'est pas le but premier de l'étude. Il est toutefois important de dresser le décor qui servira à l'examen du saccharose comme matière première dans l'industrie chimique. Les possibilités sont définies dans le chapitre 7. Le chapitre 8 retrace les progrès de la technique surochimique tandis que le chapitre 9 se penche sur quelques questions économiques d'intérêt général découlant de l'état actuel de l'évolution technique. Le chapitre 10 analyse les expériences récentes de la société transnationale Tate and Lyle Ltd comme chef de file dans ce domaine. Le dernier chapitre de l'étude (chapitre 11) donne non seulement une évaluation des promesses qu'offre la surochimie, mais remplace le sucre dans le double contexte de la menace et du défi.

Partie I

*La menace — l'incidence
technologique du sirop
de glucose à haute teneur
en fructose*



Chapitre 1

Particularités de l'industrie mondiale des agents édulcorants

Le sucre dans les Antilles

Les appellations «plantation economy (économie de plantation)», «sugar economy (économie basée sur le sucre)», «King Sugar (royaume du sucre)», etc., sont toutes des expressions qui ont été utilisées fréquemment pour décrire les économies des pays de langue anglaise des Antilles ; elles témoignent de l'importance du sucre dans l'évolution historique de la région. L'industrie sucrière est un produit direct de la conquête et de l'installation, dans la région, des colonies européennes ; dès leurs débuts, la culture et le traitement du sucre de canne se sont confinés à la production du sucre brut, c'est-à-dire le saccharose pur à environ 95 %, destiné à l'exportation.

Comme la culture de la canne à sucre est presque uniquement axée sur la production de saccharose, on ne retrouve qu'une utilisation limitée de certains sous-produits (la bagasse comme carburant, les mélasses pour usage domestique ou exportées directement comme aliments pour animaux et la production d'alcools, surtout le rhum). Quelles que soient les ressources consacrées à la recherche et au développement (R & D) locaux, elles portent surtout sur les domaines de propagation des variétés de canne à sucre, les méthodes de culture et la lutte contre les maladies et les insectes de la canne ; la réparation de l'équipement et des machines et l'entretien des usines de traitement du sucre ; le transport, la construction, le réaménagement des terres et autres problèmes dictés par la topographie particulière des régions productrices de sucre. Par conséquent, le sucre a été un instrument important dans la création d'une dynamique particulière de production matérielle qui caractérise la région et que j'ai décrite ailleurs comme celle d'un pays qui produit ce qu'il ne consomme pas et qui consomme ce qu'il ne produit pas vraiment, empêchant de ce fait le développement réel (c'est-à-dire l'impératif des ressources matérielles) ou social (ce que ces besoins dictent comme impératif) d'une capacité technique indigène (Thomas 1974).

Après des siècles de domination de la vie socio-économique des Antilles, l'évolution de l'industrie sucrière de la région a atteint un sommet au cours des années 60. À cette époque, toutefois, la transformation socio-politique de la région, en particulier le mouvement nationaliste vers l'indépendance, la montée du syndicalisme et les pressions péremptoires des paysans revendiquant les terres et autres ressources, avait créé de nouvelles priorités au coeur de cette expansion. Les nouvelles priorités ont mis l'État à l'avant-poste du développement et ont rehaussé l'accent mis sur le tourisme, l'exploitation minière et les autres activités d'importation se retranchant derrière les barrières nationales de protection. À leur tour, ces dernières ont permis aux sociétés transnationales (STN) des secteurs de la fabrication et du traitement agricole de jouer un rôle important dans l'économie régionale. Ces procédés complexes ont provoqué un déclin généralisé de l'importance du sucre dans l'économie de cette région.

Au début des années 60, la région produisait plus de 1,3 million de tonnes de sucre, les exportations représentant 80 à 90 % du total ; actuellement, la région produit environ 0,7 million de tonnes de sucre, soit environ les deux tiers de la production de 1960 et les exportations figurent pour environ 80 % de ce chiffre. La production est tombée dans la plupart des grandes régions. À la Barbade, la production de 1983 (85 000 t) était la moitié environ des niveaux de production de 160 000 atteints au début des années 60. C'était la plus faible production depuis 1948. La superficie des terres ensemencées était passée de plus de 61 000 acres à 36 000 acres (24 705 ha à 14 580 ha) en 1983. Comme le soulignait le premier ministre, dans une déclaration au Parlement, le 13 juillet 1982 :

Je dois annoncer à la Chambre et au pays que l'année 1982 a été une année catastrophique pour l'industrie sucrière, tout comme 1981. En 1981, nous avons dû faire face à des problèmes causés par un retard de la récolte et une mauvaise température. . . en 1982, les problèmes semblent plutôt affecter le moral, dans le sens le plus large du terme.

En 1984, on notait une légère amélioration avec une production d'un peu plus de 100 000 t. En Guyane, la production de 1984 était d'environ 250 000 t comparative-ment à près de 370 000 t au cours des années 60. À Trinité-et-Tobago, la production de 1984 était de 64 000 t comparativement à des chiffres de production de plus de 240 000 t de sucre au cours des années 60. Ce niveau de production était aussi le plus bas depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale. En Jamaïque, la production actuelle se maintient en moyenne à un peu plus de 200 000 t, contre 450 000 t au cours des années 60. Le Belize est le seul pays à avoir affiché un accroissement régulier de sa production, celle-ci passant d'environ 25 000 t il y a 20 ans à près de 120 000 t en 1984 et l'espoir d'atteindre 150 000 t d'ici la fin de la décennie. À Saint Kitts, où l'industrie a connu une reprise, la production atteint actuellement environ 35 000 t. Même si la région produit du sucre destiné à l'exportation, elle importe encore environ 80 000 à 90 000 t de sucre raffiné, dont 45 % de Trinité-et-Tobago. La plus grande partie du sucre exporté de cette région va à la Communauté économique européenne (CEE) où il est commercialisé dans le cadre des accords sucriers entre la CEE et l'ACP (pays d'Afrique, des Antilles et du Pacifique) ; il est aussi exporté aux États-Unis où il bénéficie des quotas et du statut du système généralisé de préférences, et au Canada où il profite également d'un statut préférentiel. Le reste des exportations est acheminé vers le «marché mondial». Il existe aussi un petit commerce local du sucre et, dans l'ensemble, la demande régionale de sucre de consommation atteint environ 250 000 t.

Certains facteurs de la baisse de la production sucrière dans la région figurent au tableau 1 et les données concernant la productivité indiquent la dégringolade du rendement de la canne et du sucre par acre (1 acre = 0,405 ha) et le taux de conversion de la canne à sucre en sucre. Ainsi, en 1983, le rendement le plus élevé de sucre à l'acre (2,4 t à la Barbade) était d'environ 30 % moins élevé que le rendement le plus élevé en 1960 (3,4 t en Guyane). Le rendement le plus faible en 1960 (2,9 t à Trinité-et-Tobago) était de 40 % supérieur au plus faible rendement en 1983 (1,7 t, également à Trinité-et-Tobago). Les rapports de rendement à l'usine (tonnes de canne par tonne de sucre) illustrent également qu'en 1983, en Guyane, il fallait une quantité aussi élevée que 13,6 t de canne pour produire une tonne de sucre, soit 25 % de plus que le rapport de rendement le moins élevé en 1960 (10,9 t de canne pour une tonne de sucre, également en Guyane).

Ce rendement du sucre reflète le déclin généralisé de la productivité et de la production agricoles dans la région. Les données comparatives des tableaux 2 et 3 sur la valeur ajoutée par le secteur agricole et la production alimentaire par habitant dans les grands territoires de la région présentent l'étendue du ralentissement au cours de la dernière décennie. Ces chiffres révèlent qu'en Guyane, pendant six des dix dernières années, l'indice de production alimentaire par habitant était inférieur à 100 (production de la période de référence 1960–1971) ; en Jamaïque, ce fut le cas pendant huit de ces dix années et à Trinité-et-Tobago, pour chaque année de la décennie. Dans le même ordre d'idées, les données sur la valeur ajoutée indiquent la baisse substantielle de la contribution du secteur agricole au PNB, baisse encore plus marquée à la Barbade et, dans une moindre mesure, à Trinité-et-Tobago. Dans ce dernier cas, le pétrole a dominé l'économie et la contribution du secteur agricole au PNB pendant la décennie 1961–1970, c'est-à-dire même avant la « crise » du pétrole, n'atteignait que 5 %. Par conséquent, et malgré ses exportations d'aliments, la région est très déficitaire à ce titre puisqu'elle importe actuellement près d'un milliard de dollars US d'aliments et de fourrage.

Tableau 1. Données comparatives de productivité des principaux producteurs de sucre des Antilles du Commonwealth, 1960–1983.

	1960	1980	1981	1982	1983
Tonnes de canne : tonnes de sucre					
Barbade	9,0	9,2	10,3	9,4	8,5
Guyane	10,9	12,8	13,1	12,6	13,6
Jamaïque	10,3	11,0	12,0	12,5	11,8
Trinité-et-Tobago	10,1	13,1	13,9	15,0	12,9
Rendement de la canne à l'acre					
Barbade	29,2	30,3	24,7	20,7	20,3
Guyane	38,2	28,3	29,3	28,7	28,9
Jamaïque	31,4	23,8	21,6	23,9	23,4
Trinité-et-Tobago	29,9	23,0	25,6	22,0	21,5
Rendement du sucre à l'acre					
Barbade	3,3	3,3	2,4	2,2	2,4
Guyane	3,4	2,2	2,2	2,3	2,1
Jamaïque	3,0	2,2	1,8	1,9	2,0
Trinité-et-Tobago	2,9	1,8	1,8	1,5	1,7

Note : 1 acre = 0,405 ha.

Tableau 2. Indices de la production alimentaire par habitant, 1971–1980 (1960–1971 = 100).

Pays	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Guyane	102	90	89	100	100	94	99	104	92	88
Jamaïque	102	100	98	96	93	92	89	92	90	90
Trinité-et-Tobago	91	97	88	90	95	96	95	90	87	79

Source : Tel que cité dans le rapport annuel de 1980–1981 de l'Inter-American Development Bank.

Tableau 3. Pourcentage de la contribution du secteur agricole au PNB, par pays, 1960–1983.

Pays	1961–1970	1971–1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Barbade	22,0	11,2	10,9	10,8	10,5	10,8	10,8	8,3	9,4	9,5
Guyane	22,2	18,5	16,2	16,4	18,4	17,7	18,6	17,6	20,6	19,3
Jamaïque	9,8	7,6	7,9	8,6	9,5	9,0	8,6	8,2	7,7	8,1
Trinité-et-Tobago	5,4	4,4	3,6	3,4	3,1	3,4	2,4	2,3	2,3	2,3

Source : Rapports annuels de l'Inter-American Development Bank, 1980–1981, et pour les années 1981–1983, rapport annuel de 1984.

Les années qui ont suivi l'accession spectaculaire des prix mondiaux du sucre, en 1973–1974, ont donné lieu à des événements très marquants dans l'industrie sucrière dans la région. L'effondrement des prix insoutenables du sucre au cours de cette période coïncidait avec la fin des ententes de commercialisation protégée de l'Accord du Commonwealth sur le sucre (ACS), d'une durée de 25 ans, et la signature du protocole sucre de la convention de Lomé, beaucoup moins favorable, passé entre la CEE et l'ACP. Contrairement à l'ASC, ce protocole ne s'appuie pas sur la formule du coût de production majoré d'un bénéfice pour des produits assez rentables, utilisée pour déterminer le prix du sucre importé des pays de l'ACP, les prix pratiqués suivant plutôt de près la réglementation interne et les subventions de la CEE pour la production de betterave à sucre. Nous reviendrons plus en détail sur la politique de subvention à l'industrie de la betterave à sucre au sein de la CEE, politique qui a favorisé la venue de la CEE non seulement comme principal consommateur et importateur de sucre, mais également comme grand producteur et exportateur. Cela a exercé des pressions sur les cours et les quantités de sucre de l'ACP importées par la CEE. Les difficultés auxquelles prétendent faire face ces pays à la suite du protocole de Lomé sont résumées dans la déclaration faite par le directeur commercial de Guyana Sugar Corporation (MacDonald 1979) :

D'abord, nous avons un contingent dans la CEE au lieu de l'ancien contingent de l'ACS. Loin de moi l'idée de sous-estimer l'importance vitale du contingent de la CEE pour nous en Guyane. Notre contingent de 167 000 t représente un marché garanti pour plus de la moitié de notre sucre d'exportation et le prix, actuellement, est beaucoup plus élevé que le prix mondial. Pourtant le caractère sacré de ce contingent doit être constamment défendu, situation qui ne s'était jamais vue pour le contingent de l'ACS. On se sent quelquefois comme un homme qui va et vient le long d'un barrage en voie d'effondrement, réparant ici et là, pendant que les producteurs français de betterave à sucre, les bureaucrates de Bruxelles et les divers groupes d'intérêts européens hostiles, plus ou moins au courant de la situation ou qui s'en fichent, essaient à tout moment de miner le barrage et de mettre en danger toute sa structure. Les prix sont imposés et non pas négociés. Nous avons l'impression de faire une guerre qui n'en finira plus, même si, d'après nous, la paix avait été faite, signée et scellée grâce au protocole sucre de Lomé.

Outre ces considérations, deux autres points méritent de figurer dans l'évaluation de la situation actuelle de l'industrie de la région. Le premier point est le suivant : après l'expiration de la loi américaine sur le sucre (U.S. Sugar Act), on réimposa la protection des producteurs américains de sucre pour le marché national, après avoir connu, pendant sept ans, un marché plus ou moins libre, sauf peut-être les exemptions du système généralisé de préférences accordées à certains pays exportant vers le marché américain. Ce protectionnisme récent a transformé le marché américain en un marché préférentiel très attirant surtout si on le compare au «marché libre» où les prix actuels sont environ quatre à cinq fois ceux du «prix mondial».

Lors de l'introduction de ce régime protectionniste, en 1982, le gouvernement américain déclara qu'il ne s'agissait que d'une mesure «temporaire». On annonça d'abord des quotas trimestriels, mais au cours d'octobre 1982, on fixa un quota annuel et les Antilles obtinrent un quota régional de 151 000 t sur les 2,8 millions de tonnes fixées à l'échelle globale. Ce changement contrastait vivement avec l'idéologie de «marché libre» et de «déréglementation» de l'administration américaine, mais il souligna néanmoins la puissance de certains facteurs politiques dans l'analyse de la commercialisation du sucre. La protection offerte par ce marché, tout comme celle de la CEE, subit une érosion constante à mesure que l'évolution de l'industrie sucrière

américaine, jumelée à une consommation réduite du sucre, joue contre la région. Il en est résulté des quotas régionaux et mondiaux de plus en plus bas. L'autre facteur important pour l'industrie de la région est l'ascension spectaculaire des prix du pétrole amorcée en 1973-1974, accompagnée d'une flambée globale des prix et combinée depuis lors à des tendances récessionnistes plus ou moins persistantes à l'échelle mondiale.

En raison de ces circonstances, on peut dire que l'industrie sucrière de la région vit une situation critique. Toutefois, même si la dette et les coûts semblent monter et la production baisser, une partie importante des ressources régionales est toujours liée à la production sucrière. À la Barbade et en Guyane, le sucre représente environ un tiers des échanges avec l'étranger ; en Guyane, le sucre demeure le seul employeur de la main-d'oeuvre salariée. De plus, après étude sérieuse, on peut voir que la diminution actuelle de la production sucrière de la région dépend beaucoup plus de la baisse de la production par heure-personne travaillée, et d'une régression du rendement de la canne à sucre à l'acre et du rendement des usines par suite de leur conversion (de la canne à sucre au sucre brut), qu'à la réduction de la superficie cultivée et de la capacité totale des usines. Par conséquent, la superficie totale des récoltes, en 1981-1983, atteignait en moyenne 335 000 acres (135 675 ha) pour les quatre grands territoires comparativement à 370 000 acres (149 850 ha) en 1960. Toujours en Guyane, la capacité théorique de l'industrie sucrière est de l'ordre de 450 000 à 500 000 t par année, comparativement à une production réelle d'environ la moitié de ce chiffre. À Trinité-et-Tobago, la production actuelle est également d'environ la moitié du potentiel de l'industrie. Les baisses de la production sucrière, même si elles sont imposantes, ne donnent pas vraiment l'importance des pertes réelles en sucre pour la région des Antilles.

Les incertitudes quant aux orientations futures de la politique de l'État sont au coeur de la plupart des difficultés auxquelles fait face l'industrie sucrière de la région. C'est un point décisif puisque, dans tous les territoires, l'État a tenu un rôle important dans la production, le traitement et la commercialisation du sucre de cette industrie. Dans les cas de la Guyane, de Trinité-et-Tobago et de la Jamaïque, grâce à la nationalisation et autres mesures de centralisation adoptées au cours des années 70, les gouvernements possèdent et contrôlent la plus grande partie des ressources de ce secteur. Tout indique cependant que les gouvernements de la région hésitent à poursuivre l'expansion de la production sucrière. Le meilleur argument à cet égard est, bien sûr, la présence de ressources importantes déjà engagées et la poussée et les pressions exercées, dans le même élan, pour en assurer la croissance et le progrès. En même temps, toutefois, des pertes énormes et des subventions imposées, combinées à l'incertitude à long terme de la commercialisation et de l'héritage socio-politique négatif de l'industrie dans la région, se conjuguent pour décourager toute vigueur réelle en vue de poursuivre cette expansion. Cela s'est traduit en une douce négligence et une tendance à traiter l'industrie comme un secteur malade des diverses économies nationales de la région. La situation s'est aggravée par l'expansion de l'industrie touristique (Barbade et Jamaïque), de l'exploitation de la bauxite-aluminium (Guyane et Jamaïque) et du pétrole (Trinité-et-Tobago), et par la croissance dans tous les territoires de la région d'un secteur de fabrication et d'agrotraitement devant se substituer aux importations.

L'embarras des gouvernements s'exprime dans la pléthore de commissions, tribunaux, comités d'enquête, etc., mis sur pied afin d'étudier l'industrie ou certains de

ses aspects, et de faire des recommandations. La situation trouve également reflet dans les politiques récentes de dépossession mises de l'avant par l'administration Seaga, en Jamaïque, où Tate and Lyle Ltd, société transnationale qui avait contrôlé la plus grande partie de l'industrie du pays, a été chargée de ressusciter l'industrie. Même si la question n'a pas encore été vraiment abordée au cours des nombreuses enquêtes officielles, une question revient à intervalles réguliers : l'affectation unique des ressources de l'industrie pour la production de saccharose, pour consommation outre-mer, représente-t-elle la meilleure utilisation d'aussi vastes ressources, à l'échelle de la région ? Partout, on a tenté d'instaurer des politiques de diversification qui se sont soldées par l'introduction d'autres cultures sur les terres à sucre, la production de produits non traditionnels tirés du sucre, par exemple des mélasses interverties et des aliments pour animaux, et une utilisation plus généralisée des sous-produits, par exemple la bagasse. La question de diversification est vraiment à l'avant-plan de notre enquête et, en ce sens, l'étude espère au moins ouvrir de nouvelles avenues dans l'évaluation des ressources de la région consacrées à la production sucrière. (Pour en savoir plus sur le développement de l'industrie en Guyane, voir Thomas (1984a, b).)

La technique et l'utilisation finale : le concept des agents édulcorants

Dans les Antilles, on considère traditionnellement le sucre, et c'est ce qui domine la conscience populaire, comme un agent sucrant pour les aliments, les boissons, etc. Pourtant, le sucre possède d'autres propriétés en plus de son pouvoir sucrant qui, si elles ne sont pas familières au foyer moyen, sont bien connues chez ses utilisateurs finals, c'est-à-dire le marché industriel du sucre. Pour ne citer qu'un exemple, le sucre est non seulement un agent édulcorant mais c'est aussi un aliment en lui-même et, comme tel, il est grandement apprécié puisqu'il est non toxique, même si on l'a accusé de provoquer caries dentaires, obésité, etc. On porte moins attention à ces autres particularités lorsqu'on situe le sucre dans le contexte élargi des utilisations finales. C'est dans ce contexte que nous évaluerons l'importance du SGHTF (sirop de glucose à haute teneur en fructose). Avant d'aborder ce sujet, examinons d'abord les grandes catégories d'agents édulcorants produits.

En bref, il existe deux grandes catégories d'agents édulcorants : les édulcorants caloriques naturels et les édulcorants synthétiques. Les premiers se subdivisent habituellement en deux autres catégories : les édulcorants à base d'hydrates de carbone facilement accessibles, les plus utilisés, et qui contiennent des calories à dominance de saccharose, et les autres produits naturels exotiques possédant des propriétés sucrantes dont le potentiel n'a pas encore été pleinement exploité et dont la commercialisation demeure limitée. La liste ci-dessous énumère ces catégories, accompagnées de quelques remarques pertinentes, le cas échéant. Le texte fera état plus loin des agents présentant un intérêt particulier pour l'étude.

Édulcorants caloriques naturels

Sources d'hydrates de carbone facilement accessibles

Saccharose (surtout la canne et la betterave à sucre). En ce qui a trait au sucre blanc, la canne et la betterave à sucre sont similaires, mais seul le sucre de canne peut

être traité pour donner de la cassonade, du sirop ou de la mélasse. La mélasse est un sous-produit de l'industrie contenant environ 50 % de sucre et qui sert à la préparation de l'alcool, de l'acide citrique, de levures, d'aliments pour animaux, etc.

Lactose (un diholoside contenant du galactose et du glucose, tiré du lactosérum de fromage).

Polyols (réaction de l'hydrogène sur les sucres ; les polyols comprennent le sorbitol, préparé à partir du dextrose, le maltitol, préparé à partir du maltose et le xylitol, préparé à partir de déchets ligneux). Ces produits servent principalement à la fabrication des crèmes glacées molles ; on prétend qu'ils provoquent moins de caries dentaires. On soupçonne le xylitol d'être carcinogène.

Hydrolysats d'amidon. Sirops de glucose dérivés de l'amidon qui contiennent du dextrose (D-glucose) et autres saccharides à haute teneur.

Fructose (dans sa forme cristalline qui se trouve naturellement dans les fruits et les fleurs). Comme son métabolisme est différent de celui du saccharose, on s'en sert comme sucre des diabétiques.

SGHTF ou isoglucose (à étudier plus en détail).

Autres sources exotiques naturelles

Stévioside (extrait des feuilles du *Stevia rebaudiana*).

Morelline (extraite d'une baie du Ceylan — «serendipity berry»).

Thaumatococine (extraite du fruit miraculeux du Soudan ou kateufe).

Glycyrrhizine (Miraculine) (extraite d'une baie rouge de l'Afrique occidentale).

Régliasse.

Édulcorants synthétiques

Saccharine (isolée en 1879 et soupçonnée d'être carcinogène). Certains pays en ont défendu la vente. Aux États-Unis, le Congrès en a de nouveau permis la vente, malgré une décision contraire de la Federal Drug Administration. C'est l'édulcorant synthétique le plus utilisé et aussi le meilleur marché.

Cyclamate (de 30 à 80 fois plus sucré que le saccharose). On a défendu la vente de ce produit, car on le soupçonne d'être carcinogène.

Aspartame Ce produit est celui qui reproduit le mieux le goût du sucre, parmi tous les agents édulcorants artificiels. Il est en vente libre aux États-Unis et au Canada et on s'attend qu'il le soit bientôt dans les pays d'Europe de l'Ouest. Il est disponible comme agent sucrant tout usage et on l'utilise dans les aliments traités et les boissons. Nous y reviendrons plus tard.

Trichlorogalactosaccharose (TGS) (modification chimique du saccharose qui fera l'objet d'une étude particulière plus loin dans le texte).

La forte utilisation industrielle du sucre a attiré de plus en plus l'attention sur les diverses propriétés ou particularités des agents édulcorants disponibles. Après en avoir parlé avec des représentants de l'industrie, il semble évident que, quelle que soit

la propagande ou la publicité concernant les propriétés d'un agent édulcorant, le saccharose sert d'étalon. Les principales qualités des agents édulcorants (saccharose) tirés du sucre de canne ou de betterave et celles du SGHTF ou de l'isoglucose sont les suivantes :

Qualités du sucre (saccharose) de canne et de betterave	Qualités du sirop de glucose à haute teneur en fructose
— Bon goût — Bonne charge — Bon pouvoir de dilution et bon agent porteur — Solubilité dans l'eau rapide et élevée — Bon agent de conservation — Incolore — Chimiquement et microbiologiquement pur — Non toxique — Générateur d'énergie — Bonne digestibilité — Facilité de fermentation rapide et totale — Bonne capacité d'emmagasiner — Saveur agréable — Structure cristalline s'adaptant bien aux usages domestiques	— Bon pouvoir sucrant — Bonne teneur de fermentation — Bon pouvoir humectant — Une couleur blanche et aqueuse qui se mêle facilement aux autres aliments — Un goût franc et non masquant — Une viscosité favorable si on la compare aux autres sucres et sirops (voir le tableau 4) — Du point de vue du poids, sa pression osmotique en fait un bon agent de conservation des aliments en raison du faible développement des bactéries, levures et champignons, sans autres additifs spéciaux — Accroît le pourcentage d'humidité des aliments et abaisse le point de congélation, facteur important dans certaines industries (par exemple, celle de la crème glacée) — Son pouvoir sucrant a un effet synergétique sur le goût sucré des aliments : une solution moitié SGHTF et moitié saccharose a un pouvoir sucrant supérieur à l'ajout des deux produits — Il accentue la saveur des aliments, surtout celle des fruits — Il est non toxique, se digère facilement et est nutritif

Nous étudierons plus loin les désavantages du saccharose, mais ils dépendent surtout du fait qu'il convient mieux aux produits chimiques qu'aux aliments. Tous les agents édulcorants concurrentiels doivent donc se mesurer aux normes établies par le saccharose, sinon ils ne réussiront sans doute pas à vraiment pénétrer le marché des édulcorants. On découvre, par exemple, que nombre des agents édulcorants à forte teneur (par exemple la saccharine), populaires en raison de leur faible valeur calorique, possèdent un goût et une texture désagréables qui découragent leur utilisation généralisée, outre leur possibilité d'être carcinogènes. Les produits que nous étudierons ici possèdent toutefois un éventail de particularités ou de propriétés qui en font des concurrents de taille pour le saccharose.

Le SGHTF comporte trois servitudes importantes restreignant son utilisation tant industrielle que ménagère et posant des défis techniques qui suscitent actuellement des recherches actives. La première tient au fait que le SGHTF est un édulcorant liquide. Cet état liquide limite ses utilisations lorsqu'on le compare au saccharose cristallin. Ainsi, bien qu'on puisse l'utiliser facilement dans les boissons, on l'accepte mal comme édulcorant de consommation au foyer. Toutefois, même si son état liquide limite, en général, ses applications, certains secteurs de fabrication le considèrent

Tableau 4. Viscosité du SGHTF et d'autres agents édulcorants.^a

Produits	Centipoises
SGHTF ^b	150
Saccharose (71 Brix)	360
Saccharose (66 Brix)	120
Dextrose	130
Sucre inverti (70 %)	130-150
Sirop de glucose (64 DE)	500

Source : Crott (1982a, b).

^a La viscosité est l'état d'un fluide dont l'écoulement est freiné par le frottement entre les molécules qui le composent.

^b Se rapporte au SGHTF à 42 %. Il faut noter que ce produit contient 71 % de solides au total.

comme un avantage, ou alors cela importe peu aux producteurs (Tableau 4). Ainsi, pour le secteur de fabrication des produits laitiers et des boissons gazeuses, l'état liquide facilite l'utilisation des systèmes automatisés. Le saccharose, lorsqu'il est utilisé dans ces secteurs, doit en effet être converti en liquide. Ce facteur, comme nous le verrons, joue un rôle important lorsqu'il s'agit de déterminer le rôle du SGHTF dans la pénétration du marché.

Deuxième servitude : le SGHTF doit être entreposé à une température qui se situe entre 27 et 36 °C afin d'empêcher sa coloration et des changements indésirables dans sa fluidité, changements qui pourraient nuire à sa facilité de manutention, d'écoulement et de pompage. Ici encore, à l'instar de la servitude précédente, cela ne signifie pas que cette propriété ne favorise pas son utilisation dans certains champs industriels. Le fait qu'il subisse des changements de coloration lorsqu'il est chauffé au-delà de certaines températures constitue un atout pour les produits cuisinés, car ce changement en rehausse l'apparence et l'attrait.

La troisième servitude du SGHTF vient du fait qu'il n'est pas facile ni bon marché à produire sous sa forme cristallisée. On a réussi à le faire, mais le procédé est beaucoup trop dispendieux, actuellement, pour être commercialement rentable. Les ressources déjà engagées par l'industrie, et celles qu'on prévoit y consacrer au cours des cinq prochaines années, visent toutes à continuer la production et l'utilisation du SGHTF liquide, même si les recherches se poursuivent en vue de découvrir une forme cristallisée à meilleur marché.

Les édulcorants hypocaloriques à forte concentration

Il serait peut-être utile, à cette étape, de faire quelques observations sur les édulcorants hypocaloriques à forte concentration. D'abord, l'intérêt à l'égard des progrès de ces agents édulcorants provient surtout du souci, à l'échelle mondiale, de diminuer l'apport de calories et, en particulier, d'hydrates de carbone pouvant causer l'obésité ; cela semble avoir accompagné la montée de l'industrialisation, de meilleurs revenus et un libre accès aux aliments, l'urbanisation de nombreux pays et les changements tant culturels qu'alimentaires encourageant l'industrie des « plats-minute ». Deuxièmement, les principales restrictions des produits actuels touchent leur goût et autres attributs physiques, c'est-à-dire la sensation laissée dans la bouche, et l'absence de volume (en raison de la forte concentration des agents édulcorants), qui les rendent difficilement acceptables comme succédanés du saccharose. Assez fré-

Tableau 5. Comparaisons entre des agents édulcorants à forte concentration.

	Coefficient du pouvoir sucrant	Val. calorifique/ pouvoir sucrant	Qualité du pouvoir sucrant	Coût relatif par unité de pouvoir sucrant
Saccharose	1,0	4,0	Très bon	300
SGHTF	1 +	4,0	Très bon	280
Glucose	0,7	5,7	Bon	300
Fructose	1,2	3,3	Goût fruité	1 000
Sucre inverti	1,0	4,0	Très bon	300
Sorbitol	0,5	8,0	Doux	1 200
Xylitol	1,0	4,0	Doux	4 200
Saccharine	300	0,0	Sucré/métallique/âcre	10
Cyclamate	30–120	0,0	Franc/sucré	70
Aspartame	180	0,0	Sucré/léger arrière-goût	420
Acesulpham K	150	0,0	Sucré/chimique/âcre	—
Taline	3 000	0,0	Sucré/arrière-goût	350
TGS	600 +	0,0	Semblable au saccharose	—

Source : Nicol (1980) et Crott (1982a, b).

quemment, ils se marient très mal aux autres aliments et, plus souvent qu'autrement, on craint qu'ils soient carcinogènes. À l'exception de la saccharine, et possiblement de l'Aspartame, ces produits sont également très chers et actuellement peu concurrentiels. De façon empirique, l'industrie considère qu'un agent édulcorant à forte concentration doit être au moins 50 fois plus sucré que le saccharose pour être à sa hauteur. Le tableau 5 donne un aperçu général des facteurs de pouvoir sucrant, des rapports entre la valeur calorifique et le pouvoir sucrant, de la qualité du pouvoir sucrant et du coût relatif par unité de pouvoir sucrant, selon des études récentes.

Comme nous l'avons souligné dans l'introduction, un agent édulcorant de synthèse (artificiel) à forte concentration mis au point récemment, qu'on prétend non carcinogène, et dont le profil de pouvoir sucrant a été jugé acceptable d'après des enquêtes menées auprès de consommateurs, est l'Aspartame. Ce produit est fabriqué par G.D. Searle, grande société pharmaceutique dont le siège social est situé en Illinois (États-Unis). La description du produit est la suivante (Bylinsky 1982:28) :

Les grandes caractéristiques de l'Aspartame sont presque trop parfaites pour être vraies ; on juge, en règle générale, son goût aussi bon que le sucre, il possède une infime proportion des calories du sucre et il a l'approbation de la FDA, ce qui en fait un produit «absolument sûr». Grâce à ces qualités, l'Aspartame émerge donc comme un formidable concurrent à la fois du sucre, dont se préoccupent les gens qui suivent un régime, et de la saccharine qui laisse un arrière-goût déplaisant et persistant — tout en provoquant des craintes constantes quant à ses possibilités carcinogènes.

Il faut noter, après avoir lu cette déclaration, que le point de vue de l'industrie (attribué à H.R. Roberts, vice-président, Science and Technology, National Soft Drink Association (voir Price:1982:3) concernant le remplaçant idéal du sucre est :

. . . qu'il doit être beaucoup plus sucré que ce dernier, tout en possédant un goût plaisant et aucun arrière-goût. . . chimiquement et physiquement stable, incolore, inodore et soluble dans l'eau. Il doit également pouvoir se prêter à un vaste éventail d'applications alimentaires, jumelées de préférence à des techniques et à un équipement de traitement déjà en place. Finalement, il doit avoir un coût concurrentiel et ne présenter aucun effet dommageable pour la santé.

L'auteur de cette déclaration poursuit en soulignant que parmi tous les remplaçants actuellement disponibles, l'Aspartame vient en tête de liste.

L'Aspartame est 200 fois plus sucré que la saccharose. Son coût de production par unité de pouvoir sucrant dépasse de façon substantielle celui du sucre, selon le prix de ce dernier, tandis qu'il est à peu près 30 fois le prix de l'équivalent de la saccharine. On est d'avis que ces différences de coût perdront de l'importance si les dangers pour la santé disparaissent vraiment. Nombre de personnes croient fermement les déclarations en matière de santé concernant l'Aspartame puisqu'elle est produite en combinant deux acides aminés présents partout dans les aliments : l'acide aspartique et la phénylamine. Un ester de méthyle est rattaché à la molécule d'Aspartame, «c'est-à-dire une structure qui reproduit une saveur naturelle des fruits et des légumes» (Bylinsky 1982:30). (À l'instar de la saccharine, le pouvoir sucrant de l'Aspartame aurait été découvert «par accident» par J.M. Schlatter, un chimiste effectuant des recherches sur les acides aminés pour les laboratoires Searle. Une maladie héréditaire, la phénylcétonurie, est cependant liée à la phénylamine). La saccharine, par contre, est un produit à base de pétrole. Il n'est donc pas surprenant qu'en l'espace de quelques années, les ventes d'Aspartame réalisées par G.D. Searle soient passées de 73 millions de dollars US en 1980 à environ 750 millions de dollars US en 1984.

Même si notre étude ne traite pas des agents édulcorants de synthèse, la mise au point de produits comme l'Aspartame ajoute aux menaces qui planent sur le sucre. Il faut se rappeler qu'en dépit du goût déplaisant de ce produit et des inquiétudes qu'il provoque au sujet de la santé, la consommation aux États-Unis de saccharine en équivalent de sucre est aussi à la hausse puisqu'elle est passée de 5 livres par habitant en 1971 à plus de 7 livres par habitant (1 livre = 0,454 kg). Les ventes actuelles de saccharine totalisent environ 3 milliards de dollars US. Ainsi, à mesure que le SGHTF se substitue rapidement au saccharose, la consommation d'agents édulcorants à forte concentration, sous toutes leurs formes, est menacée par les agents édulcorants de synthèse et les agents édulcorants hypocaloriques. Toutefois, la menace de ces agents édulcorants n'écarte pas, et ne peut écarter, le remplacement régulier du saccharose par le SGHTF, même si le marché global des agents édulcorants nutritifs décroît dans les pays industrialisés.

Le marché mondial des agents édulcorants

Au cours des dernières années, le marché mondial des agents édulcorants a démontré, malgré ses variations annuelles et ses campagnes, une baisse généralisée de la consommation d'édulcorants, par habitant, dans les pays industrialisés et un accroissement de cette même consommation dans les pays en développement. La hausse de la consommation, dans les pays en développement, est toutefois allée de pair avec des efforts en vue d'atteindre une autonomie nationale en matière de production sucrière ; cette hausse de consommation ne se traduit donc pas par une augmentation du commerce international. La croissance d'ensemble de la consommation-production mondiale des agents édulcorants a été d'environ 2 à 2,5 % par année, depuis 1975.

La règle de l'industrie, en général, est la suivante : lorsque la consommation par habitant est inférieure à 15 kg par année, le marché de consommation du sucre d'usage domestique domine la consommation ; lorsqu'il dépasse 50 kg par année, ce sont les

Tableau 6. Consommation sucrière par habitant (nombre de pays par continent).

	Moins de 15 kg	15 à 50 kg	Plus de 50 kg
Europe	1	19	2
Amérique	1	28	7
Asie et Océanie	19	19	4
Afrique	29	21	1

Source : Nicol (1980).

secteurs de la transformation industrielle des aliments qui dominent. De 15 à 50 kg de consommation de sucre par habitant, l'équilibre se déplace progressivement en faveur du marché industriel puisque la consommation s'accroît. Le tableau 6 brosse une image globale de la consommation de sucre par habitant, par continent. On y voit que dans 50 pays, la consommation par habitant est inférieure à 15 kg par année. La plus grande partie des pays (87) se situe dans la fourchette de 15 à 50 kg par année. La plupart des pays des Antilles se rattachent à ce groupe, même s'ils se trouvent au haut de l'échelle. Ainsi, à Trinité-et-Tobago et en Guyane, la consommation par habitant oscille actuellement entre 44 et 46 kg, pour le sucre local seulement. Si l'on ajoute à ce chiffre le sucre importé dans les produits, on arrive à plus de 50 kg, une catégorie importante d'exception à la règle générale. La raison de ce genre d'exception est, bien sûr, la grande disponibilité locale du sucre combinée à des ventes à prix plus ou moins subventionnés, afin de diminuer le fardeau du coût de la vie, pour la consommation sucrière, chez les ménages à faible revenu. En d'autres mots, le sucre consommé à l'échelle locale dans la région est subventionné et cette subvention encourage sa surconsommation relative.

L'offre mondiale de sucre cristallisé s'est élevée à un peu plus de 98 millions de tonnes pendant les années 1982–1984, tandis que la consommation atteignait environ 93 millions de tonnes, soit une offre excédentaire au cours des 3 dernières années. Les données du tableau 7 illustrent les niveaux de demande-offre, selon les diverses régions. On y note le rôle des fournisseurs et des clients conventionnels de même que l'équilibre régional entre la production et la consommation qui donne lieu au commerce du sucre. L'émergence de l'Europe de l'Ouest comme grande région à production sucrière fortement excédentaire est sans doute la plus importante particularité de ces données. Pour toutes les années des données (1980–1984), la production de sucre a dépassé de façon substantielle la demande en Europe de l'Ouest, faisant ainsi de cette région une importante exportatrice de betterave à sucre, même si elle demeure un élément critique du marché d'importation mondiale pour la canne à sucre. Les données indiquent également que le déséquilibre habituel entre la production interne et la demande, en Amérique du Nord, même s'il est moindre, n'en demeure pas moins appréciable. Pendant les années 1980–1984, la production nord-américaine a atteint environ 58 % de la consommation ; c'est dire que l'Amérique du Nord continue d'être un gros importateur du sucre. Le même cas se retrouve en Europe de l'Est où, en dépit de l'accroissement de la production, l'offre est toujours considérablement inférieure à la demande. Les régions d'Afrique, d'Asie et d'Océanie affichent des déséquilibres moindres, à l'exception de l'Australie qui demeure un des principaux pays exportateurs de sucre.

Au tableau 8, les niveaux de production sucrière pour 1980–1984 donnent des comparaisons pour une production mondiale de SGHTF d'environ 2,8 millions de tonnes en 1980, 3,6 millions de tonnes en 1981, 4,1 millions de tonnes en 1982, 4,7 millions de tonnes en 1983 et 5,3 millions de tonnes en 1984. De ce chiffre, les

Tableau 7. Bilan mondial de sucre cristallisé, valeur brute (en millions de tonnes), 1980-1984.

	Offre					Demande				
	1980	1981	1982	1983	1984	1980	1981	1982	1983	1984
Total, pays d'Afrique ^a	5,96	6,84	11,17	10,04	11,08	6,71	6,90	8,51	8,59	8,72
Cuba	6,81	7,93	8,04	7,46	8,06	—	—	—	—	—
Total, pays d'Amérique centrale	12,70	13,70	14,31	14,06	14,67	5,03	5,08	5,49	5,29	5,48
États-Unis	5,31	5,79	5,42	5,21	5,37	9,33	9,07	8,31	8,07	7,65
Total, pays d'Amérique du Nord	5,40	5,89	5,55	5,35	5,50	10,34	10,01	9,25	9,08	8,68
Brésil	8,27	8,73	8,94	9,56	9,32	6,26	5,87	6,10	5,91	6,05
Total, pays d'Amérique du Sud	13,31	13,64	14,06	14,41	14,12	10,70	10,44	10,43	10,27	10,51
Inde	4,53	5,99	9,13	8,45	6,48	5,04	5,39	6,71	7,18	8,36
Total, pays d'Asie et d'Océanie ^a	18,57	21,91	24,17	25,47	24,37	22,14	22,69	24,68	25,96	27,77
Total, pays d'Europe de l'Est	11,97	11,80	12,91	14,47	13,47	17,71	17,67	18,47	18,75	18,93
CEE	13,55	15,48	15,51	12,30	12,72	10,97	10,59	10,69	10,53	10,45
Total, pays d'Europe de l'Ouest	16,67	18,84	19,47	16,59	16,66	15,07	14,74	14,89	14,66	14,63
Total mondial	84,60	92,24	101,43	96,81	95,81	87,71	87,54	91,72	92,60	94,71

Sources : Bulletin statistique de l'Organisation internationale de normalisation, bulletins des marchandises de Landell Mills (sucre).

^aAprès 1982, les données de l'Océanie sont rattachées à l'Afrique et non à l'Asie.

Tableau 8. Consommation mondiale d'agents édulcorants : prévision pour 1990 (en millions de tonnes métriques, équivalent de sucre brut).

	1950	1960	1970	1980	1990
Sucre cristallisé	31,0	48,3	72,1	91,0	115,0
Sucre non cristallisé	7,1	8,4	10,2	12,0	13,0
Édulcorants à base d'amidon	1,9	2,4	3,6	7,5	11,6
Édulcorants non caloriques	0,4	0,4	1,3	1,5	1,8
Total	40,4	59,5	87,2	112,0	141,4

Source : Earley (1980).

Tableau 9. Production et stocks mondiaux de sucre par rapport à la consommation, par campagne agricole.

Campagne débutant en septembre	Production totale en millions de tonnes	Stocks de fermeture comme pourcentage de la consommation
1972	75,1	22,1
1973	80,0	21,6
1974	78,5	24,5
1975	81,7	26,5
1976	86,3	30,3
1977	92,5	34,6
1978	91,1	34,2
1979	84,4	26,4
1980	87,7	27,4
1981	100,2	35,5
1982	97,4	38,6
1983	96,3	39,3

Source : USDA, Service de recherche économique, Sugar and Sweetener Outlook and Situation (divers numéros). Les chiffres des dernières années s'appuient sur les estimations faites par C. Czarnikow Ltd dans Sugar Review et sur les données des bulletins de marchandises de Landell Mills (sucre).

États-Unis d'Amérique ont produit 2,0, 2,5, 2,9, 3,4 et 3,8 millions de tonnes pendant chacune de ces années. Le tableau 8 renferme des prévisions allant jusqu'en 1990 pour la consommation mondiale d'agents édulcorants, par grandes catégories. Les données prévoient que, d'ici 1990, 81,3 % de la consommation d'édulcorants prendra la forme de sucre cristallisé et 9,2 % de sucre non cristallisé. La consommation d'édulcorants non caloriques représentera 1,3 % du total et les édulcorants à base d'amidon, 8,2 % du total, c'est-à-dire 11,6 millions de tonnes sur une consommation mondiale totale d'édulcorants de 141,4 millions de tonnes en 1990. À ce stade, il faut toutefois faire une mise en garde. La nature du marché et de l'industrie des édulcorants est telle que toute prévision quant à la production et à la consommation demeure invariablement risquée et il n'est pas surprenant de constater qu'à nombre de reprises par le passé, les estimations se sont écartées des performances réelles. Par conséquent, ces prévisions, de même que plusieurs autres présentées dans le cadre de la présente étude, devraient être utilisées avec circonspection.

Bien que nous ne nous donnions pas la peine de faire une analyse détaillée du marché sucrier mondial, certains aspects sont importants pour dresser la toile de fond de l'évaluation de l'industrie du SGHTF et de l'industrie surochimique. En premier lieu, le commerce international représente seulement 20 à 25 % de la production sucrière mondiale. On compte six grands importateurs : la Chine, l'URSS, le Japon, la CEE, le Canada et les États-Unis. Du volume global des échanges de sucre, seul un

Tableau 10. Prix au comptant du sucre brut (en cents US/lb).^a

Année	Prix mondial
1972	7,43
1973	9,61
1974	29,99
1975	20,49
1976	11,58
1977	8,11
1978	7,82
1979	9,74
1980	29,01
1981	17,33
1982	8,50
1983	8,58

^a 1 lb = 0,454 kg.

dixième à un sixième se transigent sur le marché libre. C'est dire que le marché libre est un marché résiduel dont la plus grande partie des rajustements concernant les excédents et les déficits mondiaux repose sur un petit pourcentage de la production sucrière. Le reste du commerce du sucre se fait dans le cadre d'ententes spéciales de commercialisation bilatérales et régionales. Le sucre de canne intervient pour près de 90 % du marché sucrier mondial.

Deuxièmement, le marché mondial du sucre fait face à des périodes de pénurie et de surabondance qui donnent lieu à d'importantes fluctuations des prix et des quantités de sucre vendues sur le marché libre. Ainsi, pendant 18 des 38 dernières campagnes agricoles (1945–1983), la production mondiale de sucre cristallisé a dépassé la demande mondiale. Les stocks de sucre ont fluctué d'un cinquième à près de deux cinquièmes de la consommation annuelle. Le tableau 9 donne une série chronologique de la production mondiale de sucre et des stocks de clôture en pourcentage de la consommation, tandis que le tableau 10 révèle les fluctuations des prix. (Il convient de souligner que les données du tableau 9 sont présentées selon la base de campagne). Les données du tableau 10 mettent en lumière la très forte instabilité des prix du sucre. Depuis 1950, cinq cycles bien définis ont été déterminés, chacun d'eux affichant l'ascension caractéristique des prix, suivie d'un déclin rapide. Les cinq cycles sont les suivants : 1951–1955 ; 1956–1961 ; 1962–1968 ; 1969–1977 ; 1978 à nos jours.

Comme une grande partie du marché sucrier fait l'objet d'ententes spéciales, les facteurs politiques et la politique gouvernementale ont grandement influencé le comportement des prix. Afin d'imposer ordre et harmonie dans ces accords, on signait, en 1977, le septième Accord international du sucre (AIS). Cet accord a pris fin en 1984, malgré plusieurs rencontres et conférences sur le sucre en vue d'en arriver à une nouvelle entente qui aurait été signée à l'expiration de l'AIS existant. Par conséquent, à l'exception d'accords purement administratifs, il n'existe actuellement aucun accord international sur les prix, les stocks, les contingents, etc., du sucre.

Les principales faiblesses de l'ancien accord résidaient surtout dans les modalités destinées à établir les tonnages à l'exportation, qui avaient donné lieu à des contingents beaucoup plus importants que les débouchés ; seuls quelques rares pays exportateurs avaient souffert de restrictions à l'exportation aux termes de ces dispositions. Les accords qui s'appuient sur des régimes de contingentement à l'exportation poussent les producteurs à un rendement élevé pendant les années de calcul des

contingents afin de profiter d'un accroissement de leurs contingents aux fins du régime. Ils sont également tentés de souscrire à l'accord avec des stocks aussi bas que possible afin de ne pas avoir à maintenir des stocks élevés pendant la durée de l'accord. Deuxièmement, les pays membres ont, fort à propos, ignoré leurs obligations de s'abstenir d'importer de pays non membres et, par conséquent, ce dernier groupe n'a eu aucune difficulté à exporter sa production. Troisièmement, la non-participation de la CEE qui, comme nous l'avons vu, est devenue dans le cadre de son régime d'aide à la production de sucre domestique un des grands producteurs, importateurs et maintenant exportateurs de sucre, a inévitablement rogné les ailes à l'efficacité de l'AIS actuelle.

La puissance du lobby des producteurs de betterave à sucre est telle que les politiques de la CEE en matière de sucre ont non seulement touché le commerce du saccharose, mais ont également entravé les progrès de la production de SGHTF dans cette région en faveur de la culture de la betterave à l'échelle nationale. Cependant, bien que la CEE subventionne sa propre production de sucre et, par conséquent, ses exportations, elle importe du sucre de canne aux termes des accords spéciaux de protectionnisme du protocole sucre CEE-ACP de la convention de Lomé, conséquence des relations coloniales antérieures de l'Europe en Afrique, aux Antilles et dans le Pacifique. À la suite de toutes ces considérations, l'AIS a joué un rôle négligeable dans la réglementation des prix du sucre, surtout lorsqu'on le compare avec les interventions au titre des régimes du même genre pour le cacao, le café et le caoutchouc. Comme nous l'analyserons plus loin dans le texte, les efforts de la CEE en vue d'appuyer l'industrie de la betterave à sucre en Europe constituent aussi le principal facteur visant à décourager l'expansion de sa production de SGHTF (Crott 1982a, b).

En raison de l'importance des facteurs politiques dans l'activité du marché mondial du sucre, l'éventail des pays qui négocient actuellement dans ce secteur accroît les difficultés que pose une approche globale à un régime sucrier approprié à l'échelle internationale. À l'heure actuelle, les grandes exportations de sucre se répartissent entre les pays largement tributaires du sucre pour l'obtention de leurs devises étrangères et où la plus grande partie du sucre produit est exportée (Cuba, République Dominicaine, Guyane), de grands producteurs qui ont une forte consommation interne, ce qui veut dire qu'une proportion relativement infime de la production totale est exportée (Brésil, Inde), et un troisième groupe de grands producteurs et exportateurs pour lesquels le sucre joue un rôle économique relativement peu important (CEE, Australie). Ces disparités ont donné lieu à des points de vue très différents concernant la nouvelle formule de l'AIS. Les pays en développement seraient en faveur d'une formule de coût par unité de produit, avec indexation des prix selon l'inflation. Les importateurs favorisent des plans minimisant les subventions aux producteurs non rentables, tout en disciplinant le marché. Tous les accords antérieurs s'appuyaient sur des mécanismes de réglementation de l'offre sous forme de contingents à l'exportation. Une majorité de pays est toujours partisane de cette méthode. La CEE, toutefois, favorise un régime d'actions et c'est là que les négociations aboutissent à une impasse.

Même si les États-Unis ne sont pas un des principaux exportateurs de sucre, ils sont néanmoins un important producteur et importateur. L'abandon de la U.S. Sugar Act en 1974, qui suivait de près l'expiration de l'Accord du Commonwealth sur le sucre, a nui au marché protégé traditionnel du sucre dans les Antilles. Depuis lors, les États-Unis poursuivent une politique de prix élevés du sucre dont l'effet a été

d'encourager, contrairement à la CEE, l'expansion de l'industrie du SGHTF tout en favorisant la production américaine de sucre de betterave et de canne. En mai 1982, les États-Unis ont imposé des contingents trimestriels à l'importation du sucre, pays par pays, tout en haussant le prix de stabilisation du marché du sucre à 19,88 cents la livre, de 19 cents qu'il était. Tout cela pour protéger les producteurs américains face à la menace d'un excédent mondial de sucre et de son incidence sur les prix puisqu'en 1982, la prévision moyenne du prix au comptant du sucre brut n'atteignait que 9,1 cents la livre. Comme nous l'avons déjà noté, cette position a été rajustée à un contingent annuel en octobre 1982, rendant ainsi le marché américain préférentiel du sucre fort peu attirant. Tous ces événements ont provoqué un déclin des importations américaines de sucre. Actuellement, on s'attend que les importations se stabilisent aux environs de 2 millions à 2 millions et demi de tonnes, soit la moitié des importations de la fin des années 70.

À l'heure actuelle, on peut dire que les sucres importés sont effectivement les concurrents directs du SGHTF, en particulier aux États-Unis. En effet, comme nous le verrons plus tard, la production du sirop de glucose à haute teneur en fructose étant moins dispendieuse que celle du sucre de betterave ou de canne aux États-Unis, l'incidence de sa croissance se répercutera sur le commerce mondial beaucoup plus qu'ailleurs. De plus, il est possible que toute interruption future de l'expansion et de la croissance du SGHTF aux États-Unis force le gouvernement à introduire des mesures axées d'abord et avant tout sur la limitation des importations. À cause de tout cela, la production de SGHTF aux États-Unis devient une industrie presque indélogeable.

Pour conclure, il faut remarquer que le sucre étant une denrée agricole produite selon des méthodes complètement différentes, sous des climats divers et d'après des régimes sociaux et des conditions de travail qui changent selon que les pays sont industrialisés ou en développement, il donnera toujours lieu à un marché très incertain et fort complexe. C'est cet aspect qui a poussé de plus en plus les pays en développement à encourager les groupements régionaux pour défendre leurs intérêts. L'approche conjointe Afrique-Pacifique-Antilles devant la CEE, enchâssée dans la convention de Lomé, n'est qu'un exemple de cette façon de faire. Une autre est la formation du groupe de pays exportateurs de sucre de l'Amérique latine et des Antilles (GEPLACEA), en 1974. Ce dernier groupe touche de 43 à 48 % de toutes les exportations mondiales de sucre. L'organisme régional est d'abord une agence de consultation, de coordination et de regroupement de l'information auprès des pays membres en ce qui a trait à la production et à la commercialisation d'après des prix justes et rémunérateurs de leur sucre et de leurs mélasses.

Chapitre 2

Innovation dans une industrie bien établie : le cas du SGHTF

L'évolution de la technique du SGHTF

L'industrie alimentaire utilise depuis toujours des micro-organismes dérivés de sources naturelles pour produire de nouveaux aliments, pour accroître la rapidité des aliments déjà connus et pour en modifier d'autres afin qu'ils puissent se conserver plus longtemps. Quelques exemples de ces procédés sont le brassage de l'ale, de la bière, etc., la fabrication de l'alcool et de produits laitiers et la production d'assaisonnements alimentaires comme la sauce soya. On sait aussi que l'amidon peut être converti en un agent édulcorant grâce à l'hydrolyse acide et que ce procédé est utilisé aux États-Unis à l'échelle commerciale pour la fécule, depuis 1850. Toujours aux États-Unis, on produit en 1866 du sucre de maïs ou dextrose cristallisé en quantités limitées. Les applications de l'usage conventionnel des enzymes et des levures demeurent toutefois limitées.

Ainsi, dans le cas de l'industrie du maïs, les usines d'extraction par voie humide savent, dès les années 1800, convertir du D-glucose (un aldose) en D-fructose (un cétose). C'est l'isomérisation et elle explique pourquoi, en Europe, le sirop de glucose à haute teneur en fructose porte le nom commercial d'isoglucose. Le procédé connu à cette époque consiste à traiter le glucose à l'aide d'un catalyseur alcalin possédant un pH élevé. Les applications de cette technique sont cependant limitées en raison de deux facteurs associés aux procédés. Le premier est la production excessive de sous-produits, en cours de processus de conversion, qui ont tendance à noircir le produit et à lui donner mauvais goût. Ce facteur vient souligner l'importance des propriétés autres que le pouvoir sucrant lors de la détermination des possibilités industrielles des agents édulcorants dont nous avons parlé au chapitre précédent. Il aurait été possible d'effacer ces effets indésirables, mais à un coût trop dispendieux pour que le produit soit commercialement rentable. Autres handicaps, le procédé est rudimentaire et consiste en réalité en réactions générales et non contrôlables limitant son utilisation industrielle.

Dans ces circonstances, la recherche sur l'isomérisation du sucre se poursuit mais porte, en grande partie, sur le métabolisme des hydrates de carbone dans les cellules animales et bactériennes et se concentre sur les pentoses (sucres à cinq atomes de carbone au lieu du D-glucose qui en possède six). Au cours des années 50, toutefois, on fait une découverte importante ; seuls les monosaccharides à l'état libre à l'extérieur de la cellule peuvent subir une cétolisomérisation en présence de l'enzyme appropriée. Cette dernière est l'*isomérase du xylose* ou sucre de bois. Cette découverte n'appartient toutefois pas à l'industrie sucrière ou alimentaire, mais bien à des biologistes et des scientifiques du milieu médical qui étudiaient le rôle des sucres dans le métabolisme du système biologique. On met du temps à apprécier l'importance des

travaux dans les industries d'extraction du maïs par voie humide ; il faut attendre que la publication de Hockster et Watson (1953, 1954) sur l'isomérase du xylose soit remarquée, «accidentellement», par Elder, directeur de la recherche chez CPC International. (Cette observation a été faite par Casey (1976) d'après un entretien personnel avec Elder. Pour connaître les débuts du SGHTF, voir Bode (1967) et Casey (1976).)

D'autres recherches se poursuivent en vue de trouver une isomérase du glucose capable de convertir le glucose en fructose en réarrangeant la structure moléculaire du glucose. La principale différence entre les deux sucres réside dans le fait que le glucose possède six atomes de carbone et le xylose, cinq. La recherche en laboratoire effectuée par Marshall et Kooi révèle que l'enzyme préparée à partir de *Pseudomonas hydrophilia* décrite dans la documentation comme isomérase spécifique du xylose fonctionne également comme isomérase du glucose dans la conversion du D-glucose en D-fructose. Cette découverte présente une importance particulière, car le D-fructose est beaucoup plus sucré que le D-glucose. Toutefois, il existe des limites à son application industrielle, et l'industrie du maïs n'adopte pas cette nouvelle découverte scientifique même si CPC présente une demande de brevet au nom du procédé élaboré par Marshall et Kooi (brevet américain n° 2950228, délivré le 23 août 1960).

La recherche générale en ce domaine se poursuit au cours des années 60, mais le centre d'intérêt se déplace vers le Japon. Là aussi, on s'attache plutôt à l'aspect biologique et la plupart des travaux se font dans des établissements de recherche et non pas au sein de l'industrie. L'orientation commerciale vers les aliments met du temps à parvenir à l'avant-plan et c'est plus tard seulement que l'industrie commence à s'y intéresser. En 1965, le chercheur japonais J. Sato rapporte que des bactéries filamenteuses, les *streptomycètes*, produisent une isomérase de glucose. Tsumura et lui présentent une demande de brevet japonais (n° 17640 délivré le 7 octobre 1966) pour les espèces *streptomycètes* (*actinomycètes*). Vers la même époque, Y. Takasaki, autre chercheur japonais à l'Institut japonais de recherche sur la fermentation, publie ses travaux sur la commercialisation du procédé. L'article souligne que le procédé est adapté à l'extraction en milieu humide pour la production de sirop de glucose à haute teneur en fructose. Une fois de plus, CPC achète les droits exclusifs en vue d'utiliser l'enzyme pour la production. Le brevet américain de Takasaki lui est accordé en 1971 (n° 3616221).

Malgré ces progrès favorables, l'industrie d'extraction du maïs en milieu humide ne répond pas particulièrement bien au procédé, l'ignorant même, car elle le croit trop dispendieux. Bien que cela reflète, en partie, son intérêt concernant la faisabilité commerciale, cela démontre aussi la réaction très lente aux innovations techniques qui se produit fréquemment dans une industrie déjà établie. Le principal facteur, un prix trop élevé, est attribué au coût des enzymes. À cette époque, on utilise des enzymes solubles selon un procédé de réaction en série, enzymes qui sont ensuite éliminées. Toutefois, une découverte dans le domaine de la technique enzymatique permet, grâce à un nouveau procédé d'immobilisation des enzymes, l'utilisation indéfinie des enzymes dans l'isomérisation. La possibilité de réutilisation des enzymes fait miroiter des coûts beaucoup moins élevés de production.

Il faut toutefois attendre 1967 pour que les États-Unis commencent la production commerciale du SGHTF, sur permission de Takasaki et du gouvernement japonais. La première production contient 15 % de fructose. Cette proportion passe ensuite à 30 % et, l'année suivante, à 42 %. On utilise toutefois l'ancienne réaction en série par l'isomérase de glucose soluble, délaissant la nouvelle technique d'immobilisation des

enzymes. Le SGHTF à 42 % produit en 1968 est la première vraie génération d'agents édulcorants à base de SGHTF. En 1972, cependant, Clinton Corn Processing Industry met de l'avant un procédé en continu utilisant des enzymes immobilisées.

Dix ans s'écoulent donc entre la découverte de l'isomérase de glucose et son utilisation commerciale généralisée. Deux facteurs semblent dominer dans la chronologie des progrès généraux au sein de l'industrie américaine. Le premier facteur est une poursuite en justice entre CPC International et Standard Brands Inc., qui annule la protection du brevet de base pour l'isomérisation du glucose en fructose, en 1975, et ouvre la voie à son emploi plus généralisé dans l'industrie. Deuxième facteur : l'ascension spectaculaire des prix du sucre de 1974 qui, à un moment donné, atteignent 66 cents la livre. Il n'en faut pas plus pour inciter les utilisateurs industriels à se tourner vers le SGHTF ; la capacité actuelle de l'industrie repose sur des décisions prises au cours de cette période puisque celle-ci, comme nous le verrons plus loin, est très sensible aux prix des agents édulcorants concurrentiels. La chute des prix du sucre, après 1975, provoque l'effondrement de cette industrie, en raison surtout de sa capacité excédentaire. Toutefois, on remarque un relèvement partiel des prix, vers 1980-1981, accompagné de toutes sortes d'améliorations techniques qui rendent l'industrie de plus en plus concurrentielle et lui confèrent optimisme pour son avenir commercial.

Nous reviendrons sur ces sujets dans le chapitre 4, mais il faut noter ici que la production de SGHTF offre une récupération des sous-produits (huile de maïs, maïs fourrage et semoule de maïs) allant de 40 à 60 % du coût du maïs par boisseau. Les prix de ces produits se raffermissent également au cours de la période 1980-1981, situation propice à l'expansion de l'industrie.

La conversion enzymatique du dextrose en fructose atteint son équilibre dans une conversion à 50 %, c'est-à-dire un composé liquide en proportions égales de D-glucose et de D-fructose, de sorte que le SGHTF à 42 % de fructose constitue la limite commercialement viable puisqu'il possède le même pouvoir sucrant que le sucre liquide.

Au sein de l'industrie, on tente bien sûr tout pour améliorer ce taux de conversion si bien qu'une nouvelle technique de fractionnement par séparation chromatographique du fructose, à partir du dextrose, au moyen de résines échangeuses d'ions réussit à produire, en 1978, du SGHTF à un taux de concentration de 55 %. Ce processus commercial est maintenant généralisé. Grâce à la nouvelle technique du fractionnement, il est théoriquement possible de produire un sirop de fructose à 100 % mais, à ce jour, les sirops à 55 % et, dans une proportion moindre, à 90 % sont les seuls fabriqués à l'échelle commerciale. Le produit à 55 % est de 10 % plus sucré que le saccharose, tandis que le produit à 90 % contient entre une fois et une fois et demie le pouvoir sucrant du saccharose et qu'il est largement utilisé dans les aliments dits « naturels » et autres domaines spécialisés. Le produit à 55 % s'obtient en mélangeant le produit à 90 % et le produit à 42 %.

La percée de la production enzymatique est très importante pour l'industrie. Aux États-Unis, c'est une des « nouvelles » industries de technologie en essor rapide. En effet, il existe actuellement plus d'une douzaine de producteurs microbiens différents de l'isomérase de glucose, dont six sont disponibles à l'échelle commerciale (Crott 1982a, b). Il y a également un large éventail de techniques d'immobilisation des enzymes et l'industrie recourt à plusieurs types de réacteurs. Ces derniers ont été classés comme suit : opération discontinue, lit fixe, mélange avec écoulement continu

et membranes ultracentrifugeuses. La technique la plus courante est celle en lit fixe (Crott 1982a, b). Même si l'enzyme isomérase de glucose est mise au point de façon génétique, elle est dispendieuse et exige une purification longue et complexe. On élabore actuellement de nouvelles techniques en vue de créer des enzymes sur mesure. Dans le cadre de ces recherches, on prévoit se servir d'une enzyme à bon marché et la transformer chimiquement et physiquement afin qu'elle se comporte comme une enzyme de coût plus élevé.

Même si l'on a réussi à surmonter les obstacles de la production des enzymes et que l'on continue de lui apporter des améliorations, le problème de la cristallisation commerciale du SGHTF demeure. Si l'on parvient à rentabiliser ce processus, le produit deviendra un concurrent direct du sucre ordinaire. Cetus Corporation (laboratoire californien de bioingénierie) s'est joint à Standard Oil Co. de Californie pour élaborer un procédé de cristallisation du fructose. La technique utilisée jusqu'à maintenant consiste à convertir le dextrose en fructose, mais différemment de la méthode pour le SGHTF. À ce jour, toutefois, le procédé est peu rentable comparativement au sucre et ce, dans toutes les utilisations. Nous reviendrons sur ce point dans le prochain chapitre.

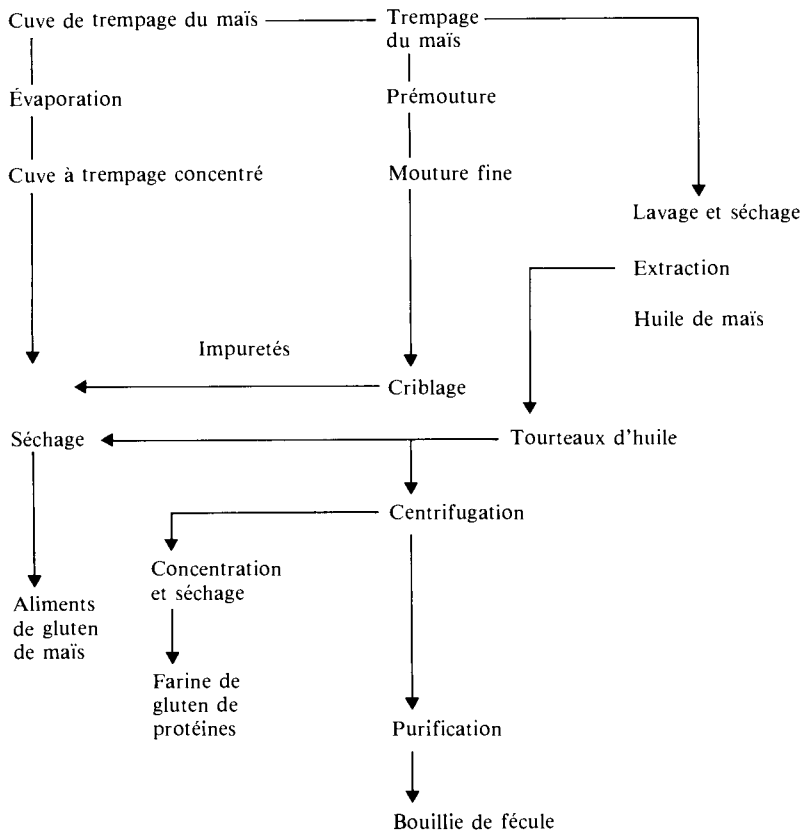


Fig. 1. Production du SGHTF — diagramme 1. Source : Crott (1982a, b).

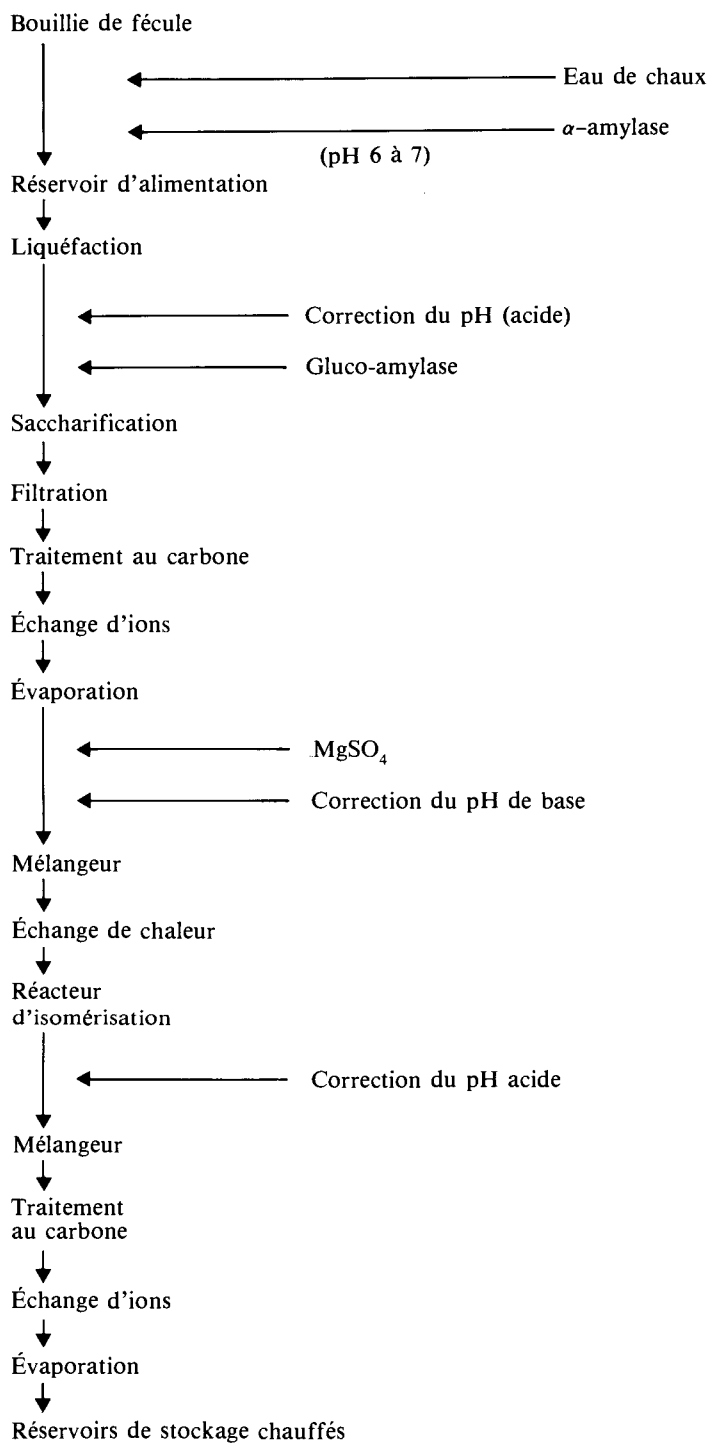


Fig. 2. Production du SGHTF — diagramme 2. Source : Crott (1982a, b).

Un aperçu schématique des procédés de production du SGHTF paraît aux figures 1 et 2. La figure 1 illustre la production du sirop de dextrose tiré du maïs, substrat de la conversion du fructose. Une fois le substrat obtenu, qui est la bouillie de fécule, le procédé d'isoglucose est celui illustré à la figure 2. Dans ce processus en continu, la bouillie de fécule, qui contient environ un tiers de solides secs, est liquéfiée au moyen de la α -amylase bactérienne et chauffée à une température d'environ 80 °C à 110 °C jusqu'à ce que le pH atteigne environ 6 à 7. Après une courte période de refroidissement (jusqu'à 60 °C), l'amidon liquéfié est saccharifié au moyen d'une gluco-amylase et par une correction du pH, qui est ramené à 4,0–4,5. Cette opération dure de 24 à 90 heures. Le résultat est un amidon saccharifié de dextrose à 94–96 %, mesuré à l'état sec. Le produit est par la suite décoloré au carbone et les ions de calcium que l'on avait ajoutés pour provoquer la liquéfaction sont enlevés pour prévenir leur désactivation de l'enzyme isomérase. Dans certains procédés, on passe outre à l'étape de désionisation lorsque les α -amylases conviennent telles quelles. Le dextrose raffiné est ensuite concentré (dans une proportion d'environ 40 à 45 % de solides) et placé dans un réservoir de malaxage avec divers sels ; on rajuste une fois de plus le pH à 7,0–8,5, selon le genre d'enzyme utilisée et le type de réacteur. À ce stage, c'est la teneur en dextrose du substrat qui détermine le rendement du produit fini. L'isomérase glucose ajoutée après cette étape vise uniquement à convertir le dextrose en fructose. Cela est possible, car le procédé en continu utilisant une isomérase de glucose immobilisée donne un sous-produit très peu important à cause du temps de contact très court entre l'enzyme et le substrat.

Une fois l'isomérisation terminée et environ la moitié du dextrose convertie en fructose, la solution est raffinée, le pH rajusté à 4,0–4,5 et le produit concentré à 71 % de solides secs, par évaporation. Dans le cas du SGHTF à 55 %, les solides secs représentent 77 %.

D'autres détails concernant la conception du réacteur et l'utilisation des enzymes seraient inutiles ici, mais le lecteur intéressé peut consulter le résumé de Crott (1982a, b). Il est important de noter, comme on l'a déjà mentionné, les divers types de réacteurs employés actuellement. La préférence accordée au réacteur à lit fixe s'explique par sa concentration plus élevée de glucose actif et un temps de contact plus court entre les enzymes et le substrat, ce qui aide à diminuer les coûts de production du SGHTF. L'efficacité des enzymes dépend également d'un certain nombre de paramètres : temps de contact entre le substrat et l'enzyme, pH, température, oxygène, taille des particules, pureté du sirop, présence d'ions métalliques, concentration du sirop, degré d'infection microbienne du jus, etc. Comme le souligne Crott, «c'est ici que le talent naturel et l'expérience de l'usager sont importants, lorsqu'il s'agit de choisir et de contrôler le meilleur mariage des paramètres» (Crott 1982a, b).

Observations analytiques

Un certain nombre d'observations analytiques importantes ressortent de notre courte enquête sur l'évolution de la technique du SGHTF. La première porte sur le vaste éventail des disciplines nécessaires à la création d'un processus et, par la suite, à sa mise en application dans une production à grande échelle. Tout d'abord, on remarque l'intérêt traditionnel des chimistes à l'égard du rôle des micro-organismes dans la production alimentaire, laquelle a fait de nouveaux progrès grâce à la technique enzymatique. Les chercheurs en médecine et en biologie ont joué un rôle

dans le métabolisme des sucres dans le corps humain en isolant l'enzyme et en élargissant les connaissances relatives au processus d'isomérisation. Il y a eu aussi ces scientifiques qui ont pris conscience des possibilités commerciales d'une découverte avant tout scientifique et qui ont joué un rôle important pour faire avancer cette découverte à l'étape d'application technique.

La convergence de ces diverses disciplines et la fusion de recherches scientifiques et d'innovations techniques de base n'ont toutefois pas été faciles ni directes. Un décalage s'est produit entre la mise au point du processus d'isomérisation fondamental et ses applications industrielles, soulignant de ce fait le *rôle crucial des intérêts pluridisciplinaires dans une réussite technique et la planification de la science et de la technologie (S & T)*. La documentation sur l'innovation technique prévoit en général un décalage marqué (habituellement huit à quinze ans) entre la découverte de l'innovation et son utilisation réelle. Ce décalage varie d'un produit à l'autre, les découvertes des secteurs chimiques et pharmaceutiques se situant à mi-chemin. Dans le cas du SGHTF, si l'on considère 1952–1953 comme l'année pivot de la découverte de base (Casey 1976), il aura fallu sept ans de recherche fondamentale et sept autres années de progrès techniques en plus des deux années consacrées par l'industrie pour commercialiser le tout, pour un total d'un peu plus de quinze ans.

En deuxième lieu, même si le gouvernement et les sociétés privées ont joué un rôle dans le développement du SGHTF (le gouvernement japonais, grâce à son Institut de fermentation, et les nombreuses minoteries des États-Unis, de l'Europe et du Japon), une grande partie des travaux importants a été effectuée dans les établissements de recherche. Ce facteur aide peut-être à justifier le décalage d'application des progrès scientifiques de l'industrie de la fécule de maïs, mais un point demeure, c'est qu'un aspect crucial de la planification en S & T devrait sans conteste être le réseau créateur de ce qui semble regrouper, à première vue, des organismes, entreprises et établissements indépendants et souvent étrangers les uns des autres.

En troisième lieu, la longue existence et les assises bien établies de l'industrie d'extraction du maïs par voie humide ont certainement dû entraver sa souplesse et sa créativité lorsqu'il s'est agi d'adopter les changements techniques décrits ici, comme en témoignent plusieurs facteurs. En effet, bien que l'industrie de l'amidon ait toujours appuyé la recherche enzymatique, elle s'est surtout penchée sur les hydrolases ou les produits de décomposition. La percée inhérente aux possibilités d'une catégorie différente d'enzymes capables de réorganiser la molécule de sucre D-glucose n'avait jamais été reconnue par l'industrie avant qu'Elder ne découvre «accidentellement» les travaux de Hockster et de Watson. Autre facteur, même après avoir pris connaissance de ces travaux, il aura fallu plus d'une décennie, jusqu'en 1965, pour que les extracteurs de maïs par voie humide des États-Unis manifestent de l'intérêt pour ces découvertes. Casey (1976) a sévèrement fustigé ces derniers de s'être laissés traîner les pieds. Enfin, même une fois les enzymes utilisées, l'industrie a été lente à adopter les techniques d'immobilisation alors mises au point. Comme le fait observer Casey (1976:30)

. . . le fait que les spécialistes industriels des hydrates de carbone aient méconnu, au début, les avantages techniques et l'incidence économique des processus d'immobilisation des enzymes s'avéra une omission coûteuse, attribuable à une piètre communication entre les disciplines scientifiques.

L'immobilisme de la créativité et de l'innovation associé aux industries bien établies donne lieu de longs intervalles entre les innovations ce qui, à son tour,

immobilise encore plus ces industries, créant ainsi une spirale malsaine de conservatisme technique.

La quatrième observation analytique est d'importance : le caractère intrinsèquement international de l'expansion de la technique du SGHTF. Les premiers travaux effectués aux États-Unis ont été suivis par une période de recherche concentrée sur l'isomérisation au Japon, appuyée par le gouvernement et les universités. La longue liste de publications provenant du Japon¹, de 1961 à 1969, témoigne avec éloquence des travaux accomplis dans ce pays. Les principales applications ont toutefois été réalisées, plus tard, aux États-Unis. La raison pour laquelle les Japonais, bien connus pour leur esprit inquisiteur et leur talent à tirer parti de toute découverte technique rentable, n'ont pas semblé saisir l'occasion offerte par leurs propres chercheurs et leurs progrès dans la technique du SGHTF s'explique par le peu d'intérêt du pays, à cause de la configuration de ses ressources, à l'évolution de la technique des agents édulcorants. Le Japon ne possède pas d'industrie à grande échelle de betterave à sucre et ne produit pas de maïs et la production conventionnelle de saccharose et de SGHTF repose largement sur des matières premières. Le rôle de chef de file joué dans l'expansion de l'industrie par les sociétés américaines reflète donc, en grande partie, le rôle mondial prépondérant des producteurs de maïs des États-Unis.

En cinquième lieu, signalons que, dès le début, il fallait surmonter trois obstacles de taille pour commercialiser le SGHTF, c'est-à-dire fabriquer un produit possédant une concentration supérieure à 42 %, produire et utiliser les enzymes de façon efficace, et cristalliser le produit final. Le premier de ces obstacles techniques a été surmonté grâce aux progrès de la technique du fractionnement, c'est-à-dire la séparation d'un mélange, habituellement des composés chimiquement apparentés ou semblables, en fractions possédant des propriétés différentes. Cette technique a été utilisée pour la cristallisation et la distillation de mélanges au moyen de colonnes de fractionnement.

On a surmonté le deuxième obstacle grâce aux progrès rapides de l'industrie des enzymes. En effet, l'industrie du SGHTF combine deux industries, celle des extracteurs de maïs par voie humide et celle des producteurs d'enzymes. Certains extracteurs produisent, bien sûr, leurs propres enzymes. On estime actuellement le marché américain des enzymes microbiennes à près de 200 millions de dollars US et le marché mondial, à environ 400 millions de dollars US. Des discussions avec des spécialistes de l'industrie laissent présager, en règle générale, une croissance annuelle d'environ 15 %.

Ces enzymes servent non seulement à la production du SGHTF, mais aussi à celle du gas-oil, au traitement des déchets, aux examens sanguins, etc. Nous reviendrons sur ce sujet dans la partie II sur les produits surochimiques, puisque les procédés de fermentation sont importants dans la mise au point de ces produits. L'expansion de la R & D et la capacité de production des enzymes expliquent la baisse marquée du coût des enzymes utilisées dans la production de SGHTF. Comme nous le verrons au chapitre 4, en 1972, le coût des enzymes représentait 16 % du coût total de production du SGHTF, mais il se situe actuellement à moins de 5 %. Plus

¹La liste des publications japonaises comprend : Tsumara et Sato (1961a, b); Takasaki et Tanabe (1962a, b); Nakate et Yoshimura (1963, 1964); Yamanaka (1963a, b); Takasaki (1966); Tsumura et al. (1967); Takasaki et al. (1969).

d'une centaine d'organismes ont déjà été agréés comme agents producteurs d'isomérases même si, comme nous l'avons déjà fait remarquer, seulement six d'entre eux sont largement utilisés, les entreprises se servant non seulement d'organismes différents mais de méthodes différentes d'immobilisation, chacune avec ses propriétés particulières.

En dépit de tous ces progrès, «la plupart des scientifiques croient qu'une autre percée sera nécessaire en génétique enzymatique ou qu'il faudra découvrir des variétés plus résistantes à la chaleur pour que des économies supplémentaires puissent être réalisées» (Nordland 1980:18). Bien que cela soit vrai pour certaines industries, en ce qui a trait au SGHTF, les économies de coûts prévues ne peuvent être que minimales. Il ne faut toutefois pas écarter les effets d'améliorations progressives de type marginal touchant la technique enzymatique et les milieux d'isomérisation.

Cetus Corporation, entreprise américaine, a utilisé une nouvelle avenue s'appuyant sur la conversion des oléfines. L'oléfine, un ion halide et un peroxyde d'hydrogène sont catalysés par une enzyme en une halohydrine alcène qu'une autre enzyme convertit par la suite en oxyde, lequel est prêt à réintégrer le cycle. On peut produire une variété d'oxydes avec seulement quelques petites modifications. L'ion halide est bon marché et recyclable. On peut améliorer le procédé grâce aux techniques de recombinaison de l'ADN qui s'emploient à modifier l'enzyme utile pour en obtenir un nombre plus élevé, ou on peut transplanter le code génétique des enzymes à un organisme différent mieux approprié aux opérations industrielles à grande échelle.

En ce qui a trait au troisième obstacle, la citation suivante du directeur général de la Division des agents édulcorants chez Tate and Lyle Ltd se passe d'explication (Nicol 1980:73) :

Si le SGHTF pouvait être converti en un solide granulé et stabilisé de façon économique, le saccharose serait très sérieusement menacé. Le problème technique n'est pas facile, mais la récompense est de taille, et on peut donc supposer que des recherches sont en cours dans ce domaine.

Les représentants de l'industrie consultés indiquent constamment que les recherches vont bon train et que la commercialisation d'un procédé de cristallisation ne devrait pas tarder. Si tel était le cas, la menace pour le saccharose serait en effet sérieuse ; même sans cela, comme nous le verrons dans les prochains chapitres, la menace qui pèse actuellement est néanmoins redoutable.

La dernière observation que j'aimerais faire découle de la relation entre le maïs et le SGHTF. J'y ai déjà fait allusion, la fabrication du SGHTF donne des sous-produits importants qui ont des répercussions économiques décisives sur la production du SGHTF lui-même. En outre, le maïs peut servir à produire non seulement du SGHTF, mais un produit entièrement différent, l'éthanol, à l'aide du même procédé de fermentation. Ce produit, à son tour, peut être employé soit comme charge d'alimentation chimique soit, comme c'est plus souvent le cas, de diluant à essence. La canne à sucre a déjà servi à cette fin, surtout au Brésil, dans le cadre du programme de gas-oil. Cette autre utilisation du maïs est possible avec plus ou moins le même schéma d'usine et les mêmes procédés de production. En effet, la flexibilité est telle qu'elle s'étend aux mêmes sous-produits (huile de maïs, tourteaux et farine de maïs) que dans la production de SGHTF. Cette souplesse d'orientation de l'usine donne à l'éthanol produit à partir du maïs une meilleure concurrence stratégique lorsqu'on le compare à l'utilisation de la canne à sucre, accroissant de ce fait la menace pesant sur la stabilité d'une industrie de saccharose fondée sur le sucre de canne.

Aux États-Unis, on est d'avis que l'éthanol possède le meilleur «potentiel immédiat» de toutes les ressources renouvelables pour contrer la crise énergétique actuelle. Dans cette perspective, Nordland a fait observer que «le maïs et le sorgho grain [sont] les produits de base les plus intéressants en termes de disponibilité et d'attrait économique» (Nordland 1980:18). En effet, le gouvernement américain a offert un encouragement limité à son utilisation comme diluant à essence. La production américaine actuelle totalise environ 60 millions de gallons (227,12 millions de litres) et on estime qu'elle pourrait atteindre 300 à 900 millions de gallons (1135,62 à 3406,86 millions de litres) cette année. En 1980, deux producteurs américains de maïs ont réorienté leur capacité de production vers l'éthanol, face à une «surabondance» de SGHTF, notamment Archer-Daniels-Midland à Cedar Rapids et CPC International à Pekin, en Illinois. Pour conclure, il faut noter que les États-Unis consomment en moyenne plus de 300 millions de tonnes d'essence par année. Le remplacement de 10 % de cette quantité équivaldrait à 2,5 fois la consommation annuelle totale d'éthanol à 95 % d'alcool.

Chapitre 3

L'organisation de l'industrie du SGHTF

Organisation à l'échelle mondiale

On produit à des fins commerciales le sirop de glucose à haute teneur en fructose en quantités importantes aux États-Unis, au Japon, au Canada et au sein de la Communauté économique européenne ; on en produit également en quantités moindres dans plusieurs pays ne faisant pas partie de la CEE et dans quelques pays d'Asie, d'Amérique latine et d'Afrique. On évalue actuellement la production mondiale totale, à la fin de l'année 1984, à 5,3 millions de tonnes. Ce chiffre dépasse légèrement les prévisions antérieures de l'industrie, ce qui souligne l'expansion rapide de cette dernière. Le tableau 11 illustre les prévisions de la production mondiale de SGHTF pour la période 1980–1985. Les données font état d'une production mondiale totale, en 1980, de 2,8 millions de tonnes qui devrait doubler d'ici la fin de 1985. Ce taux de croissance particulièrement élevé est survenu dans tous les secteurs de production.

Les données indiquent également que les États-Unis constituent de loin le principal producteur de SGHTF. Non seulement ont-ils mis au point le processus commercial, mais ils ont aussi produit environ 75 % de la production mondiale totale en 1980. Depuis, malgré l'apport accru des autres pays, la part américaine de la production mondiale n'a connu aucune baisse et devrait représenter près des trois quarts de celle-ci d'ici la fin de 1985. Déjà en 1974, moins de 5 % de la production de SGHTF présentait une teneur de 55 % (deuxième génération de SGHTF). À la fin de

Tableau 11. Production mondiale de SGHTF, 1980–1985 (en milliers de tonnes, à l'état sec).

Pays/région	1980	1981	1982	1983	1984	1985
États-Unis	2 045	2 540	2 900	3 385	3 800	4 100
Canada	42	85	110	140	165	190
Total pour l'Amérique du Nord	2 087	2 625	3 010	3 525	3 965	4 290
CEE	185	192	187	185	185	185
Autres pays de l'Europe de l'Ouest	60	85	85	95	110	120
Total pour l'Europe de l'Ouest	245	277	272	280	295	305
Total pour l'Europe de l'Est	15	30	45	75	80	100
Japon	365	525	590	625	660	690
Corée du Sud	16	55	92	95	115	140
Autres pays d'Asie	1	5	8	10	40	100
Total pour l'Asie	382	585	690	730	815	930
Total pour l'Amérique latine	40	45	50	65	80	110
Total pour l'Afrique	—	—	—	—	20	40
Total mondial	2 769	3 562	4 067	4 675	5 255	5 775

Source : Études de marchandises de Landell Mills (1979–1984).

Tableau 12. Prévisions de la production mondiale de SGHTF (en millions de tonnes).

	1984–1985	1989–1990
Earley (1980)	4,0	5,1
Vuilleumier (1981a, b)	5,6	—
Vuilleumier (1983)	5,2	—
GATT-FLY (1980)	4,0	—
Hagelberg et Ahlfeld (1981)	4,5	5,5
Koutras et Greditor (1981)	5,2	—
Thomas (1984)	5,6	—
Études de marchandises de Landell Mills (1979–1984)	5,7	—

1984, les installations en place fabriquant ce produit de deuxième génération s'approprieraient plus de la moitié du marché total du SGHTF. La production mondiale de SGHTF à 90 % demeure toutefois négligeable, les États-Unis étant les seuls à en produire une petite quantité (environ 100 000 t).

Dans les sections suivantes, nous étudierons en détail l'organisation des grands secteurs de production de l'industrie et ses principaux marchés et nous ferons des prévisions de sa production future. Il serait peut-être utile de brosser le tableau complet en notant brièvement les chiffres de la production totale prévue à l'échelle mondiale. Le tableau 12 résume quelques-unes des prévisions actuellement disponibles et les dates auxquelles elles ont été faites.

Les prévisions d'Earley (1980:42–49), qui vont jusqu'en 1989–1990, sont déjà dépassées, de même que celles de GATT-FLY. Mes propres prévisions s'appuient sur la capacité actuelle et les niveaux de production jumelés aux changements de capacité prévus pour la fin de 1984, tout en accordant un décalage de deux à trois ans entre l'annonce des changements planifiés de production et les changements réels. Le principal avantage de ces prévisions, à l'instar des prévisions faites par Vuilleumier et les études de marchandises de Landell Mills est leur caractère récent. L'écart dans les prévisions présentées dans le tableau est toutefois considérable, variant de 4 à 5,7 millions de tonnes. Cependant, le fait que le rendement inscrit et les changements réels de capacité annoncés aux États-Unis dépassent certaines des premières prévisions laisse croire que les estimations à la hausse sont les plus fiables. En terminant, deux points méritent notre attention dans cet aperçu préliminaire de la production globale. Le premier, qui ne ressort pas clairement des tableaux, c'est que la presque totalité de la production mondiale de SGHTF est vendue sur les marchés nationaux des pays producteurs, à l'exception d'un certain commerce du Canada vers les États-Unis. À cette exception près, le commerce international des produits découlant du SGHTF est négligeable. En second lieu, l'industrie a connu des changements si rapides et si phénoménaux qu'il est difficile de faire des prévisions. Les prévisions les plus basses pour 1984–1985 sont celles qui ont été faites les premières (1980). Depuis, les événements ont pris le pas sur les hypothèses des divers auteurs et nous portent à nous demander jusqu'où dans le temps il est possible de faire des prévisions exactes.

L'industrie américaine

Les États-Unis sont le chef de file de l'industrie mondiale des agents édulcorants et le premier producteur de tous les principaux édulcorants : sucre de canne, sucre de

betterave, sirop de maïs, dextrose, édulcorants non caloriques de même que SGHTF. C'est également un gros importateur d'agents édulcorants — en particulier le sucre de canne fabriqué dans les pays en développement. Par conséquent, les événements qui surviennent aux États-Unis ont une incidence profonde sur l'avenir de l'industrie à l'échelle mondiale. Comme nous l'avons déjà noté, les États-Unis sont de loin le plus grand producteur mondial de SGHTF. La matière première sur laquelle repose sa capacité de rendement est le maïs que ce pays récolte. Les États-Unis occupent le premier rang au monde pour la production de cette céréale, avec environ 170 millions de tonnes, soit à peu près la moitié de la production mondiale de maïs, tandis que les exportateurs de maïs américains, à eux seuls, s'approprient près de 75 % du commerce mondial de cette denrée. Plus des trois quarts du maïs produit ont surtout servi, jusqu'à maintenant, à l'alimentation du bétail pour répondre aux demandes des industries de la viande et des produits laitiers.

Le tableau 13 donne une estimation des livraisons d'agents édulcorants alimentaires, aux États-Unis, pour les années 1975 à 1982, de même que des prévisions jusqu'en 1985. Ces données indiquent qu'entre 1975 et 1982, la consommation de saccharose a affiché une reprise après 1975, mais qu'en 1980, le niveau de consommation était revenu à celui de 1975. Depuis, la tendance à la baisse se poursuit.

La consommation de dextrose est faible et ne présente aucune tendance définie contrairement à celle de SGHTF qui s'est accrue considérablement. Dans une mesure beaucoup moins large, on remarque également une hausse de la consommation de sirop de maïs. Cette situation a donné lieu à une montée relativement rapide des livraisons d'édulcorants à base de maïs comparativement à celles de sucre de canne et de betterave. En 1975, les livraisons d'édulcorants tirés du maïs figuraient pour 24 % des livraisons totales tandis qu'actuellement, elles interviennent en moyenne pour 40 %. Pendant cette même période, la croissance générale des livraisons d'édulcorants a été légèrement supérieure à 10 %.

L'analyse des tableaux 12 et 14 illustre sans détour la croissance fulgurante de la consommation de SGHTF. Ainsi, en 1975, la consommation par habitant de SGHTF n'était que de 2,3 kg ; en 1985, on l'évalue à 14,1 kg, soit un accroissement par un facteur de plus de 6. Il faut également noter au tableau 14 la baisse de la consommation par habitant de dextrose et de saccharose. Les livraisons de sirop de maïs ont affiché un très faible accroissement au niveau de la consommation par habitant, passant de 8,0 kg en 1975 à 8,3 kg en 1985. Par conséquent, la consommation totale, par habitant, d'édulcorants à base de maïs est passée de 12,6 kg en 1975 à 24,4 kg en 1985. La consommation totale d'édulcorants, entre temps, atteignait 53,6 kg par habitant en 1975 et n'est montée que de 7 % pour s'établir à 57,4 kg, en 1985.

Si l'on passe aux prévisions des tableaux 13 et 14, il convient d'abord de souligner la méthode de calcul utilisée par l'auteur. Ce dernier prévoit un déclin annuel approximatif de 4 % de la consommation de saccharose au cours de la période, en raison d'une substitution au profit des édulcorants à base de maïs. En ce qui a trait au sirop de maïs et au dextrose, il prévoit un taux de croissance annuel minime de 0,2 %. Les taux de croissance du SGHTF sont toutefois marqués, avec un bond de 15 % prévu pour 1983–1984 et un autre de 10 % pour 1985. Ces chiffres reposent tous sur ses estimations des livraisons pour 1981. Si l'on s'y fie, les agents édulcorants à base de maïs représenteront 48 % du marché total des édulcorants, en 1985, le SGHTF accaparant à lui seul 30 % du marché. On s'attend également à ce que la consommation de saccharose décroisse de façon substantielle, et qu'elle ne figure plus en 1985

Tableau 13. États-Unis : livraisons prévues d'agents édulcorants alimentaires (1975-1985) (en milliers de tonnes métriques, à l'état sec).

Année (a)	Saccharose (b)	Sirop de maïs (c)	SGHTF (d)	Dextrose (e)	Total maïs (f) (Col. c + d + e)	Total agents édulcorants (g) (Col. b + f)	% du maïs (h)
1975	8 734	1 714	482	499	2 695	11 429	24
1976	9 235	1 728	715	499	2 942	12 177	24
1977	9 410	1 759	942	413	3 114	12 524	25
1978	9 232	1 796	1 221	385	3 402	12 634	27
1979	9 119	1 819	1 543	390	3 752	12 871	29
1980 ^a	8 545 (8 600)	1 882 (1 852)	1 905 (2 045)	398	4 185 (4 295)	12 730 (12 895)	33 (33)
1981 ^a	8 203 (8 375)	1 920 (1 909)	2 286 (2 540)	406 (364)	4 612 (4 813)	12 815 (13 188)	36 (35)
1982 ^a	7 875 (8 100)	1 958 (2 050)	2 743 (2 900)	414 (485)	5 115 (5 435)	12 990 (13 535)	39 (42)
1983 ^a	7 560	1 997	3 154 (3 385)	422	5 573	13 133	42
1984	7 258	2 037	3 628	431	6 096	13 354	46
1985	6 968	2 078	3 990	439	6 507	13 475	48

Source : Vuilleumier (1981a, b) et les statistiques du marché sucrier de l'USDA (différents numéros).

^a Les chiffres entre parenthèses sont des estimations révisées de la production réelle pour 1980-1983, d'après des publications récentes.

Tableau 14. États-Unis : livraisons prévues d'agents édulcorants alimentaires (1975-1985) (kg/habitant, à l'état sec).

Année (a)	Saccharose (b)	Sirop de maïs (c)	SGHTF (d)	Dextrose (e)	Total maïs (f) (Col. c + d + e)	Total agents édulcorants (g) (Col. b + f)	% du maïs (h)
1975	41,0	8,0	2,3	2,3	12,6	53,6	24
1976	43,0	8,0	3,3	2,3	13,6	56,6	24
1977	43,5	8,1	4,3	1,9	14,3	57,8	25
1978	42,3	8,2	5,6	1,8	15,6	57,9	27
1979	41,4	8,3	7,0	1,8	17,1	58,5	29
1980	38,0	6,2	8,7	1,6	18,5	56,5	33
1981	36,0	8,3	10,5	1,6	20,4	56,7	36
1982	33,7	8,0	12,5	1,9	22,4	56,1	40
1983	33,0	8,1	13,0	1,9	23,0	56,0	41
1984	33,0	8,2	13,6	1,9	23,7	56,7	42
1985	33,0	8,3	14,1	2,0	24,4	57,4	43

Source : Vuilleumier (1981a, b, 1983) et statistiques du marché sucrier de l'USDA (divers numéros).

que pour la moitié du marché des édulcorants. Bien que les prévisions de livraison et de consommation d'édulcorants soient particulièrement aléatoires, les estimations de Vuilleumier ne s'écartent pas beaucoup de la réalité. Les chiffres entre parenthèses du tableau 13 représentent les livraisons réelles pour les années 1980–1983 et on ne constate pas d'écart important dans ses prévisions de production du SGHTF, si ce n'est une tendance à une légère sous-estimation.

La nature complexe de l'industrie des édulcorants et sa grande sensibilité aux fluctuations de production en raison de changements des prix, de la température, de facteurs politiques et d'autres circonstances sont trop bien connues pour minimiser les difficultés inhérentes au calcul de projections. En effet, au moment d'aller sous presse (deuxième trimestre de 1985), le prix du sucre stagnait toujours à un niveau incroyablement bas. L'engorgement de l'offre mondiale de sucre semble se poursuivre et on croit même, dans certains milieux, que si ces conditions demeurent, l'industrie du SGHTF pourrait bien faire face à une capacité excédentaire, transformant les prévisions réservées des tableaux 13 et 14 en des projections exagérément optimistes. Même si cela est vrai, le facteur manifeste de sous-capacité est largement à l'avant-plan à l'heure actuelle, en particulier à la suite d'importantes décisions, favorables à l'expansion du SGHTF, annoncées récemment. La plus importante est celle de Coca Cola et de Pepsi Cola d'approuver l'utilisation complète de cet édulcorant dans leurs opérations. Si cette mesure entre en vigueur, les ventes au marché des boissons pourraient, à elles seules, atteindre entre 2,75 et 3 millions de tonnes de SGHTF.

Les données figurant au tableau 15 donnent une estimation de la production de SGHTF, par produit. Elles expriment les attentes selon lesquelles la deuxième génération de SGHTF, c'est-à-dire la variété à 55 %, deviendra le principal produit de l'industrie du SGHTF, remplaçant la variété à 42 %. Comme l'indiquent les données, le produit à 55 % représentait seulement 11 % de la production totale de l'industrie en 1978, mais, on prévoit que celle-ci pourra monter jusqu'à 59 % en 1985.

Les données des livraisons industrielles de SGHTF et de sucre, par catégorie de sous-produits, font l'objet du tableau 16. Ces données révèlent nombre de points intéressants. D'abord, les principales ventes de SGHTF s'adressent clairement à l'industrie des boissons, aux boulangeries–pâtisseries et aux conserveries. Le marché de l'industrie des boissons est de loin le plus important de ces grands marchés puisqu'il a absorbé 62 % de toutes les ventes et représenté 57 % du marché total des boissons, pour les agents édulcorants, en 1983. Les autres entreprises de fabrication de boissons suivront sans doute les décisions récentes prises par les deux grands fabricants de leur industrie, influant ainsi de façon marquée sur l'expansion du marché du SGHTF. En effet, lorsqu'on sait que Coca Cola a changé de formule seulement

Tableau 15. États-Unis : livraisons prévues de SGHTF, par produit : 1978, 1980, 1982, 1985
(en milliers de tonnes métriques, à l'état sec).

Genre de produit	1978		1980		1982		1985	
	10 ³ t	%	10 ³ t	%	10 ³ t	%	10 ³ t	%
42 %	1 085	89	1 293	68	1 588	50	1 636	41
55 %	136	11	612	32	1 588	50	2 354	59
Total	1 221	100	1 905	100	3 176	100	3 990	100

Source : Vuilleumier (1981a, b, 1983).

Tableau 16. États-Unis : livraisons de sucre industriel et de SGHTF par marché (1980-1981)
(en milliers de tonnes métriques, à l'état sec).

	Sucre				SGHTF				Pourcentage de SGHTF dans le marché des édulcorants			
	1980	1981 (est.)	1982	1983	1980	1981 (est.)	1982	1983	1980	1981 (est.)	1982 (est.)	1983 (est.)
Boissons	2 160	1 960	1 632	1 540	990	1 302	1 995	2 100	31	40	55	57
Boulangeries-pâtisseries	1 340	1 135	1 305	1 331	470	391	420	431	26	25	24	24
Aliments en conserve	590	485	230	205	410	305	363	396	41	43	61	66
Produits laitiers	450	432	405	400	180	176	185	189	29	29	31	32
Aliments traités	540	396	205	175	120	101	193	230	18	20	48	57
Confiseries	930	816	934	962	10	11	20	21	1	1	1	1
Total des industries	6 010	5 244	4 711	4 613	2 180	2 286	3 176	3 367	36	31	40	42

Source : Vuilleumier (1981a, b) et Smith (1982).

trois fois au cours de son histoire, on ne peut tout simplement pas ignorer les conséquences à long terme de cette décision, vu l'importance du marché des boissons gazeuses. Deuxièmement, même si les ventes aux conserveries et aux aliments traités interviennent pour beaucoup moins du tiers des ventes faites au secteur des boissons gazeuses, la proportion allant au SGHTF est assez élevée, soit 66 et 57 % respectivement. Troisièmement, la plus petite part du marché du SGHTF va à la confiserie. Dans ce cas, c'est l'impossibilité de fabriquer un produit cristallisé qui a constitué le facteur décisif.

Les données du tableau 17 illustrent la structure du marché américain du saccharose pour 1979–1981. L'analyse de ces données révèle que moins de 40 % du saccharose sert à des fins non industrielles, les utilisations industrielles allant de 61 à 63 % du saccharose total. L'adage voulant que «le sucre appartient au foyer, le SGHTF à l'industrie» exprime bien la menace que fait planer le SGHTF sur le marché industriel. L'organisation de ce marché est donc particulièrement importante pour notre enquête. Les données de ce tableau indiquent clairement que les grands marchés industriels sont d'abord celui des boissons gazeuses, suivi de la boulangerie et des céréales, puis de la confiserie. Vient ensuite le marché des aliments en conserve, de la crème glacée et des produits laitiers et des aliments divers. La proportion du marché appartenant au saccharose peut être comparée avantageusement à la pénétration théorique possible de ces marchés par le SGHTF. Le tableau 18 présente trois estimations de ce genre, dont une de Rivero (1980) et les deux autres de Vuilleumier (1981a, b, 1983).

Même si l'on ne remarque que quelques différences dans le tableau, toutes les estimations reconnaissent le changement complet de l'industrie des boissons aux produits du SGHTF. Rivero prévoit une substitution totale et Vuilleumier un changement à 90 %. Rivero voit aussi une substitution complète dans les conserveries, mais Vuilleumier, avec une première estimation de 60 %, la révisé ensuite à 70–75 %. Les

Tableau 17. États-Unis : organisation du marché du saccharose.

Marché industriel	Utilisation réelle		
	1979	1980	1981
Boissons	22,9	22,8	20,1
Aliments en conserve	8,1	6,2	5,3
Crème glacée et produits laitiers	4,9	4,7	5,0
Boulangeries-pâtisseries et céréales	11,2	14,1	14,2
Aliments traités divers	6,0	5,7	6,3
Confiseries	8,2	9,8	10,7
Total	61,3	63,3	61,6
Marché non industriel	38,7	36,7	38,4

Source : Barry et Gilbert (1981) et USDA (1981, 1982).

Tableau 18. États-Unis : SGHTF — estimations de la pénétration théorique à long terme par marché (%).

Produit	Rivero 1980	Vuilleumier 1982	Vuilleumier 1983
Boissons	100	90	90
Aliments en conserve	100	60	70–75
Produits laitiers	50	30	35
Aliments traités divers	50	40	60–65
Boulangeries-pâtisseries et céréales	25	25	25
Confiseries	20	5	5

Source : Rivero (1980) et Vuilleumier (1981a, b, 1983).

autres grands secteurs commerciaux sont ceux des produits laitiers et des produits divers auxquels Rivero accorde 50 % au SGHTF et Vuilleumier 30 et 40 % respectivement, dans sa première estimation, pour ensuite réviser ses chiffres à 35 et 60–65 % respectivement. Les deux auteurs donnent une pénétration de 25 % dans le secteur des boulangeries–pâtisseries et des céréales. Dans toutes ces estimations, le marché de la confiserie est celui qui est le moins touché — renforçant ainsi l'importante lacune technique du SGHTF, c'est-à-dire un produit non cristallisé. Toutefois, les projections varient de façon significative, Rivero accordant une estimation de 20 % et Vuilleumier, de 5 % seulement.

Le tableau 19 donne les livraisons estimées de SGHTF par marché. On remarque une fois de plus dans ces estimations la prédominance du marché des boissons et le rôle limité du marché de la confiserie. Au tableau 20, les chiffres réels de 1980 sont inscrits en parallèle avec l'estimation de production de Vuilleumier pour 1980 (faite en 1980) et 1983 (faite en 1983), ainsi que ses deux estimations de leurs parts du marché (faites en 1981 et 1983) pour l'année 1985. Ces estimations révèlent des variations, mais les données confirment l'ordre des marchés fourni par Vuilleumier, même s'il existe des différences entre les pourcentages réels et les pourcentages estimés, les plus significatives intéressant l'industrie des boissons et des aliments en conserve.

Avant d'abandonner la question de la distribution du marché du SGHTF, quelques observations glanées au cours d'entrevues et de discussions avec des représentants de l'industrie méritent d'être mentionnées. On a répété à maintes reprises que la croissance de la part du marché du SGHTF dans la confiserie est limitée par l'impossibilité de fabriquer du fructose cristallisé à un prix concurrentiel. L'affinité du produit liquide à l'humidité rend son utilisation impossible dans l'industrie de la confiserie, bien que certains producteurs de confiseries emploient des quantités

Tableau 19. États-Unis : livraisons prévues de SGHTF par marché, 1980–1985
(en milliers de tonnes métriques, à l'état sec).

	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Boissons	967	1 302	1 676	2 000	2 354	2 669
Boulangeries–pâtisseries	385	391	423	440	497	502
Aliments en conserve	288	305	328	366	413	432
Produits laitiers	168	176	187	198	204	211
Aliments traités	88	101	116	130	138	147
Confiseries	9	11	13	20	22	29
Total	1 905	2 286	2 743	3 154	3 628	3 990

Source : Prévisions de McKeany-Flavell Co. Inc. avec rajustements, tel que cité dans Vuilleumier (1981a, b).

Tableau 20. États-Unis : part du marché du SGHTF (%).

Marché principal	Proportion prévue du marché du SGHTF				Proportion réelle 1980
	1980	1983	1985	1985	
Boissons — gazeuses et non gazeuses	51,0	62	67	62	45
Boulangeries–pâtisseries	20,0	13	12	12	22
Aliments en conserve	15,0	12	11	12	19
Produits laitiers	9,0	6	5	5	8
Aliments traités y compris les confitures et autres produits semblables	4,5	7	4	8	6
Confiseries	0,5	1	1	1	0,5

Source : Statistiques de l'USDA et Vuilleumier (1981a, b, 1983).

limitées de SGHTF. Pour le marché des boulangeries–pâtisseries, il semble, d'après les entrevues accordées, que la plus grande partie de l'accroissement de ce marché à ce jour soit survenue en remplaçant le dextrose par du SGHTF, les progrès de ce dernier produit touchant donc surtout la catégorie des édulcorants tirés du maïs. Dans l'industrie des aliments en conserve, le problème est le suivant : le SGHTF noircit le produit et ce défaut en a, jusqu'à maintenant, restreint l'utilisation. Pour terminer, dans l'industrie laitière, la croissance du SGHTF piétine à cause de la tendance de ce produit à abaisser le point de congélation de la crème glacée. Tous les obstacles techniques énumérés ici peuvent pourtant être surmontés, théoriquement. Reste à savoir si on peut le faire à un prix concurrentiel. L'industrie espère être en mesure d'y parvenir comme en témoignent ses projets d'expansion de la capacité de production qu'elle a déjà annoncés.

Enfin, les données du tableau 21 révèlent qu'aux États-Unis, 11 entreprises, possédant 17 usines situées surtout dans le Midwest, fournissent la production de SGHTF. Les plus importantes sont Archer Daniels Midland et A.E. Staley (avec environ un quart chacune de la capacité totale). Elles sont suivies de Cargill et de Clinton. À elles seules, ces quatre entreprises représentent près des trois quarts du marché total. Si on y ajoute CPC International (10 %) et Hubinga (5 %), ces six entreprises interviennent pour 90 % du marché. Un point sur lequel nous reviendrons plus loin dans la présente étude tient au fait que les sociétés productrices de SGHTF aux États-Unis ont également des investissements importants dans le sucre de canne et de betterave de même que dans le maïs et les produits alimentaires comme la fève de soya et la farine. Pour résumer, notons les points suivants :

- a) Les États-Unis sont le plus gros producteur mondial de SGHTF, et cette capacité devrait s'accroître rapidement au cours des cinq à dix prochaines années.
- b) La plus grande partie de cette nouvelle production fera intervenir la deuxième génération de SGHTF, soit la variété à 55 %.
- c) Les grands marchés du SGHTF seront ceux des boissons, suivis des boulangeries–pâtisseries et des aliments en conserve ; le plus petit marché sera celui de la confiserie.
- d) La croissance des parts du marché dépendra de certains progrès techniques en matière de cristallisation, mais déjà la possibilité théorique de pénétration du marché du saccharose est considérable.
- e) La croissance du SGHTF s'inscrit dans le contexte d'une croissance statique ou décroissante de l'ensemble du marché des édulcorants aux États-Unis.
- f) Les entreprises américaines de cette industrie ont une organisation fortement oligopolistique ainsi qu'une production diversifiée, en particulier des quantités importantes d'autres substituts édulcorants.

L'industrie canadienne

Les marchés canadiens d'agents édulcorants, en général, et de SGHTF, en particulier, sont beaucoup moins importants que ceux des États-Unis. Contrairement aux États-Unis, toutefois, les prix canadiens du sucre suivent les prix mondiaux de sorte que la production de SGHTF ne jouit d'aucune protection spéciale. Actuelle-

Tableau 21. États-Unis : expansion de la capacité de production du SGHTF à 42 % et à 55 % par les entreprises (en millions de livres à l'état sec/an.)^a.

Firmes	Capacité réelle			Variation prévue				Capacité prévue			
	1980	1980	1981	1981	1982	1982	1983	1983	1983	1983	1983
	(42 %)	(55 %)	(42 %)	(55 %)	(42 %)	(55 %)	(42 %)	(42 %)	(55 %)	(42 %)	(55 %)
American Maize Products	250	—	(75)	325	—	—	—	175	325	142	269
Amstar	250	—	—	—	—	200	—	250	200	150	200
Anheuser-Busch	75	—	—	—	—	—	—	75	—	—	—
Archer Daniels Midland	1 100	400	(100)	850	—	—	—	1 000	1 250	1 000	1 250
CPC International	310	—	235	—	245	100	—	790	100	760	100
Cargill	260	—	(50)	260	160	280	—	370	540	400	620
Clinton	670	300	(150)	135	—	—	—	520	435	520	450
Great Western	30	70	—	—	—	—	320	110	390	30	70
Hubinger	320	170	—	—	—	—	—	320	170	320	170
Holly Sugar	100	—	—	—	—	—	—	100	—	100	—
Saley (A.E.) Mfg.	770	620	—	570	—	—	460	770	1 650	895	1 475
Total	4 135	1 560	(140)	2 140	405	580	780	4 480	5 060	4 317	4 604
Total cumulé	4 135	1 560	3 995	3 710	4 400	4 280	5 060	—	—	—	—
Demande prévue	2 992	1 388	3 182	2 142	3 385	3 305	5 100	—	—	—	—
Excédent de capacité (%) ^b	38	12	26	72	30	30	24	—	—	—	—

Note : 1 lb = 0,454 kg.

Source : Vuilleumier (1980, 1981a, b, 1983) et Barry et Gilbert (1981).

^aLes chiffres entre parenthèses donnent la capacité convertie au SGHTF à 55 %.

^bEn pourcentage de la demande. Il faut allouer environ 14 % aux fluctuations saisonnières.

ment, la production du SGHTF s'établit à moins de 200 000 t. À l'instar des États-Unis, le marché des édulcorants à base de maïs a connu une croissance rapide entre 1975 et 1984, figurant pendant cette dernière année pour environ le tiers du marché total d'édulcorants comparativement à plus de 40 % aux États-Unis. Le Canada ne produit pas de dextrose et importe des États-Unis ce dont il a besoin. Il produit du sirop de maïs et les estimations révèlent qu'à la fin de 1984, son avance sur le SGHTF sera inversée. Les tableaux 22 et 23 comparent les données canadiennes comme on l'avait fait pour l'industrie américaine. Il faut noter ici que la production canadienne de SGHTF n'a débuté qu'en 1979. Tout comme aux États-Unis, la consommation de saccharose par habitant a régressé pour passer de 43,5 kg par habitant en 1975 à 34,4 kg en 1984. Le niveau de consommation de saccharose par habitant, au Canada, dépasse légèrement celui des États-Unis, mais dans l'ensemble, la consommation d'agents édulcorants aux États-Unis est supérieure.

Les chiffres de ces deux tableaux révèlent que la production canadienne de SGHTF devrait atteindre 290 000 t d'ici la fin de 1985, ou 23 % de la consommation

Tableau 22. Canada : consommation estimée d'agents édulcorants alimentaires (1975–1985)
(en milliers de tonnes métriques, à l'état sec).

Année	Saccharose	Sirop de maïs	SGHTF	Dextrose	Total maïs	Total édulcorants	% du maïs
1975	987	76	0	16	92	1 079	8,5
1976	901	84	0	17	101	1 002	10,0
1977	1 039	92	0	18	110	1 149	9,6
1978	1 027	100	0	19	119	1 146	10,4
1979	1 051	108	10	18	136	1 187	11,5
1980	1 000	118	42	19	179	1 179	15,0
1981	960	125	90 (85)	19	234	1 194	19,4
1982	912	121	110 (110)	20	250	1 162	21,5
1983	885	140	190 (140)	20	350	1 235	28,3
1984	850	148	240	21	409	1 259	32,5
1985	816	156	290	21	467	1 283	36,4

Note : La production réelle de SGHTF pour 1980–1983 est indiquée entre parenthèses. Pour 1975–1980, les chiffres pour le saccharose proviennent de F.O. Licht ; les chiffres pour les édulcorants à base de maïs ont été estimés par McKeany-Flayell. Pour 1980–1985, les chiffres pour le saccharose tiennent compte d'une baisse annuelle prévue de 4 % en raison de la pénétration du marché des édulcorants à base de maïs ; la croissance du taux de production du sirop de maïs a été évaluée à 6 % par année et celle du dextrose, à 3 % par année. Toujours pour cette même période, les chiffres concernant le SGHTF supposent un accroissement annuel de 50 000 tonnes en raison d'une expansion de la capacité de production.

Source : Vuilleumier (1981a, b).

Tableau 23. Canada : consommation estimée d'agents édulcorants alimentaires, 1975–1985
(en kg/habitant, à l'état sec).

Année	Saccharose	Sirop de maïs	SGHTF	Dextrose	Total maïs	Total édulcorants	% du maïs
1975	43,5	3,3	0,0	0,7	4,0	47,5	8,5
1976	39,2	3,6	0,0	0,7	4,3	43,5	10,0
1977	44,7	3,9	0,0	0,7	4,6	49,3	9,6
1978	43,8	4,3	0,0	0,7	5,0	48,8	10,4
1979	44,5	4,6	0,4	0,8	5,8	50,3	11,5
1980	41,9	4,9	1,7	0,8	7,4	49,3	15,0
1981	39,9	5,1	3,7	0,8	9,6	49,5	19,4
1982	37,4	5,0	4,5	0,8	10,3	47,7	21,5
1983	36,1	5,7	7,7	0,8	14,2	50,3	28,3
1984	34,4	6,0	9,7	0,9	16,6	51,0	32,5
1985	32,7	6,2	11,6	0,9	18,7	51,4	36,4

Source : Vuilleumier (1981a, b).

totale et 37 % de la consommation industrielle des agents édulcorants. On prévoit que la consommation de saccharose passera de 81 % de la consommation totale d'édulcorants qu'elle était en 1981 à 64 % en 1985. Tout comme aux États-Unis, les prévisions s'appuient sur une baisse annuelle de 4 % des livraisons de saccharose entre 1980 et 1985, mais on prévoit une croissance annuelle de 6 % du sirop de maïs au cours de la même période. La capacité de production du SGHTF se fonde sur une augmentation de 50 000 t par année jusqu'en 1985, mais ce dernier chiffre n'a pas été atteint. La production réelle de 1983 s'est établie à 140 000 t, affichant un retard d'un an sur les augmentations prévues de la production annuelle. À intervalles réguliers, le Canada tend à exporter une partie de son SGHTF aux États-Unis, de sorte que les prévisions de la consommation nationale ne coïncident pas avec la croissance de la production. Comme le Canada ne subventionne pas sa production de SGHTF dans la même mesure que le font les États-Unis, elle est plus sensible aux fluctuations des prix du sucre importé que dans le cas des États-Unis ; ce facteur a sans contredit entravé les plans d'expansion de l'industrie à cause des prix au comptant exceptionnellement bas du sucre.

Les données du tableau 24 soulignent que la croissance marginale du SGHTF de deuxième génération entre 1981 et 1985 sera plus importante que celle de la variété à 42 %, selon les attentes de cette industrie. Le tableau 25 donne également les parts du marché de la consommation de sucre au Canada. Comme on peut s'y attendre, le classement ressemble à celui des États-Unis, sauf pour une inversion du rang occupé par les divers aliments traités et les aliments en conserve. Les chiffres cités dans ce tableau sont tous estimés et devraient être interprétés avec circonspection même si, dans l'ensemble, ils suivent les tendances que pourrait révéler une analyse actuelle.

Le tableau 25 donne les possibilités de pénétration à long terme du SGHTF pour chacun des principaux secteurs du marché, au Canada. En règle générale, on accorde des niveaux plus bas de pénétration du SGHTF sur le marché canadien, comparative-ment aux prévisions touchant le marché américain. Les différences observées semblent surtout attribuables aux différents niveaux d'expansion industrielle atteints et à la structure particulière du marché des édulcorants dans les deux pays. Toutefois, la très grande proximité du cœur industriel canadien et de la région américaine de culture du maïs rend impossible la séparation des deux marchés.

Tableau 24. Canada : capacités estimées de production de SGHTF (en milliers de tonnes métriques, à l'état sec).

	Capacité additionnelle prévue					
	1981		1982		1985	
	42 %	55 %	42 %	55 %	42 %	55 %
Canada Starch						
Cardinal	59		15	12		12
Port Colborne ^a			50	51	50	51
Zymaize Company						
London	90	23		23		34
Totaux	149	23	65	86	50	97
Totaux cumulés	149	23	214	109	264	206

Source : Vuilleumier (1981a, b). Estimations tirées des données gouvernementales et d'Agriculture Canada.

^aProduction de SGHTF à 42 et à 55 % prévue pour la fin de 1982, avec possibilité d'atteindre environ 450 millions de livres (1 livre = 0,454 kg). Les chiffres supposent une distribution égale entre la production à 42 et à 55 %, à partir de 1982.

Tableau 25. Canada : consommation estimée de sucre industriel par industrie et prévisions de la pénétration à long terme du SGHTF (%).

Industrie	Consommation prévue de sucre industriel par industrie	Pénétration théorique à long terme du SGHTF
Boissons	33	70
Boulangeries-pâtisseries	16	20
Aliments traités	15	25
Aliments en conserve	13	40
Produits laitiers	10	20
Confiseries	10	5
Autres	3	—

Source : Vuilleumier (1981a, b).

Pour conclure, il faut noter que deux grandes sociétés contrôlent le marché canadien. L'une d'elle, Zymaize, est une filiale de Tate and Lyle Ltd de Londres, Angleterre, et l'autre, Canada Starch, est une filiale de CPC International. Comme le Canada affiche une balance commerciale déficitaire au titre du sucre et du maïs, il s'ensuit que les investissements des STN dans le SGHTF canadien dépendent autant de l'intégration et de l'accès du Canada au marché américain du maïs qu'aux producteurs de maïs canadiens.

L'industrie japonaise

En raison de la configuration de sa base de ressources, le Japon est un importateur de sucre et de maïs, mais rien ne l'oblige à accroître sa production de SGHTF, même si les chercheurs japonais ont contribué largement aux innovations techniques qui ont mené à l'élaboration de ce produit. Les Japonais, toutefois, réglementent depuis longtemps leur marché sucrier national de façon à soutenir les producteurs de sucre de canne et de betterave et, depuis 1965, offrent les subventions sucrières les plus élevées au monde. Il n'est donc pas surprenant qu'un écart de prix se soit créé en faveur du SGHTF, encourageant ainsi son expansion. La production a commencé en 1977 pour déboucher en octobre 1982 sur une réglementation visant à contrôler la production de chaque fabricant de SGHTF.

Le marché japonais des édulcorants est important, totalisant environ 3,6 millions de tonnes en 1982, soit près de 25 à 28 % du marché américain. À cause du niveau élevé d'industrialisation au Japon, la demande industrielle de sucre est forte et représente environ 60 % de la consommation totale. Tout comme aux États-Unis, la consommation de saccharose a peu augmenté de 1975 à 1983. Cependant, on estime que la consommation de SGHTF atteindra au total entre 700 000 et 800 000 t au cours de la présente année. Dans l'ensemble, la consommation d'édulcorants à base de maïs est passée de 14 % de la consommation totale d'édulcorants en 1975 à environ 33 % à la fin de 1985 ; la consommation de SGHTF, inexistante à l'origine, est passée à près des trois quarts des édulcorants à base de maïs consommés au cours de l'année actuelle.

Malgré le niveau élevé d'industrialisation du Japon, la consommation de saccharose par habitant est évaluée à environ 20 kg en 1985 ou près des deux tiers du chiffre observé aux États-Unis. La consommation totale d'édulcorants par habitant est

Tableau 26. Japon : livraisons estimées d'agents édulcorants alimentaires, 1975-1985 (en milliers de tonnes métriques, à l'état sec).

Année	Saccharose	Sirop de maïs	SGHTF		Dextrose	Total maïs	Total édulcorants	% du maïs
			42 %	55 %				
1975	2 725	316	—	—	120	436	3 161	14
1976	2 979	380	—	—	138	518	3 497	15
1977	3 159	353	162	—	146	661	3 820	17
1978	2 967	294	218	—	141	657	3 624	18
1979	3 130	304	251	—	144	699	3 829	18
1980	2 870	270	285	90	145	790	3 660	22
1981	2 795	270	150	300	140	860	3 655	24
1982	2 711	273	177	341	141	932	3 643	26
1983	2 630	276	208	388	142	1 014	3 644	28
1984	2 551	279	244	441	144	1 108	3 659	30
1985	2 475	282	285	503	145	1 215	3 690	33

Source : Vuilleumier (1981a, b).

Tableau 27. Japon : livraisons estimées d'agents édulcorants alimentaires, par habitant, 1975-1985 (en kilogrammes, à l'état sec).

Année	Saccharose	Sirop de maïs	SGHTF	Dextrose	Total maïs	Total édulcorants	% du maïs
1975	24,5	2,8	—	1,1	3,9	28,4	14
1976	26,5	3,4	—	1,2	4,6	31,1	15
1977	27,8	3,1	1,4	1,3	5,8	33,6	17
1978	25,9	2,6	1,9	1,2	5,7	31,6	18
1979	27,1	2,6	2,2	1,2	6,0	33,1	18
1980	24,6	2,3	3,2	1,2	6,7	31,3	22
1981	23,7	2,3	3,8	1,2	7,3	31,0	24
1982	22,8	2,3	4,4	1,2	7,9	30,7	26
1983	21,9	2,3	5,0	1,2	8,5	30,4	28
1984	22,1	2,3	5,7	1,2	9,2	30,3	38
1985	30,3	2,3	6,5	1,2	10,0	30,3	33

Source : Vuilleumier (1981a, b).

également évaluée à un peu plus de 30 kg pour 1985, soit un peu plus de la moitié de la consommation américaine. Il n'est donc pas surprenant que la consommation de SGHTF par habitant demeure relativement basse, soit environ 6,5 kg pour 1985, ou moins de la moitié de la consommation prévue aux États-Unis. Les données pertinentes figurent aux tableaux 26 et 27 de même que des prévisions pour 1985. Ces dernières s'appuient sur les postulats suivants :

a) une baisse annuelle de 4,3 % de la consommation de saccharose, comparativement à 4 % aux États-Unis ;

b) les livraisons de sirop de maïs et de dextrose sont estimées sur la base d'une croissance annuelle de 1 % pour la période, comparativement à une augmentation de 2 % aux États-Unis ;

c) on prévoit un accroissement annuel de 15 % du SGHTF comparativement à des accroissements américains échelonnés de 20 % pour 1981-1982, 15 % pour 1983-1984 et 10 % pour 1985.

Dans ses prévisions pour le Japon, Vuilleumier classe le SGHTF dans un rapport de 60 à 40, pour les variétés à 55 et à 42 %. Il prévoit que le marché global des édulcorants à base de maïs accroîtra sa part du marché à 33 % du total, le SGHTF s'appropriant environ 20 % de ce total.

Le tableau 28 donne une idée de la capacité de production de SGHTF par fabricant et genre de produit. Les données indiquent une organisation commerciale moins oligopolistique qu'aux États-Unis. Le plus gros fabricant s'approprie environ 16 % de la capacité totale, celui qui le suit, environ 14 %, et les deux suivants, à peu près 23 % ; ensemble, quatre entreprises interviennent pour 53 % de la capacité de production. On peut comparer ces dernières avec les quatre grandes sociétés américaines dont relève environ 75 % de la capacité au pays. Les données de ce tableau révèlent aussi que plus de la moitié de la capacité actuelle est consacrée au SGHTF à 42 %, mais l'augmentation de cette capacité favorisera sans doute, comme c'est le cas au Canada et aux États-Unis, la production du sirop à 55 %.

Tableau 28. Japon : capacités annuelles estimées de production du SGHTF et niveaux réels de production, 1981-1982 (en tonnes métriques à l'état humide y compris avec 25 % d'humidité).

Fabricant	Emplacement	Capacités de production		Niveaux de production ^a	
		SGHTF-42 %	SGHTF-55 %	SGHTF-42 %	SGHTF-55 %
Showa Sangyo	Ibaraki-ken	42 000	42 000	19 000	27 400
Gunei Kagaku	Gunma-ken	24 000	18 000	10 400	14 900
Gunei Kagaku	Hokkaido	18 000	18 000	3 600	10 400
Sanmatsu Kogyo	Chiba-ken	96 000	78 000	57 000	53 000
Sanmatsu Kogyo	Fukuoka-ken	30 000	18 000	27 000	25 000
Aito	Aichi-ken	96 000	—	39 000	—
Nihon Corn Starch	Aichi-ken	96 000	108 000	39 600	38 200
Sanwa Denpun Kogyo	Nara-ken	72 000	72 000	44 800	48 600
Nihon Denpun Kogyo	Kagoshima-ken	36 000	42 000	23 300	23 300
Kato Kagaku	Aichi-ken	120 000	108 000	54 500	54 500
Nihon Shokuhin Kako	Shizuoka-ken	72 000	96 000	59 500	34 000
Autres		103 000	60 000	24 800	47 100
Total		805 000	660 000	402 500	376 400

Sources : Toshoku America Inc., New York et Tokyo, et Vuilleumier (1983).

^aOn a supposé que les niveaux de production pour l'année financière 1981 suivaient la courbe de consommation.

Tableau 29. Japon : marchés estimés du sucre et du SGHTF en 1981-1982 (%).

	Sucre	SHGTF
Boissons	22	62 ^a
Confiseries	22	—
Sucre d'usage domestique	20	—
Boulangeries-pâtisseries	11	10
Aliments traités	14	7
Produits laitiers	5	7
Autres	6	14

Source : Toshoku America Inc., et Vuilleumier (1983).

^aComprend les boissons gazeuses, le lait et les jus.

Le tableau 29 présente la distribution du marché du SGHTF et du sucre au Japon. À l'instar des courbes précédentes observées en Amérique du Nord, environ les deux tiers des ventes vont à l'industrie des boissons, les boulangeries-pâtisseries arrivant en deuxième avec 10 % et les aliments traités et les produits laitiers avec 7 % respectivement. La catégorie «divers» représente 14 % du marché total du SGHTF. Aucune vente n'a lieu sur le marché de la confiserie et du sucre d'usage domestique.

L'industrie de la CEE

En raison de la taille et du niveau d'industrialisation des pays d'Europe de l'Ouest, on s'attendrait à une croissance rapide du SGHTF à cet endroit. Cela n'est cependant pas le cas en raison surtout de la politique délibérée de restriction de la croissance du SGHTF au sein de la Communauté économique européenne. Étant donné le rôle prépondérant de la politique de la CEE au niveau des forces du marché, nous commencerons par une brève description de cette politique, car si on la comprend mal, les données présentées dans les tableaux subséquents perdent une grande partie de leur valeur.

En 1967, dans un effort visant à restaurer le créneau commercial de l'amidon, la CEE introduit des mesures afin d'en subventionner la production. Le but est de rétablir la position concurrentielle de l'amidon face aux produits pétrochimiques (p. ex., le papier), mais en 1974, on accorde aussi cette subvention aux producteurs qui fabriquent le glucose à partir de maïs, de fécule de maïs et de fécule de pomme de terre. Cette subvention se prolonge jusqu'en 1975 dans le cadre d'une réglementation régissant l'organisation commune du marché des céréales de la communauté. Cependant, vers cette époque, la production de SGHTF (appelé isoglucose en Europe) commence et bénéficie de la subvention. En 1977, on renverse cette politique. La subvention au SGHTF est abandonnée au moment où la capacité de production s'accroît et plusieurs plans sont annoncés par les producteurs afin d'augmenter encore plus leur production. Si ces projets avaient été menés à bien, ils auraient constitué une menace sérieuse pour la production de betterave à sucre de la CEE qui était, à ce moment-là, encouragée partout en Europe.

Dans la CEE, le sucre de betterave est assujéti à un impôt de production, lié entre autres choses au protocole sucre de la convention de Lomé passée entre la CEE et l'ACP. Afin de maintenir la part du marché du sucre de betterave, on étend cet impôt au SGHTF. On annonce aussi que les producteurs de SGHTF doivent aider à assumer les coûts d'exportation des excédents de sucre de la Communauté. Les producteurs de

SGHTF contestent ces mesures politiques devant les tribunaux européens et réussissent, en octobre 1978, à faire invalider l'impôt tel qu'appliqué.

À la suite de cette décision, la Commission de la CEE propose un système de contingents de production semblable à celui du sucre. Essentiellement, on divise la production de SGHTF en trois parties : un contingent de base ou contingent A, calculé d'après la production antérieure, un contingent B égal à 27,5 % du contingent A, sur lequel est prélevé un impôt, et un contingent C qui doit être exporté à l'extérieur de la Communauté, sans aucune aide financière de cette dernière. Après être contestés, ces accords sont déclarés non valides par les tribunaux européens à cause de vices de procédure ; la Communauté les modifie et les présente de nouveau, mais, fait surprenant, avec un effet rétroactif. Le régime dure jusqu'en 1980. En 1981, on instaure une nouvelle réglementation commune à l'égard du sucre et du SGHTF pour les cinq années suivantes. Cette réglementation limite, dans son essence, la production de SGHTF de la CEE à un plafond de 200 000 t pour la période en cause.

Les pressions qui existent au sein de la CEE en vue de limiter sa production de SGHTF proviennent non seulement des producteurs de betterave qui, on le constate déjà, font l'objet d'un régime préférentiel de la part de la Communauté au détriment des producteurs de SGHTF et de sucre de canne importé, mais aussi du groupement des pays producteurs de sucre de canne de l'ACP qui veulent absolument préserver leur place sur le marché. On remarque ici une convergence bien définie d'intérêt chez les producteurs de sucre de betterave de la CEE dans leur lutte pour préserver les marchés contre la concurrence du SGHTF. Pour cette raison, il serait juste de conclure que les forces du marché exerceront une influence beaucoup moins importante qu'en temps normal sur la production du SGHTF de la CEE.

Lorsqu'on examine l'industrie du SGHTF de la Communauté, on remarque aussitôt que cette dernière est un importateur net de maïs puisqu'elle ne produit qu'environ 60 % de ses besoins intérieurs. Cependant, la CEE possède un marché industriel important, complexe et fortement diversifié où la demande de sucre liquide est assez substantielle. Les données du tableau 30 illustrent la consommation d'agents édulcorants de la CEE pour l'année sucrière 1980-1981. On constate que la consommation totale d'édulcorants dépassait 11 millions de tonnes comparativement à 12,7 millions de tonnes aux États-Unis. La consommation de sucre de canne et de sucre de betterave s'élevait à 9,8 millions de tonnes, en hausse sur celle des États-Unis (8,2 millions de tonnes). Cela révèle à la fois l'aide accordée au sucre de betterave au

Tableau 30. CEE : consommation estimée d'agents édulcorants alimentaires (1980-1981) (en milliers de tonnes métriques, à l'état sec).

Pays	Sucre	Sirop de maïs	SGHTF	Dextrose	Total maïs	Total édulcorants	% du maïs
Belgique	355	32	11	19	62	417	14,9
Danemark	240	14	1	8	23	263	8,7
France	2 030	80	26	45	151	2 181	6,9
Allemagne	2 150	135	55	70	260	2 410	10,8
Irlande	165	28	0	15	43	208	20,7
Italie	1 775	65	18	35	118	1 893	6,2
Pays-Bas	660	80	30	43	153	813	18,8
Royaume-Uni	2 380	380	35	55	470	2 850	16,5
Total	9 755	814	176	290	1 280	11 035	11,6

Source : Vuilleumier (1981a, b).

sein de la Communauté et ses engagements aux termes de la convention de Lomé. La contribution des édulcorants à base de maïs dans la consommation totale d'agents édulcorants s'élevait à 11,6 %, comparativement à 35 % aux États-Unis, 24 % au Japon et 19 % au Canada. En 1981, la production de SGHTF de la Communauté ne totalisait que 176 000 t, soit 14 % de tous les édulcorants à base de maïs utilisés ou 1,6 % de la consommation totale d'édulcorants. La production de SGHTF en Europe en fait donc une des grandes régions industrielles occidentales les moins développées à ce titre. Comme l'indiquent les données du tableau, au sein de la Communauté européenne, les principaux producteurs de SGHTF sont l'Allemagne de l'Ouest, le Royaume-Uni, la France et les Pays-Bas, mais leurs rendements (le plus élevé s'élevant à 55 000 t, en Allemagne de l'Ouest) sont relativement bas.

On retrouve les mêmes données au tableau 31 selon une base par habitant. Ici, on peut observer que les Pays-Bas sont les plus grands utilisateurs de SGHTF, mais avec une consommation de 2,1 kg par année seulement. La consommation d'édulcorants en Europe est très forte, passant de 61,1 kg en Irlande à 33,1 kg en Italie. Quatre pays,

Tableau 31. CEE : consommation estimée d'agents édulcorants alimentaires par habitant, 1980-1981 (en kilogrammes, à l'état sec).

Pays	Sucre	Sirop de maïs	SGHTF	Dextrose	Total maïs	Total édulcorants	% du maïs
Belgique	36,1	3,3	1,1	1,9	6,3	42,4	14,9
Danemark	46,8	2,7	0,2	1,6	4,5	51,3	8,7
France	37,9	1,5	0,5	0,8	2,8	40,7	6,9
Allemagne	35,2	2,2	0,9	1,1	4,2	39,4	10,7
Irlande	48,5	8,2	0,0	4,4	12,6	61,1	20,6
Italie	31,1	1,1	0,3	0,6	2,0	33,1	6,0
Pays-Bas	46,9	5,7	2,1	3,0	10,8	57,7	18,7
Royaume-Uni	42,7	6,8	0,6	1,0	8,4	51,1	16,4

Source : Vuilleumier (1981a, b).

Tableau 32. CEE : contingents, production et capacités estimées de SGHTF à 42 % (isoglucose), 1981-1985/1986 (en tonnes, à l'état sec).

Pays/entreprise	Contingent de base «A»	Contingent «B»	Total des contingents	Production	Capacité
Belgique					
Amylum/Aalst	56 667	15 583	72 250	75 000	80 000
Danemark	—	—	—	—	—
France					
Roquette Frères/Lille	15 887	4 135	20 022	20 000	35 000
Grèce					
Biamyl	6 376	1 502	7 878	6 000	13 000
ZAAE	4 146	976	5 122	5 000	10 000
Allemagne de l'Ouest					
Maizena/Hambourg	28 882	6 802	35 684	35 000	55 000
Irlande	—	—	—	—	—
Italie					
FRAGO/Milano	10 704	2 645	13 228	11 761	20 000
SPAD/Spinola	5 865	1 257	7 243	7 572	10 000
Pays-Bas					
DZB	7 426	1 749	9 175	7 000	20 000
Royaume-Uni					
Tunnel Ref. Ltd./Londres	21 696	5 787	27 483	28 000	45 000
Total	157 649	40 436	198 085	195 333	288 000

notamment le Danemark, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et l'Irlande, consomment annuellement plus de 50 kg et, sauf l'Italie, l'Allemagne de l'Ouest (39,4 kg par année) est le seul pays affichant une consommation annuelle inférieure à 40 kg par année.

Pour finir, le tableau 32 présente des données sur la répartition des contingents de SGHTF pendant la période 1981-1985/1986, et les capacités de production des diverses entreprises de la CEE. Ces données indiquent une capacité de production totale de 288 000 t, comparativement à une production réelle de 195 333 t. C'est en Belgique qu'on trouve la plus forte capacité (155 000 t), suivie de l'Allemagne de l'Ouest (90 000 t), du Royaume-Uni (72 000 t) et de la France (55 000 t). En raison de la répartition de cette capacité, il existe un commerce du SGHTF entre les pays de la CEE, mais aucune exportation hors de la région et, par conséquent, aucun contingent C. À cet égard, considérés comme groupe, les pays de la CEE donnent l'image d'une industrie établie en vue de répondre d'abord à ses marchés intérieurs.

Étant donné le rôle de la politique de la CEE dans l'évolution de la production de SGHTF, il serait futile de faire des prévisions s'appuyant sur les élasticités habituelles, les taux de croissance démographique, la production antérieure, etc. La vraie question est de savoir ce que sera la politique de la CEE, puisqu'on a déjà fixé à 200 000 t la production de base au cours de la période de 1981-1986. Même si, pour le moment, le lobbying des producteurs de betterave à sucre domine, des intérêts puissants tentent de s'y opposer. Ainsi, le groupe du Royaume-Uni des consommateurs de la CEE, dans une présentation devant un comité spécial de la Chambre des lords des communautés européennes (politique sucrière de la CEE), faisait les recommandations suivantes :

Isoglucose : le CEGG s'oppose à la mise en vigueur du système de contingents et à la perception d'un impôt sur l'isoglucose. Selon nous, le produit est taxé et pénalisé simplement parce qu'il entre en concurrence avec le sucre.

Devant cette même commission, le groupe du Royaume-Uni des utilisateurs industriels du sucre faisait, dans son mémoire, la déclaration suivante :

Les associations industrielles utilisatrices de sucre du Royaume-Uni ne peuvent appuyer les propositions de la Commission touchant le régime sucrier de 1980-1985. On peut résumer leur point de vue de la façon suivante. . .elles sont injustes à l'égard de l'industrie de l'isoglucose.

Le Comité spécial, dans ses propres conclusions, a indiqué ce qui suit (Chambre des lords 1980:XIX) :

On ne trouve nulle part dans la proposition de la Commission la raison motivant l'intégration de l'isoglucose et du sucre dans un régime composite. Si la proposition débouchait sur une certaine souplesse devant favoriser la coexistence de l'isoglucose et du sucre plutôt que de restreindre la production d'isoglucose strictement par ses propres contingents, on pourrait alors envisager la proposition comme l'amorce d'une politique de la Communauté en matière d'agents édulcorants. Malheureusement, ce n'est pas le cas. Au contraire, la proposition est légèrement plus rigoureuse puisqu'elle diminue de 8 000 t (4,5 %) les contingents totaux de production d'isoglucose. La proposition nous apparaît surtout comme une tentative de la part de la Commission de faire table rase, alors que notre comité accueillerait avec plaisir l'établissement d'une véritable politique des agents édulcorants qui accorderait aux consommateurs un libre accès à toutes les formes d'édulcorants.

Ces déclarations indiquent clairement que l'incidence technique du SGHTF en Europe et, par la suite, dans les Antilles, par le biais de la convention de Lomé, dépendra des politiques futures de la Communauté. Nous reviendrons sur cette question dans le dernier chapitre de la partie I de l'étude.

Autre production de SGHTF

Un groupe de pays situés en Europe de l'Est, en Europe de l'Ouest (ne faisant pas partie de la CEE), en Asie, en Afrique et en Amérique latine produisent ou ont l'intention de produire bientôt des quantités relativement petites de SGHTF. En 1980, la production de toutes ces sources totalise 132 000 t ; à la fin de 1984, elle atteint environ 240 000 t et on prévoit qu'elle se situera à 610 000 t en 1985. Les données de ces producteurs ont été difficiles à obtenir et les points suivants constituent un résumé de ce que j'ai pu découvrir à leur sujet. Il faut noter que dans tous les cas cités, la production de SGHTF est ou sera axée sur le secteur des boissons du marché des édulcorants. En règle générale, il faut avouer qu'une interprétation des communiqués, des discussions avec les représentants de l'industrie et d'autres sources du même genre laissent entrevoir à l'arrière-plan de cette expansion les grandes considérations suivantes :

- a) lorsque la protection intérieure du sucre provoque une hausse des prix, cela tend à stimuler la mise en place de sources de rechange ;
- b) les politiques nationales de suffisance axées sur les sirops industriels ;
- c) l'espoir que la technique du SGHTF puisse être appliquée à d'autres sources de fécule : manioc, yucca, riz, blé, sorgho et patate douce, selon leur disponibilité à l'échelle locale.

Europe

La Yougoslavie a construit une usine d'une capacité annuelle de 40 000 t et songe actuellement à en construire une autre. L'Espagne possède trois usines d'une capacité annuelle de 70 000 t, dont la production de SGHTF a atteint, en 1980, environ 55 000 t. L'avenir de l'industrie dépend toutefois de l'issue de ses relations avec la CEE. Le Portugal a l'intention d'ouvrir une petite usine d'une capacité annuelle de 15 000 t, au cours de l'année. En Europe de l'Est démarrait récemment la construction d'une usine en Hongrie possédant une capacité annuelle de 50 000 t. En URSS, en Roumanie et en Bulgarie, des discussions sont en cours pour la construction d'installations de traitement du SGHTF. Les rapports indiquent qu'une usine de 70 000 t entrera bientôt en production en URSS, tandis que les projets roumains et bulgares sont retardés en raison de la rareté des devises étrangères. Pour le moment, toutefois, ces pays surveillent de près les prix du sucre et l'incidence probable des négociations actuelles en vue de conclure un nouvel accord international en matière de denrées avant de commencer la construction de leurs installations de traitement du SGHTF.

Amérique latine

En Amérique latine, l'Argentine est actuellement le principal producteur de SGHTF avec environ 80 000 t/an. L'Uruguay a annoncé récemment les plans d'une

petite usine (capacité annuelle de 15 000 t). Il est intéressant de constater la présence de l'embouteilleur local de Coca Cola dans le consortium de ce projet. Le Pérou a amorcé des études de faisabilité pour une usine d'une capacité de 50 000 t. Le Mexique a récemment chargé une usine d'une capacité de 100 t/jour de produire du sirop de glucose à base de maïs, tandis que la filiale brésilienne de CPC faisait de même avec une usine d'une capacité de 200 t/jour. La construction d'usines d'extraction par voie humide en vue de répondre aux besoins de ces usines d'édulcorants à base de maïs pourrait bien annoncer la production de SGHTF. Enfin, d'après des rapports de données sur les marchandises, le Pérou serait à la veille de faire connaître un projet d'usine de SGHTF d'environ 50 000 t/an.

Asie

En Asie, l'Indonésie exploite une petite usine et le gouvernement semblerait intéressé à établir d'autres usines qui utiliseraient le manioc comme base de fécule. Le Pakistan a également manifesté un intérêt à l'égard de la production de SGHTF et a l'intention d'utiliser des fragments de riz comme base de fécule pour une usine qui produirait 45 000 t/an. Il y a environ un an, Taïwan s'était montré intéressé à produire entre 50 000 et 100 000 t/an de SGHTF d'ici 1985 ; il a toutefois remis en question cette décision à cause de la situation actuelle du marché du sucre. La Corée du Sud possède déjà des usines de SGHTF et on prétend que sa production actuelle de 100 000 t représente 10 % du marché total du pays. Ce marché est le quatrième en importance au monde et révèle que la Corée du Sud a toujours eu une industrie des édulcorants à base de maïs relativement forte. En 1980, environ 378 000 t de maïs ont été traitées, dont un tiers (125 000 t) consacrées aux édulcorants, pour un marché total d'environ 650 000 t d'édulcorants de tous genres. La Chine a déjà des plans en vue de commencer la production du SGHTF au cours de l'année 1983 tandis que Singapour en est encore à l'étape des études de préfaisabilité.

Afrique

En Afrique, l'Égypte a déjà retenu deux usines qui devraient commencer leur production en 1985. Ces installations ont une capacité combinée de 100 000 t/an. À l'exception de l'Égypte, le Maroc est le seul autre pays vraiment intéressé et des études de préfaisabilité ont actuellement lieu.

Australie

L'Australie a récemment annoncé son intention de produire du SGHTF à partir du blé. Rien de définitif n'a encore transparu, mais le pays semble attendre la tournure du marché céréalière.

Chapitre 4

Les facteurs économiques de la production du SGHTF

Mise en place de l'industrie

Depuis les innovations techniques qui ont mené à la production commerciale de SGHTF, l'expérience acquise à l'échelle mondiale nous a permis de mettre en lumière certaines considérations de base qui semblent nous aider à déterminer si une industrie peut ou non s'établir avec succès dans un pays. Les huit points les plus importants paraissent ci-dessous :

a) Pour justifier la rentabilité commerciale du SGHTF, les niveaux actuels de revenu et le stade de développement industriel d'un pays doivent être suffisamment élevés pour entraîner une demande importante d'édulcorants, en particulier à des fins industrielles. Lorsque le revenu par habitant et le rapport de la production manufacturière à la production totale sont tous deux élevés, cela signifie habituellement l'existence d'autres phénomènes économiques mentionnés plus loin. Aux États-Unis, le marché industriel intervient pour environ 60 % du sucre consommé tandis que, dans une région en développement comme les Antilles, même avec sa consommation exceptionnellement élevée de sucre par habitant, la demande industrielle de sucre ne dépasse pas 40 % du total.

b) Lorsqu'on analyse la demande industrielle d'édulcorants, il convient également de s'assurer que les produits sucrants liquides soient en plus forte proportion que ceux à l'état sec. Si c'est le cas, nous trouverons habituellement une industrie des boissons et des aliments traités solidement établie, qui, à son tour, est tributaire des niveaux de revenu, de la taille du marché et des progrès de l'industrialisation, de même que de facteurs sociaux comme le niveau d'urbanisation, les schémas culturels de la consommation alimentaire, par exemple la préférence à l'égard des plats-minute, etc. Aux États-Unis, les facteurs sociaux et économiques favorisent tous une industrie fort bien établie de plats-minute et ont facilité, à n'en pas douter, la croissance rapide du SGHTF dans ce pays.

c) La configuration du marché telle qu'exposée en a) et b) explique l'élasticité des prix élevés dans la demande de sucre en général, étant donné que les utilisateurs industriels d'édulcorants sont beaucoup plus enclins que les consommateurs à substituer un édulcorant à un autre pour une raison de prix. Ces substitutions varieront, bien sûr, d'une entreprise à l'autre et d'un secteur du marché à l'autre, les limites réelles étant déterminées par les particularités techniques de chaque édulcorant et les aliments dans lesquels ces produits sont utilisés. Ainsi, comme l'a fait observer Crott (1982a, b) :

Les prix élevés du sucre prennent une plus grande importance chez les utilisateurs industriels ; l'élasticité des prix est plus prononcée pour ces derniers

que pour les ménages (sauf dans le cas de prix très élevés pour des groupes à faible revenu). Toutefois, les enquêtes révèlent que les utilisateurs industriels sont tout aussi préoccupés par la stabilité des prix et des prix d'achat qui ne soient pas plus élevés que ceux de leurs concurrents. Par conséquent, la demande des utilisateurs industriels s'aligne d'avantage sur les fluctuations de prix relatifs que celle des ménages.

d) Comme la production du SGHTF exige un apport considérable de matières premières, il faudrait pouvoir compter en plus sur une source abondante de fécule à bon marché, soit au pays, soit par le biais d'importations peu dispendieuses. Aux États-Unis, l'approvisionnement de maïs est tellement abondant que, même après avoir satisfait aux besoins de la consommation directe et de l'alimentation animale au pays, il reste d'énormes quantités qu'on peut alors exporter ou affecter à la production du SGHTF. Les autres grands producteurs de SGHTF (Japon, Canada, CEE) ne disposent pas d'une source nationale abondante de maïs et leurs industries, contrairement à celles des États-Unis, doivent compter beaucoup plus sur des importations de maïs à bon marché.

e) Toutes choses étant égales par ailleurs, lorsqu'un pays est un importateur net de sucre, il a beaucoup plus tendance à passer au SGHTF. Même si la production de SGHTF exige beaucoup de capitaux, ce sont souvent les autorités nationales qui jugent opportun de débloquer les investissements nécessaires pour établir une industrie afin d'être moins exposées aux aléas du commerce sucrier international. Comme nous l'avons mentionné, les États-Unis, le Canada, le Japon et la CEE sont de grands importateurs de sucre. À la suite de la convention de Lomé, les pays de la CEE ne peuvent substituer, autant qu'ils le voudraient, le SGHTF aux importations de sucre.

f) On favorise également la production du SGHTF dans les pays où l'extraction du sucre se fait à un coût relativement élevé, puisque cela protège le marché domestique et accroît la situation concurrentielle du SGHTF. Qui plus est, on observe également une tendance vers la production de SGHTF dans les pays qui ne possèdent pas leur propre industrie sucrière et là où il n'existe pas de production nationale de sucre, qui doivent, de ce fait, importer cette denrée à un prix élevé. À l'instar du Japon, cela peut survenir lorsque le gouvernement subventionne le prix payé aux fournisseurs étrangers de son marché national. Il y a aussi des cas très particuliers, comme celui au sein de la CEE, où le sucre domestique est protégé *au point d'exclure délibérément le SGHTF, dénigrant ainsi tout le bien-fondé de ces propositions.*

g) Étant donné que la fabrication du SGHTF doit faire appel à des capitaux énormes et à une main-d'oeuvre spécialisée importante, il faut absolument disposer d'investissements suffisants et de spécialistes affectés à la construction et au fonctionnement des installations pour obtenir le niveau de production souhaité. Une fois de plus, cette démarche favorise les économies relativement prospères qui possèdent une base solide de ressources industrielles dans le domaine des aliments, des enzymes et des procédés automatisés de même qu'une bonne infrastructure technique.

h) Enfin, nous avons vu que la production de SGHTF dépend fortement d'industries connexes, notamment celles des produits chimiques, des enzymes, du transport, de l'entreposage et des services publics comme l'eau, l'énergie, etc. Les produits chimiques et les enzymes utilisés dans la production du SGHTF exigent des industries biotechniques modernes que l'on retrouve surtout dans les économies industrialisées. Le volume des produits et des sous-produits découlant de la production du SGHTF est aussi important et les conditions d'entreposage et de transport doivent, en tout temps,

être surveillées de près. Une fois de plus, la disponibilité de ce genre d'installations refait surface. L'exploitation de l'industrie nécessite un approvisionnement sûr d'énergie et d'eau douce, favorisant une fois de plus les pays ou les régions possédant des réseaux efficaces de services publics.

Structure des coûts

Un examen de la structure des coûts au sein des entreprises de SGHTF, en particulier aux États-Unis, indique que les principales composantes sont : a) le coût du maïs (3 boisseaux, 168 livres pour produire 100 livres de SGHTF) ; b) les sous-produits obtenus par boisseau de maïs : 1,75 livre de maïs et d'huile, 1,5 livre d'aliments de gluten et 2 livres de farine de gluten ; c) la main-d'oeuvre ; d) les services publics (eau, énergie, etc.) ; e) les enzymes ; f) le fret ; et g) les coûts fixes (frais généraux). D'après ce tableau, on peut observer que la place concurrentielle du SGHTF dépend du coût du maïs, du prix des sous-produits du maïs, des coûts de main-d'oeuvre, de la fourniture de services publics, des enzymes, du fret et des frais généraux fixes. Nous remarquons immédiatement que, contrairement au sucre de canne, où le principal sous-produit (bagasse) peut être utilisé pour générer l'énergie nécessaire à son traitement, le SGHTF est un important utilisateur net d'énergie. Toutefois, ses sous-produits ont néanmoins une valeur considérable (huile de maïs, aliments de gluten et farine de gluten). Selon leur prix, ils peuvent représenter plus de la moitié du coût des matières premières de production. De plus, deux autres considérations méritent d'être mentionnées parmi les facteurs économiques de production du SGHTF. La première est, bien sûr, le prix du sucre de canne et de betterave, principaux produits concurrentiels. Aux États-Unis, on a offert le SGHTF à prix réduit comparativement au sucre. Les données du tableau 33 révèlent que le SGHTF à 42 % a été offert à 85 % du prix du sucre en 1977. Ces prix ont baissé à 51 % en 1982 pour remonter à 63 % en 1984, pour une moyenne de 69 % au cours de la période 1977-1984. Dans le cas du SGHTF à 55 %, on accordait une réduction moyenne s'élevant à 76 % du prix du sucre, de 1981 à 1984. Il faut se rappeler que le prix national du sucre américain est élevé en raison du protectionnisme des producteurs américains.

La deuxième considération est le prix de l'huile, puisque le maïs peut aussi être utilisé pour produire de l'éthanol qui servira de diluant à essence. C'est un atout pour les usines de traitement, puisque cela leur permet de passer de la production de

Tableau 33. Prix du sucre et du SGHTF (en cents par livre).^a

Année	Prix du SGHTF		Prix du sucre	Rapport du prix du SGHTF à celui du sucre (42 %)	Rapport du prix du SGHTF à celui du sucre (55 %)
	42 %	55 %			
1977	12,44	—	14,66	84,9	—
1978	12,12	—	17,16	70,7	—
1979	13,15	—	18,49	71,1	—
1980	23,64	—	30,76	76,9	—
1981	21,43	23,89	28,33	75,6	84,3
1982	14,28	20,00	28,08	50,9	71,2
1983	17,70	21,83	29,94	59,1	73,3
1984	19,65	22,80	31,10	63,2	73,3

Source : Statistiques du sucre de l'USDA et bulletins des marchandises de L.M.C. (divers numéros).

^aLe prix du sucre est celui du sucre de betterave, à l'état sec et en vrac, f.a.b. départ usine. 1 livre = 0,454 kg.

Tableau 34. Caractère saisonnier de la consommation de SGHTF aux États-Unis.

Mois	1979 (% du total)	1980 (% du total)
Janvier	6,2	6,0
Février	5,9	5,7
Mars	8,1	8,3
Avril	8,1	8,3
Mai	9,0	9,0
Juin	9,5	9,4
Juillet	9,2	9,3
Août	11,1	11,4
Septembre	9,6	10,0
Octobre	8,4	9,7
Novembre	7,2	6,1
Décembre	7,6	6,8

Source : Estimations de Drexel Burnham Lambert Inc.

SGHTF à la production d'éthanol, et vice versa, suivant la demande du marché. Un rapport de 1981 du département de l'Agriculture des États-Unis soulignait (USDA 1981:18) :

Plusieurs usines de traitement du maïs par voie humide évaluent actuellement le marché de l'éthanol (alcool) en vue de mélanger de l'alcool de grain avec de l'essence pour en faire du gas-oil. Une de ces usines produit actuellement de l'alcool de qualité dans ses installations de Decatur, en Illinois, et compte également en produire en 1981, aux termes d'un projet mixte avec une importante société d'essence. D'autres entreprises pourraient également emboîter le pas. Une des principales considérations de la production d'éthanol à partir du maïs est de savoir si l'on pourra obtenir une garantie de prêt des autorités fédérales, en tout ou en partie, pour la totalité ou une partie importante de la mise de fonds.

Depuis lors, la tendance vers les usines à double régime de production s'est accrue. En ce qui a trait à la production d'éthanol, il est très important de savoir si les producteurs peuvent passer du SGHTF à l'éthanol dans la même usine, car la nature saisonnière de la consommation de SGHTF peut entraîner certains producteurs à modifier leurs installations non seulement à la suite d'un déplacement de la courbe de demande, mais également en période de ralentissement. Le tableau 34 fait ressortir le caractère saisonnier de la production de SGHTF aux États-Unis.

Le tableau 35 présente deux estimations des coûts de production du SGHTF aux États-Unis. Ces chiffres illustrent les coûts d'exploitation du SGHTF à 42 % qui varient en gros entre 13 et 16 cents la livre selon son équivalent à l'état sec ; ces coûts peuvent être comparés avec les données du tableau 33 concernant les prix payés du SGHTF. Les deux estimations données dans ce tableau sont appuyées par des spécialistes éclairés de l'industrie. Il serait donc utile d'examiner ces données en ne perdant pas de vue les facteurs économiques de très grande importance pour l'industrie. En premier lieu, les données révèlent que le coût du maïs brut est évidemment le coût principal de la production du SGHTF. Au sein de l'industrie, la règle d'or de l'exploitation est qu'une diminution de 50 % du prix du maïs abaisse d'un cent la livre le coût de production du SGHTF, toutes choses étant égales par ailleurs.

Deuxièmement, comme nous l'avons déjà noté, le traitement du maïs génère des sous-produits. Aux États-Unis, le rendement de ces sous-produits représentait près de

Tableau 35. Estimations du coût de production du SGHTF aux États-Unis.

Coût de production du SGHTF	États-Unis (cents la livre)	
a) Coût du maïs brut (1980)	9,03	
b) Rendement des sous-produits ^a		
Huile	1,38	
Aliments pour animaux	2,79	
Farine	0,75	
	4,92	
c) Coût net des matières premières (a - b)	4,11	
d) Autres coûts	Estimation A ^b	Estimation B ^c
Enzymes	0,40	0,40- 1,20
Main-d'oeuvre d'exploitation	2,00	0,80- 1,20
Services publics (énergie)	0,70	1,20- 1,00
	3,10	2,40- 3,40
e) Total des coûts variables	7,31	6,51- 7,51
f) Coûts fixes (frais généraux)	2,00	2,00- 2,00
Fret	1,75	1,75- 1,75
g) Total	11,06	10,26-11,26
h) Coûts des investissements en capital	2,40- 4,50	
i) Total (g + h) (SGHTF à 42 %)	13,46-15,56	12,66-15,76
j) Total (SGHTF à 55 %) + 15 %		

Note : 1 livre = 0,454 kg.

Source : Adapté de Brooke (1977), Nordland (1980) et Crott (1982a, b).

^aIl faut trois boisseaux de maïs pour produire 100 livres de SGHTF à l'état sec.

^bBrooke (1977).

^cNordland (1980).

Tableau 36. Prix du maïs et crédits au titre des sous-produits (cents la livre).^a

Année	Prix du maïs (maïs jaune n° 2)	Crédits des sous-produits	Coût net des entrées de maïs
1978	6,87	4,95	1,92
1979	7,85	5,58	2,27
1980	8,95	5,17	3,78
1981	9,44	4,80	4,64
1982	7,64	4,76	2,88
1983	9,66	5,12	4,54
1984 (janv.-sept.)	10,16	4,94	5,22

Source : Bulletins des marchandises de Landell Mills (divers numéros).

^a1 livre = 0,454 kg.

60 % du prix du maïs pendant la période 1978-1984. Les données sur les coûts du maïs, pour le maïs jaune américain n° 2, et les crédits découlant des sous-produits obtenus par l'industrie pendant cette période, de même que les coûts nets des entrées au titre du maïs qui ont suivi, figurent au tableau 36. Les économies substantielles tirées des sous-produits accordent aux prix du marché de l'huile, des aliments et des farines de maïs un rôle important lors du processus de détermination du prix final du SGHTF. En règle générale, les prix des aliments et des farines de maïs dépendent du marché de l'alimentation animale, son principal débouché, tandis que le prix de l'huile de maïs est quelque peu autonome puisqu'il est surtout influencé par le marché des huiles comestibles. Pour conclure, les crédits au titre des sous-produits ont fluctué, passant de moins de la moitié du coût total du maïs à plus des trois quarts du coût du maïs brut comme l'indiquent les données sur les prix annuels moyens pendant la période 1978-1984.

Le troisième facteur important à noter tient aux coûts de main-d'oeuvre relativement peu élevés dans l'industrie, allant de 7 à 15 % du coût total des estimations données. Selon la norme actuelle d'exploitation dans l'industrie, les coûts de main-d'oeuvre doivent représenter 10 % des coûts de production du SGHTF. Le coût des enzymes est également bas, allant de 3 à 7 %. À ce titre, la norme actuelle de l'industrie est de 5 %. Les coûts de l'énergie des estimations sont certainement inférieurs à ceux qu'enregistre actuellement l'industrie, en raison de la montée des prix de l'énergie aux États-Unis depuis ces estimations.

Enfin, il ne faut pas oublier que les niveaux d'utilisation de la capacité ou des taux d'exploitation de l'industrie ont une incidence significative sur les coûts, à preuve les hauts niveaux d'investissement et les frais fixes élevés du capital. Dans les estimations précédentes, ces chiffres représentent jusqu'à 35 % des coûts d'exploitation, ce qui explique pourquoi l'industrie tente de fonctionner à plus de 90 % de sa capacité technique prévue pendant environ 330 jours/an.

Schémas des coûts

Depuis l'établissement de la capacité de fabrication du SGHTF aux États-Unis, d'importants changements sont survenus et ont modifié ses coûts de production ; au risque de nous répéter, il convient de souligner les schémas sous-jacents à ces changements. Il y a dix ans, les enzymes représentaient 16 % de tous les coûts de production ; actuellement, la norme n'est que de 5 %. Cette chute substantielle du coût des enzymes révèle les progrès rapides de l'industrie de la biotechnologie aux États-Unis, progrès dont a bénéficié la production de SGHTF. À cause de l'état actuel des connaissances sur la technique enzymatique, une baisse significative de ces coûts ne surviendra qu'après une percée de la «génétique enzymatique ou la découverte de variétés plus résistantes à la chaleur» (Nordland 1980:22). On explore à l'heure actuelle ces techniques, en particulier la transformation d'enzymes bon marché en enzymes plus dispendieuses, de même que la construction génétique de bactéries en vue de produire l'enzyme désirée. Aussi importants que puissent être ces progrès, il ne faut cependant pas oublier que, même si le coût des enzymes diminuait de moitié, son incidence sur le coût total de production ne serait pas très importante.

On observe aussi une deuxième tendance dans les changements survenus. En effet, à la suite du développement du processus de fractionnement dont nous avons parlé au chapitre 2, la récupération de produits au sein de l'industrie a augmenté d'autant que 10 à 15 %. On prétend également que la demande d'eau a diminué de moitié par comparaison aux procédés de production par lots utilisés pendant la première phase de production du SGHTF (Nordland 1980:22). De tels changements ont eu un effet bénéfique sur les coûts de production. En effet, si l'on considère la production de SGHTF comme le mariage de deux industries, c'est-à-dire la production d'enzymes et le traitement du maïs par voie humide, l'industrie sort nettement gagnante et continuera de profiter des découvertes de la biotechnologie appliquée à la production enzymatique. Toutefois, même si on a déjà mentionné qu'il n'existe pas actuellement d'économies appréciables dans ce domaine, je répéterai une des observations que j'ai faites au chapitre précédent, à savoir qu'il ne faut pas sous-estimer l'incidence à long terme des améliorations progressives marginales sur les coûts, que ce soit en technique enzymatique, en procédés d'isomérisation ou ailleurs.

La troisième tendance, qui est en rapport avec les progrès semblables survenus dans d'autres sphères du milieu industriel américain, est l'amélioration constante des usines de SGHTF et l'introduction d'un nombre de dispositifs économiseurs de main-d'oeuvre. Aujourd'hui, l'exploitation est beaucoup plus automatisée et informatisée qu'avant, ce qui a donné lieu à une réduction importante de la main-d'oeuvre et, en même temps, le niveau de compétence de la main-d'oeuvre en place s'est accru ou modifié de façon substantielle. Ainsi, on prétend qu'«une usine de sirop de glucose à haute teneur en fructose qui exigeait un effectif de 130 à 150 personnes en 1972 peut fonctionner aujourd'hui avec un personnel de 75 à 90 salariés si elle recourt totalement aux techniques d'automatisation et d'informatique» (Nordland et Liebenow 1981).

Contrairement aux schémas qui favorisent une baisse des coûts, les coûts d'immobilisations et les coûts de l'énergie ont monté de façon considérable à cause des taux d'inflation observés au cours de la dernière décennie et des taux d'intérêt comparativement élevés qui prévalent aux États-Unis. Selon la règle empirique de l'industrie, la construction d'usines de SGHTF de première génération nécessitait à l'origine un investissement d'un million de dollars US pour chaque 1 000 boisseaux de mouture quotidienne (1 boisseau = 36,369 L à l'état sec) ; en 1975-1976, ce coût a grimpé à 2 millions de dollars, en 1980 à 3,5 millions et en 1981, à 4 millions de dollars. D'après le département américain de l'Agriculture (USDA 1981:8) :

... une usine moyenne d'extraction par voie humide pouvant moudre quotidiennement 75 000 boisseaux (qui entrera en exploitation en 1983) coûtera environ 300 millions de dollars comparativement à 150 millions de dollars il y a à peine six à sept ans. De plus, les frais de financement actuels sont beaucoup plus élevés tandis que les entreprises sont assujetties à des normes plus rigoureuses de l'EPA et de l'OSHA en matière d'environnement et de santé.

On connaît trop bien l'ascension mondiale des prix du pétrole pour y revenir ici. L'incidence de ce phénomène sur l'industrie s'est traduite par une hausse estimée des coûts de l'énergie, passant à 4 % du coût total en 1972 à environ 15 à 20 % de nos jours. L'industrie a réagi en cherchant à économiser l'énergie utilisée pour la production du SGHTF. Les usines de raffinage du maïs ont maintenant pris l'habitude d'installer des équipements et des dispositifs comme des compresseurs mécaniques, échangeurs de chaleur, compresseurs d'évaporation des eaux de trempage, chaudières à haute pression et systèmes de turbines génératrices d'électricité et de vapeur traitée. On estime actuellement que tout ce matériel a fait réaliser des économies d'énergie de 30 à 35 % comparativement aux usines de SGHTF de première génération.

Une étude antérieure effectuée par le Département d'économie de l'Université Purdue a permis de recueillir des données importantes sur les coûts d'exploitation des usines de SGHTF aux États-Unis. Voici les composantes des coûts de production du SGHTF : maïs, 50 % ; énergie, 20 % ; main-d'oeuvre, 10 % ; produits chimiques, 10 % ; enzymes, 5 % ; et divers, 5 % (Cubenas et al. 1979). Les estimations des coûts réels, selon cette étude, étaient les suivantes : 9 à 13 cents la livre pour l'équivalent sec du SGHTF à 42 %, le SGHTF à 55 % accusant un supplément de 7 à 15 % (Cubenas et al. 1979). L'étude révèle également que l'étendue des opérations joue un grand rôle lorsqu'il s'agit de déterminer les coûts d'exploitation. Trois capacités différentes (36 000, 72 000 et 108 000 boisseaux/jour) et six différents taux d'exploitation ont servi aux calculs. Le tableau 37 donne un résumé des estimations auxquelles on en est arrivé. D'après ces données, nous pouvons évaluer clairement la portée des économies d'échelle, selon leur taille, et les économies importantes pouvant découler des divers

taux d'exploitation. À mesure que la taille augmente, les coûts décroissent, et à mesure que les taux d'exploitation montent au sein d'une capacité donnée, il y a aussi la diminution des coûts.

L'analyse des coûts entreprise dans le cadre de la présente étude indique que le coût de transformation du maïs en SGHTF n'est pas particulièrement sensible à un facteur unique, si ce n'est, bien sûr, le prix du maïs et les taux d'exploitation. La relation approximative entre les coûts de production et les coûts d'exploitation établie par l'étude est qu'«un accroissement de 1 % du taux d'exploitation spécifié fait baisser les coûts de production de 0,3 %». La relation approximative entre les prix du maïs et les coûts de production, si l'on suppose que les prix des sous-produits demeureront constants, est qu'«un accroissement de 1 % du prix du maïs augmente de 0,6 % le coût de production» (Cubenas et al. 1979). L'étude conclut que les producteurs de SGHTF sont donc fortement incités à exploiter leur usine le plus près possible de la capacité maximale. Il est clair que les entreprises de cette industrie voient d'un très mauvais oeil les cas de capacités sous-utilisées illustrés dans les tableaux antérieurs. En effet, si la capacité est sous-utilisée et que ces entreprises ne respectent pas les accords implicites de prix, les écarts des marges de traitement pourront alors grandement s'étendre.

Toutes les études de l'industrie du SGHTF aux États-Unis et les données obtenues à la suite d'entrevues, etc., laissent supposer que le coût de production du SGHTF est inférieur à celui du saccharose fabriqué à l'échelle nationale, que ce soit du sucre de canne ou de betterave. Ainsi, d'après une étude menée sous les auspices du département de l'Agriculture des États-Unis, les coûts moyens de production de canne à sucre à l'acre, sans compter le prix des terres, s'établissent à 1 029 \$ US pendant la campagne de 1981–1982. (Les chiffres vont de 505 \$ US en Louisiane à 3 162 \$ US à Hawaï). Le coût moyen de production et de transformation de la canne à sucre par tonne (sans le prix des terres) était de 28,80 \$ US. Les coûts de culture de la canne à sucre se fixaient à 13,8 cents la livre pendant la campagne de 1981–1982. Les coûts de culture de la betterave à sucre atteignaient 535 \$ US l'acre, exception faite du coût des terres. Toujours sur cette même base, le sucre de betterave cultivé atteignait 11,6 cents la livre. Les coûts de transformation du sucre de canne se chiffraient à 12,2 cents la livre pour un total de 26 cents la livre. Si l'on retranche les gains des sous-produits, le coût net du sucre de canne atteignait 24 cents la livre. Les coûts de transformation du sucre de betterave étaient de 17,8 cents la livre, mais si l'on tient compte des crédits au titre des sous-produits, le coût net s'établissait à 25,3 cents la livre. Ces coûts dépassent de façon significative les coûts prévus du SGHTF².

D'après les estimations, les coûts de production de l'isoglucose en Europe étaient de 17 cents la livre en 1977 (Voir Grosskopf et Schmidt 1977; Smith 1978; Croft 1982a, b). Ce coût de production était suffisamment bas pour offrir l'isoglucose en Europe à un prix bien inférieur à celui du sucre. Pendant les années 1978 à 1980, les prix du SGHTF de la CEE exprimés en pourcentage des prix du sucre s'établissaient à 88, 77 et 77 à 86 %, c'est-à-dire une remise moyenne de 20 % comparable à celles que l'on présente au tableau 34 pour les États-Unis. En règle générale, on estime

²Voir USDA (1982). Les premières estimations des coûts de production du sucre de canne vont de 10,06 à 14,01 cents la livre, Zeep (1977). Les estimations des coûts de production du sucre de betterave varient de 8,6 à 11,5 cents la livre dans Jesse (1977). Si l'on compare ces chiffres à ceux de l'Université Purdue au tableau 37, on réalise que, même à cette époque, le SGHTF était déjà concurrentiel.

actuellement que les coûts de production du SGHTF de la CEE sont en moyenne de 15 % plus bas que ceux du sucre. Nous avons déjà noté, toutefois, que dans un avenir immédiat, ce sont les mesures macroéconomiques, politiques et sociales de la Commission de la CEE, plutôt que l'efficacité commerciale de n'importe quel agent édulcorant donné, qui détermineront les schémas de la production de SGHTF de la CEE et des édulcorants, en général.

Les conflits d'intérêt entre les producteurs de betterave à sucre et de canne à sucre et leur demande de protection, les accords postcoloniaux du marché du sucre de canne et l'intérêt accru des consommateurs industriels à l'égard du SGHTF seront déterminés beaucoup plus par les politiques que par les facteurs économiques. Néanmoins, il ne faut pas ignorer l'avantage du SGHTF sur le chapitre du coût puisque, si ce phénomène dure encore pour un certain temps, il pourrait bien émerger comme le seul facteur important en faveur d'une expansion future rapide de la production de SGHTF en Europe.

Chapitre 5

Le SGHTF et l'avenir : évaluation

Quelques témoignages

Une des bonnes façons de commencer une évaluation de l'incidence technologique de la fabrication du SGHTF consiste à examiner quelques points de vue exprimés récemment par des personnes renseignées au sein de l'industrie et à l'extérieur. Même si la documentation est très rare, les avis sont unanimes pour reconnaître la nature fondamentale de la transformation de l'industrie des édulcorants, rendue inévitable par les progrès réalisés sur le SGHTF. Voyons, par exemple, les témoignages suivants parus dans diverses publications :

T.C. Earley, ancien économiste principal du Groupe des conseillers économiques, Bureau du Président des États-Unis (Earley 1980) :

[Le SGHTF] a été un des grands facteurs qui ont influencé le marché au cours des quelques dernières années et il continuera d'en être ainsi, car la plupart d'entre nous n'avons pas encore vraiment obligé notre esprit et nos techniques analytiques à s'adapter aux circonstances très changeantes créées par le SGHTF.

N.A. Kominus, président de l'Association des raffineurs de sucre de canne des États-Unis (Kominus 1980:47) :

Le changement dicte les règles du jeu. La venue du SGHTF a tout modifié. Malheureusement, ce n'est pas toute l'industrie sucrière américaine qui l'a accepté. Et je m'étonne que de nombreux exportateurs internationaux de sucre semblent quelque peu indifférents à la menace du SGHTF. Il faut espérer que cette conférence leur ouvrira les yeux. . . nos membres s'inquiètent des progrès techniques dans l'industrie des édulcorants à base de maïs. L'industrie du maïs a des ressources presque illimitées à consacrer à la recherche et au développement.

N. Rivero, chef du Groupe des marchandises, Organisation des États américains (OEA), Washington, DC, É.-U. (Rivero 1980:158) :

En ce qui a trait au marché sucrier américain, le seul phénomène d'importance pendant les années 70 a été l'instauration du SGHTF comme édulcorant alimentaire.

D.E. Nordland, président du conseil d'administration et président-directeur général, A.E. Staley Manufacturing Co., É.-U. (Nordland 1980:22) :

On peut conclure que l'avenir est prometteur pour le sirop de glucose à haute teneur en fructose, aux États-Unis. Il n'est pas sans problèmes ni limites, mais ce produit continue de se comporter de façon très positive.

G. Samuels, Agricultural Research Associates, É.-U. (Samuels 1982:2) :

Tout indique qu'au cours de la prochaine décennie, les édulcorants à base de maïs continueront d'accroître de façon substantielle leur part du marché, aux dépens du sucre.

S. Vuilleumier, chercheur (Vuilleumier 1980:229) :

On s'attend que la consommation et la production futures de fructose dépassent les milieux traditionnels. Dans plusieurs pays, des changements structuraux se produisent qui pourraient éventuellement créer un milieu favorable à l'expansion du SGHTF.

Jose A. Cerro, analyste de marché, GEPLACEA (GEPLACEA 1980:29) :

Tout cela indique clairement que le concurrent le plus important du sucre sur le marché des édulcorants est le SGHTF. Ses ventes sont actuellement élevées en elles-mêmes et tout semble indiquer que cela se poursuivra.

G. Rodrigo Steed, Farr Man & Co. Inc., É.-U. (Steed 1981:6) :

Sur le plan des investissements dans les édulcorants à base de maïs, il ne fait aucun doute que le SGHTF exige de nombreux capitaux, mais on a l'impression que, de toute façon, il y aura déblocage des fonds nécessaires à une expansion plus poussée. Certains rapports indiquent qu'au cours des trois ou quatre prochaines années, on investira 1,5 à 2 milliards de dollars dans l'industrie d'extraction par voie humide et, d'après le rendement de cette industrie au cours des années passées, il n'y aucune raison de mettre en doute ces estimations. On peut donc dire que l'industrie d'extraction du maïs par voie humide est là pour rester, et qu'elle est la seule dans le secteur des édulcorants aux États-Unis qui continuera d'afficher une expansion vigoureuse.

Tous ces points de vue abondent dans le même sens : la menace du SGHTF qui plane sur le marché des édulcorants est en effet formidable. Toutefois, comme pour la plupart des menaces techniques, deux mises en garde s'imposent : une surestimation des avantages des nouveaux produits par ceux que l'innovation a attirés, et un scepticisme d'autoprotection manifesté par les intérêts déjà établis de l'industrie, qui dénoncent les limites des nouveaux produits. Comme l'expérience l'a maintes fois démontré, le résultat le plus susceptible de se produire se situe quelque part entre ces deux extrêmes. À mon avis, l'innovation du SGHTF ne fera pas exception à la règle. Après tout, il faut se rappeler que les estimations de marché du produit varient de 5 à 8 % de la production mondiale totale des agents édulcorants d'ici 1990, et même pour son marché principal, les États-Unis, cela représentera peut-être 30 à 40 % de ce marché. Les prévisions à long terme de ce genre sont, bien sûr, d'ordre purement spéculatif, point que nous avons souligné à plusieurs reprises au cours du chapitre 3.

Comme n'importe quelle autre industrie, les perspectives commerciales de l'industrie du SGHTF subissent l'influence marquée du niveau général de l'activité économique. Au milieu des années 70, en raison des sommets vertigineux atteints par les prix du sucre (1974–1975), un optimisme débordant régnait qui a encouragé l'expansion rapide de cette capacité. Mais à mesure que les prix du sucre chutaient et que survenait une surcapacité temporaire, le pessimisme grandit au point où certains en vinrent même à déclarer que la menace du SGHTF avait été exagérée (Crott 1982a, b) :

Les craintes manifestées au milieu des années 70 se sont graduellement dissipées. On a reconnu que l'incidence sur l'industrie internationale de la canne à sucre ne serait pas aussi sérieuse. Actuellement, les États-Unis sont le seul pays où l'on croit toujours que le SGHTF prendra la tête de file. . . toutefois, le changement qui s'opère sur le marché américain des édulcorants à la suite de l'arrivée du SGHTF pourrait avoir une importance réelle vis-à-vis de ses fournisseurs réguliers de sucre.

Avec la remontée des prix, en 1980–1981, l'optimisme est revenu. Actuellement, la prudence a refait surface avec des prix du sucre étonnamment bas. Néanmoins, la tendance à réagir aux «bonnes comme aux mauvaises nouvelles» est toujours marquée. Ainsi, la décision d'une société américaine (Savannah), à la fin de 1984, de demander que soient exemptés des contingents d'importation américains de sucre brut importé pour fabriquer du sucre inversi grâce à une nouvelle technique a aussitôt fait naître des rumeurs voulant que la situation du sucre s'était à nouveau stabilisée. Les événements qui ont suivi n'ont nullement corroboré cette assertion optimiste. Nous pouvons conclure que même si le succès à long terme de l'industrie est maintenant fermement établi, il est néanmoins important, lorsque nous portons un jugement sur l'incidence à long terme d'une innovation technique, d'apprécier pour ce qu'elles valent ces phases cycliques dans les perspectives commerciales. Ces mouvements de balancier de la perspective, même s'ils sont souvent exagérés, expriment néanmoins les changements objectifs dans l'évolution de l'activité économique et ne devraient pas être considérés comme représentant seulement les caprices et les lubies subjectifs des producteurs. Il faut donc nous garder de traiter la perspective commerciale prédominante comme étant la seule réalité et de vouloir tenter de traiter leurs exagérations, lorsqu'elles se manifestent, comme n'ayant aucune base objective dans les événements économiques. Il faut toujours garder présente à l'esprit la place objective du SGHTF comme édulcorant de rechange concurrentiel du point de vue des coûts si nous voulons jauger avec précision son incidence à long terme sur l'industrie mondiale des édulcorants.

Considérations à long terme

La nature précise de la substitution d'une technique à une autre n'est pas très bien connue. On s'entend pour dire qu'en se basant sur les cycles de vie utile d'un produit en commercialisation, une courbe en S représenterait le processus de substitution. Cela signifie que les ventes d'un nouveau produit sont assez lentes, au début, pour ensuite emprunter une vitesse de substitution rapide, suivie d'une période de maturité à un plateau précis, d'où elles redescendent éventuellement. Le produit remplacé possède lui aussi une courbe en S semblable de déclin. Même si les études empiriques n'ont pas toujours appuyé cette hypothèse, un des premiers articles de Fisher et Pry (1971) avançait que la substitution d'une technique à une autre suit de près la courbe en S de substitution d'un produit³.

Une étude ultérieure de Cooper et Schenkel (1976) expliquait en détail la démarche de substitution technique⁴. Ces auteurs ont découvert, entre autres, qu'après l'introduction d'une nouvelle technique, les ventes ne baissaient pas toujours immédiatement. Dans certains cas, les ventes d'une ancienne technique connaissaient une

³Voir Cox (1976), dont les études empiriques des médicaments d'ordonnance et des biens non durables ne respectaient pas toujours la courbe en S des ventes. L'étude Fisher-Pry était appuyée, en grande partie, par les études empiriques de Hatten et Piccoli (1973).

⁴L'étude empirique de Cooper et Schenkel (1976) portait sur 22 entreprises distinctes des industries et technologies suivantes : locomotives à vapeur comparativement aux locomotives diesel électriques ; tubes à vide comparativement aux transistors ; stylographes comparativement aux plumes à bille ; chaudières pour les usines alimentées au combustible fossile comparativement aux usines alimentées à l'énergie nucléaire ; rasoirs de sûreté comparativement aux rasoirs électriques ; hélices d'avions comparativement aux réacteurs ; cuir comparativement aux plastiques à base de chlorure de polyvinyle et aux plastiques poromères.

expansion tout au long de la période, même si les ventes de la nouvelle technique faisaient de même. Lorsque les ventes de l'ancienne technique décroissaient, il fallait environ cinq à quatorze ans avant qu'elles ne tombent plus bas que les ventes de la nouvelle technique. Ils ont également découvert que, lorsque les besoins de capitaux n'étaient pas très imposants, la nouvelle technique faisait en général l'objet d'une innovation dans de nouvelles entreprises à l'extérieur de l'industrie, tandis qu'en général, les entreprises à l'extérieur de l'industrie étaient les premières à mettre en valeur la nouvelle technique. Au début, cette dernière était relativement grossière et assez souvent dispendieuse, ce qui laissait sceptique quant à son utilité éventuelle. À mesure que s'atténuait ce scepticisme, la nouvelle technologie créait souvent de nouveaux marchés dont ne bénéficiait pas l'ancienne technique. Le processus d'expansion des ventes de la nouvelle technique visait à capturer une série séquentielle de sous-marchés. Finalement, les auteurs ont constaté que les courbes irrégulières de croissance de la nouvelle technique pouvaient dépendre de situations socio-économiques «anormales», par exemple une guerre.

Comment ces généralisations de la documentation peuvent-elles s'appliquer au cas qui nous occupe ? Pour commencer, le cas du SGHTF représente une nouvelle technique qui a surtout été mise de l'avant par des entreprises de la grande industrie des édulcorants ou des entreprises liées à l'industrie de l'extraction du maïs par voie humide. Nous reviendrons plus loin sur la nature précise de ces rapports puisqu'elle constitue un indicateur important lorsqu'il s'agit d'évaluer l'incidence future de la technique du SGHTF. Deuxièmement, la nouvelle technique du SGHTF est fortement capitalistique et, par conséquent, la possibilité pour de nouvelles entreprises de se joindre à l'industrie s'est, jusqu'à présent, cantonnée aux procédés auxiliaires, c'est-à-dire la production d'enzymes. Troisièmement, la denrée produite est un produit agricole de base qui entre en concurrence sur un marché exigeant une matière première homogène et pure. Les conditions de production de l'éventail de produits consommés du marché des édulcorants sont extrêmement variées ; elles regroupent à la fois des pays pauvres et riches et les conditions de production implicites. À cause de ces facteurs, les considérations extra-économiques jouent un rôle important dans les décisions concernant la production et la consommation. Dans de telles circonstances, l'industrie peut difficilement suivre de près la démarche classique de la substitution technique, même si l'on ne peut écarter complètement la possibilité que certains aspects de cette démarche puissent s'y retrouver. Déjà un aspect de cette démarche est évident : la capture subséquente d'une série de sous-marchés.

À cette étape de notre analyse, il faut se pencher non seulement sur la question de la menace de la substitution technique et de la substitution d'un produit, mais sur les réactions des entreprises en place face à cette menace. Ici, la réaction porte sur la possibilité, pour ceux qui sont menacés, de reconnaître et d'évaluer l'innovation qui les menace. C'est pour cette raison que les activités traditionnelles d'information des producteurs sucriers qui ont surtout touché les autres producteurs de sucre (que ce soit de la betterave ou de la canne) doivent changer et tenir compte des innovations dans le domaine du SGHTF, et même de tous les autres édulcorants, y compris les édulcorants non caloriques. Comme on l'a observé ailleurs (Cooper et Schenkel 1976:66) :

Il ne faudrait pas attendre le déclin des ventes d'une vieille technique pour évaluer la menace. Si l'on agit de cette façon, la longueur d'avance sera déjà entamée. En effet, cela signifie que la nouvelle technique doit être évaluée dès ses débuts. . Il ne suffit pas d'accepter qu'à un moment donné une nouvelle technique en remplacera une ancienne. Il faut déterminer les taux de pénétration.

Face à une menace technologique, les stratégies de réaction des entreprises peuvent se répartir de la façon suivante (Cooper et Schenkel 1976:66) : a) ne rien faire ; b) surveiller l'évolution ; c) accroître les relations publiques et l'activité juridique afin de faire échec à l'acceptation commerciale et à l'expansion de la nouvelle technique ; d) accroître la souplesse des usines et des entreprises en place pour être en mesure de réagir aux progrès futurs, selon le besoin ; e) prendre la tangente en diminuant la dépendance dans les secteurs les plus vulnérables du marché ; f) améliorer la technique en place ; g) recourir au cassage des prix, aux techniques commerciales d'encouragement, etc., en vue de maintenir les ventes ; h) participer à la nouvelle technique.

Dans le cas qui nous intéresse, même si la nouvelle technique est mise au point au sein de l'organisation commerciale du pays capitaliste le plus industrialisé, le produit le plus menacé, le sucre, est produit dans le vaste contexte des systèmes agricoles du monde industrialisé et en développement. Face à cette organisation hautement oligopolistique de l'industrie américaine du sirop à haute teneur en fructose se trouvent une multitude de producteurs agricoles mal organisés. En effet, les producteurs des deux principales formes de sucre (de betterave et de canne) sont en concurrence directe. Cela signifie qu'il sera particulièrement difficile d'en arriver à une réaction concertée de l'industrie sucrière.

De plus, l'industrie de production du sucre de canne est vieille de plusieurs siècles et, ces derniers temps, elle a eu tendance à se confiner à certaines méthodes de R & D. Ce sont surtout des méthodes de cultures améliorées, des lignées végétales améliorées, une meilleure lutte contre les insectes nuisibles et des procédés de conversion plus efficaces de transformation de la canne à sucre en sucre, d'un moissonnage et d'un transport améliorés de la canne de même qu'une préoccupation de l'utilisation des sous-produits. Les progrès accomplis en sucrochimie, qui feront l'objet d'une étude au cours de la prochaine section, ont d'abord été mis de l'avant par les STN qui transforment le sucre dans les pays industrialisés. Dans la région des Antilles qui, à notre avis, est un bon exemple de toutes les autres régions en développement, ces progrès ne sont pas surveillés. En effet, on connaît mal le SGHTF et la menace qu'il présente. Il semble donc que l'industrie de la canne à sucre, dans les Antilles, y réagisse «en ne faisant strictement rien». Lorsqu'on surveille les progrès mondiaux, on le fait de façon superficielle, et plus souvent qu'autrement, on se limite à des études occasionnelles poursuivies par des chercheurs d'organismes comme le GEPLACEA ou l'Association des technologues du sucre des Antilles (Association of Sugar Technologists of the Caribbean). L'incidence technologique et la croissance future du SGHTF semblent donc, pour le moment, dépendre fortement des facteurs suivants :

Premièrement, il faudra suivre la croissance générale de la demande d'édulcorants qui est fonction de l'accroissement démographique, du revenu, etc. Comme nous l'avons noté, la courbe actuelle de la demande est presque statique ou, à l'échelle mondiale, très basse (elle ne dépassera sans doute pas les estimations les plus généreuses de 2,5 % par année). Dans les pays industrialisés, la demande d'édulcorants par habitant est à la baisse ou, au mieux, statique. Dans les pays en développement, la demande par habitant est à la hausse, mais d'après les plans agricoles et les déclarations actuelles, on tente surtout de rendre la production sucrière autonome ce qui aurait pour conséquence d'annuler la hausse de la demande sur les marchés mondiaux.

Deuxièmement, l'incidence technologique et la croissance future sont tributaires du pouvoir technique des édulcorants à base de maïs de se substituer au saccharose.

Pour le moment, les pays industrialisés tentent d'élargir l'éventail des utilisateurs d'édulcorants à base de maïs et, de cette façon, de gagner de vitesse la croissance des édulcorants à base de saccharose, qu'ils soient liquides ou solides. À mesure que se poursuit cette substitution des édulcorants à base de maïs au saccharose, les progrès du SGHTF dépendront encore plus de ses pouvoirs techniques de substitution aux autres édulcorants à base de maïs, c'est-à-dire les sirops de maïs et le dextrose.

Troisièmement, comme la production de SGHTF entre en concurrence directe avec le saccharose, l'évolution des prix du sucre déterminera l'importance du marché. Ce facteur est indépendant de la portée technique de substitution du SGHTF au sucre. Malheureusement, il est extrêmement difficile de prévoir les prix du sucre. Au cours de la période d'après guerre, on a assisté à un cycle plus ou moins défini de six ans des prix du sucre, mais l'explosion du prix des denrées de 1974 et l'affaissement qui a suivi, la stagflation et l'émergence des problèmes structurels auxquels l'économie mondiale a dû faire face ont remis en question l'évolution de tous les prix et encore plus celui d'une denrée aussi capricieuse que le sucre. On pourrait toutefois conclure que le caractère changeant, passé et futur, des prix du sucre servira à décourager l'utilisation du sucre et à favoriser, dans de nombreux pays, une substitution au SGHTF, de prix beaucoup plus stable. Cette incidence sera indépendante des écarts réels entre le prix du SGHTF et celui du sucre.

Quatrièmement, la croissance du SGHTF suivra de près l'évolution des prix du maïs. Le prix du maïs (brut et net) est le principal facteur du coût de production du SGHTF. Aux États-Unis, on produit suffisamment de maïs pour répondre amplement aux besoins de consommation directe et d'alimentation animale. Le prix des sous-produits du maïs dépend également de ces facteurs. À ce jour, le SGHTF a été commercialisé à un prix de réduction comparativement au prix du sucre. Le prix du maïs a l'avantage d'être plus stable que celui du sucre. Pourtant, comme on peut utiliser le maïs pour produire de l'éthanol, l'évolution des prix du maïs dépendra également du prix des produits pétroliers. Dans d'autres régions où l'on doit importer le maïs et où existe une industrie du SGHTF, par exemple le Japon et la CEE, le cours des prix internationaux des céréales déterminera l'ampleur du niveau de substitution.

Cinquièmement, même si de nombreuses innovations techniques sont survenues depuis que l'on a commencé à produire du SGHTF de façon commerciale, le produit est toujours considéré, selon les normes industrielles, comme un produit «jeune». Cela signifie qu'il fera presque certainement l'objet d'autres améliorations techniques. La rapidité de ces améliorations et la façon dont on adoptera le produit sur le plan commercial détermineront la force de frappe de la concurrence du SGHTF. La cristallisation du produit demeure le principal obstacle technique. Même si le procédé est actuellement possible, côté technique, il n'a pourtant pas encore franchi la barrière commerciale. La petite entreprise de production du SGHTF cristallisé établie à Savannah, en Illinois, fabrique un produit qui se vend aussi cher qu'un dollar la livre. La cristallisation du SGHTF demeure encore le «gros lot» à décrocher dans l'industrie des édulcorants. Toutefois, cela mis à part, on prévoit d'autres améliorations techniques d'importance, notamment dans le domaine de l'efficacité des enzymes, des économies d'énergie et dans les procédés d'automatisation économiseurs de main-d'oeuvre. Même si, toutes proportions gardées, ces gains ne sont pas aussi importants que par le passé, l'amélioration constante du produit réel ne peut que favoriser sa position concurrentielle sur les marchés des édulcorants.

Sixièmement, la mise en application commerciale de la technique relative au SGHTF dépend de la disponibilité des capitaux et de la probabilité de marges de

traitement assez importantes pour justifier l'investissement dans ce produit. Au cours des six dernières années, l'économie mondiale a connu des hauts et des bas et le processus de réajustement structural est toujours en cours, et loin d'être achevé. Dans ces circonstances, les perspectives commerciales ne sont pas aussi optimistes qu'elles le seraient en période d'explosion et d'expansion rapide ; par conséquent, on investira avec beaucoup d'hésitation et de précautions dans une nouvelle technique. L'arrivée du SGHTF s'est faite pendant une période d'explosion des prix du sucre. Depuis lors, on s'est rendu compte, vers la fin des années 70, de la surcapacité de l'industrie et cette dernière s'éloigne des grands espoirs antérieurs que l'on fondait en elle. La remontée partielle des prix du sucre, en 1981, a quelque peu ramené l'optimisme. Cependant, les prix actuels du sucre sont à la baisse, avec un engorgement du sucre à l'échelle mondiale et par conséquent, la situation n'est pas particulièrement encourageante pour des investissements qui n'arriveront à maturité qu'à moyen terme.

Un septième facteur qui influencera la croissance du SGHTF est l'importance du marché des édulcorants non caloriques. Pour le moment, ce marché est petit, soit moins de 1 % de la consommation mondiale d'édulcorants, même si aux États-Unis et au Canada, ce secteur est évalué à 16 % du marché des édulcorants. Il est dominé par la saccharine, mais les consommateurs des pays riches s'inquiètent des effets de ce produit sur la santé et se tournent vers des édulcorants non caloriques plus sûrs qui respecteraient les points mentionnés précédemment comme le goût, etc. Si l'Aspartame arrive à remporter la victoire, c'est non seulement le SGHTF mais tous les édulcorants caloriques qui seront menacés. En plus de l'Aspartame, on tente à tout prix de modifier le saccharose pour produire un super-édulcorant (voir la partie II), tandis qu'on fait des recherches pour des supers-édulcorants naturels comme celui tiré de la baie tropicale d'Afrique occidentale (*Thaumatococcus danielli*) qui aurait un pouvoir sucrant 3 000 fois plus élevé que le saccharose.

Le huitième et dernier facteur mentionné ici porte sur les politiques en matière d'édulcorants poursuivies à la fois dans les pays producteurs de SGHTF et chez ceux qui commenceront bientôt à en produire. Pour ces derniers, les principaux stimulants sont la disponibilité de l'amidon au pays, une industrie sucrière insuffisante ou peu importante et un secteur solide de boissons et boissons gazeuses. Comme nous l'avons vu, des pays comme le Pakistan, l'Australie, la Corée, l'URSS, l'Argentine, l'Indonésie et la Chine produisent déjà ou commenceront bientôt à produire du SGHTF. Pour chacun d'eux, le principal débouché demeure le secteur des boissons gazeuses et, dans trois cas au moins, on utilise un amidon de substitution (des fragments de riz au Pakistan, du manioc en Indonésie et du blé en Australie). Comme il est possible de produire de l'isoglucose à partir d'autres matériaux bruts, par exemple le blé, la pomme de terre, le manioc et le riz, la disponibilité du riz, de la patate douce et du manioc fera toute la différence. Toutefois, la région des Antilles est déjà bien équipée pour produire du sucre de canne et il est peu probable qu'elle se mette à produire du SGHTF. Dans les autres pays du Tiers Monde, toutefois, lorsque le maïs est disponible ou lorsqu'il n'est pas possible de cultiver sur place la canne à sucre, le SGHTF pourrait devenir une denrée importante. Pourtant, nous sommes d'avis qu'il faudra encore beaucoup de temps pour y arriver. A moyen terme, les politiques en matière d'édulcorants sur les marchés établis, en particulier ceux des États-Unis, du Japon et de la CEE, auront une importance cruciale pour l'industrie. Nous avons déjà souligné les grandes orientations politiques de ces marchés. Au sein de la CEE, la production de SGHTF des cinq dernières années a été limitée de façon délibérée à 200 000 t, car la Communauté protège toujours ses producteurs de betterave et respecte les obligations prises dans le cadre de la convention de Lomé. Les tractations commerciales jouent

donc actuellement un très petit rôle dans l'évolution de la production de SGHTF au sein de la CEE.

Aux États-Unis, c'est le contraire qui se produit. En dépit de l'inquiétude manifestée par les producteurs de sucre et des politiques d'importation adoptées, les tendances du marché sont les éléments clés dans la croissance du SGHTF aux États-Unis. Il est donc important de noter que les entreprises américaines productrices de SGHTF ont un enjeu substantiel dans la production de sucre de canne et de betterave, de maïs, de même que d'autres produits agricoles comme la fève de soya et la farine. Même si on s'intéresse aux autres édulcorants, nous avons vu que l'on a tendance à accroître la production du SGHTF. Pour ne citer que quelques exemples : American Maize (maïs) et Amalgamated Sugar (betterave) ont un projet conjoint en vue d'élargir la capacité de production du SGHTF de 100 % ; Amstar (le plus important raffineur de canne à sucre aux États-Unis et le deuxième producteur de betterave en importance) désire élargir sa capacité de 80 % ; ADM (fève de soya, farine, maïs) augmentera de 50 % ; CPC (maïs) haussera sa capacité de 180 % ; Great Western (betterave) augmentera sa capacité de SGHTF de 400 % et Holly Sugar, en dépit d'une baisse de ses gains et d'un long affrontement indirect (21 mois), désire également accroître sa nouvelle capacité.

Vu l'intérêt manifesté par ces entreprises à l'égard des divers édulcorants, leurs intentions d'accroître la production du SGHTF est, à mon avis, un des facteurs les plus significatifs de la confiance qu'elles mettent dans le SGHTF comme l'édulcorant de demain. Cette confiance n'écarte pas pour autant les périodes de pessimisme, notamment lorsque les prix du sucre sont très bas et qu'une surcapacité se manifeste, comme cela s'est produit, à intervalles réguliers. Pourtant, comme l'engagement à long terme est toujours là, ces périodes de ralentissement dans l'activité du SGHTF peuvent mener à des cassures de prix, compte tenu de la forte proportion de capitaux nécessaires à ces industries. Si les gains de la nouvelle technique sont sérieusement menacés de recul, on peut toujours se tourner vers la production d'éthanol puisque cette dernière utilise plus ou moins le même genre d'usine que le SGHTF.

À mesure que les travaux progressent, les producteurs de SGHTF qui vendent actuellement leur sucre à prix réduit seront de plus en plus tentés d'établir des prix plafonds, éliminant ainsi progressivement tous les producteurs de canne et de betterave inefficaces. Ces derniers devront compter de plus en plus sur des marchés protégés ou des subventions que ce soit dans le cadre de politiques d'aide nationale, comme aux États-Unis et au sein de la CEE, ou de soutien des prix régionaux et internationaux comme celui de la convention de Lomé et de l'AIS.

En conclusion, le SGHTF annonce donc la venue d'un édulcorant s'appuyant sur des secteurs vraiment très avancés de l'industrie moderne, par exemple la biotechnologie, les procédés automatisés en continu et la gestion des déchets. Pour une industrie traditionnelle comme celle du sucre, établie et fonctionnant encore largement d'après des méthodes et des systèmes agricoles inefficaces, la menace du SGHTF risque bien d'être presque mortelle. Il faut rappeler ici l'observation de Cooper et Schenkel, dans une étude citée antérieurement (Cooper et Schenkel 1976:88) :

. . . que les entreprises traditionnelles. . . ont continué d'apporter un engagement substantiel aux anciennes techniques, même si leurs ventes ont déjà commencé à décliner. . . cela démontre peut-être qu'il est difficile de changer l'évolution de la répartition des ressources dans un organisme déjà en place.

La menace posée aux organismes «établis» et «traditionnels» peut se combiner au fait que les changements industriels sont encore plus radicaux là où le produit nouvellement innové sert plus ou moins aux mêmes fins que celui déjà en place, mais possédant une base technologique entièrement différente — comme c'est le cas du saccharose et du SGHTF. De plus, même si le SGHTF est déjà un produit techniquement avancé, l'expérience des autres industries laisserait supposer que l'amélioration technique se poursuivra et connaîtra même une crête une fois approfondies ses applications commerciales. On a déjà pu observer ce phénomène pendant la courte période qui s'est écoulée depuis son introduction. La menace qui plane sur le sucre est donc une menace susceptible d'empirer à moins que l'on ne découvre des façons entièrement nouvelles et meilleur marché de cultiver et de traiter la betterave et la canne à sucre. Malheureusement, aucune innovation technologique de ce genre ne se dessine à l'horizon.

L'attitude des Antilles

Quel que soit le résultat éventuel de la concurrence entre le SGHTF et les autres édulcorants sur les marchés des États-Unis, du Canada, de la CEE et du Japon, un résultat est assuré : ce sont les importations qui subiront le poids de cette concurrence. Si l'on assiste à des rajustements internes des marchés des édulcorants, il faut s'attendre à ce que la politique gouvernementale interne déplace la plus grande partie possible du fardeau sur les producteurs étrangers. On peut donc anticiper que si la production de SGHTF s'accroît, les importations seront les premières victimes lorsqu'on imposera des restrictions aux importations. Si cela se produit, le sucre des Antilles, qui est surtout du sucre d'exportation, sera le premier touché. Une telle situation aggravera naturellement les problèmes auxquels fait face l'industrie de cette région et dont nous avons parlé au chapitre 1.

Mon interprétation de la réaction de l'Amérique du Nord, de la CEE et du Japon n'entend pas faire la lumière sur les obligations prises depuis longtemps par ces pays en vue de maintenir les niveaux réels d'aide aux exportateurs de sucre provenant des pays du Tiers-Monde. Le système de contingentement d'importations américain, l'Accord du Commonwealth sur le sucre (ACS) et, plus tard, la convention de Lomé viennent tous témoigner du fait que les politiques d'un marché et de prix garantis ont été introduites par ces pays industrialisés afin de respecter ces obligations et avec l'intention de favoriser la croissance, la concurrence éventuelle et la stabilité des exportations sucrières du Tiers-Monde. Pourtant, comme nous l'avons vu avec l'ACS et, plus tard, avec la convention de Lomé, les accords ont dû se défendre contre les puissants groupes de pressions économiques et politiques partout en Europe. Actuellement, le véritable niveau d'aide dans le cadre de la convention de Lomé est bien loin d'atteindre celui qu'avait offert l'ancien Accord du Commonwealth sur le sucre. Aux États-Unis également, nous constatons que le contingentement mondial actuel d'importations atteint 2,31 millions de tonnes (1984-1985), deux fois moins que les niveaux d'importations de la fin des années 70. Même si les raffineurs de sucre conventionnels de ces pays encouragent fortement les politiques d'aide aux importations de sucre des pays du Tiers-Monde, d'autres consommateurs et producteurs d'édulcorants à l'échelle nationale ne se feront pas faute de s'y opposer si cela signifie des prix plus élevés ou des subventions externes.

Compte tenu de ces réalités, nous ne pouvons passer outre à l'approche des Antilles à l'égard de l'Accord international sur le sucre qui préconise non seulement un

accord sur le sucre mais aussi un plan international en vue de réglementer l'expansion de tous les agents édulcorants, caloriques et non caloriques, y compris le SGHTF, dans un effort en vue d'assurer une évolution planifiée et disciplinée de l'industrie des édulcorants à l'échelle mondiale. Un tel plan n'entend pas protéger l'inefficacité, mais, au même moment, il prévoit néanmoins que ce qui prévaut actuellement pour «des répartitions commerciales de capacité de production d'édulcorants» ne sera pas nécessairement juste et équitable du point de vue social. Comme nous l'avons déjà noté, le «marché libre» du sucre est une fausse appellation puisque l'industrie tient infiniment aux accords spéciaux régissant la production et les ventes.

Comme nous l'avons vu au chapitre 1, même si la production de sucre a connu un déclin régional, le sucre occupe néanmoins une place importante dans l'économie et la société des Antilles. La région devrait donc, tout autant que n'importe quel autre pays ou groupe de pays, prôner un développement rationnel et ordonné de l'industrie mondiale des édulcorants. Pour cette raison, il faut absolument en arriver à une réaction définie qui soit beaucoup plus que la «politique du laisser-faire» actuellement en place. Des efforts en vue de fournir une base régionale de capacité de surveillance et d'information efficaces afin de faire face à la menace posée par le SGHTF pour les marchés étrangers de la région constitueraient un pas dans cette direction. Pour des raisons associées évidemment aux économies d'échelle, je propose une base régionale qui soit distincte d'une base nationale.

La surveillance constitue un aspect vital de la gestion de l'innovation technique. Selon Bright (1970), la surveillance comprend quatre activités fondamentales : a) scruter l'environnement social, industriel et scientifique afin de découvrir des signaux indicateurs des changements techniques importants ; b) déterminer le plus possible les conséquences des changements techniques perçus ; c) vérifier l'orientation et la rapidité des changements techniques et les effets de leur utilisation, en sachant bien pour qui on effectue cette surveillance de même que son utilisation par les concurrents ; d) présenter les données de façon à ce que la direction soit en mesure de décider des réactions de son organisation (Bright 1970 ; Utterback et Brown 1972).

Ces activités sont inévitablement complexes et les difficultés afférentes ne devraient pas être sous-estimées par les autorités régionales proposées de l'industrie sucrière. En effet, par le passé, ce sont peut-être des difficultés de ce genre qui ont contribué le plus à l'attitude du «laisser-faire». Les incertitudes liées aux changements techniques ont été classées comme suit : celles qui relèvent d'une catégorie «générale» découlant des connaissances insuffisantes des relations de cause à effet ; celles de la catégorie des «imprévus» découlant du fait qu'aucun organisme ne peut contrôler tous les éléments de l'environnement dont il peut subir les effets ; et les incertitudes «internes» qui existent dans tous les organismes en raison des ressources limitées, des groupes et des fonctions interdépendantes et qui sont également touchées par les décisions prises au sein de l'organisme (Utterback et Brown 1972:5-6). Face à cette situation, Utterback et Brown (1972:6) ont proposé une méthode simple mais efficace de surveillance comportant plus ou moins deux étapes, notamment :

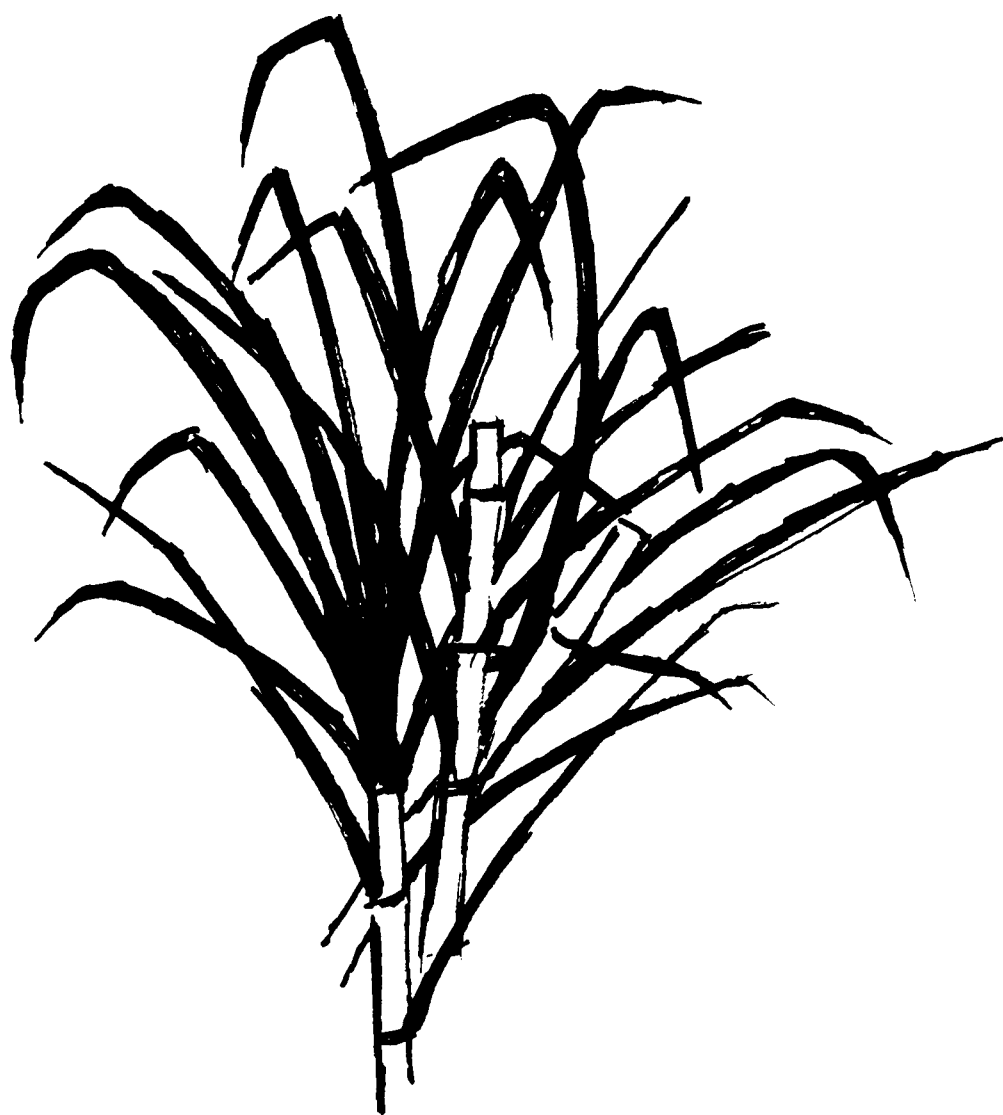
- 1) déterminer les «signaux» du changement au stade embryonnaire, et 2) recueillir des informations sur les paramètres et les phénomènes appropriés en vue de déterminer la rapidité des progrès de même que la forme et le caractère des incidences possibles du changement. C'est une méthode visant essentiellement à composer avec les incertitudes de l'imprévu. Si l'on attend que quelques-unes des réactions environnementales se précisent et si l'on suit ce processus jusqu'à ce qu'une ou plusieurs solutions de rechange se manifestent, les prévisions s'en trouvent grandement améliorées.

C'est le genre de surveillance que je recommande. Inutile de dire que, pour que cette surveillance soit efficace, son caractère doit être international, autant que la diffusion de la technique. En raison de leur affinité par rapport à nos conditions environnementales, il faudra surtout prendre soin de surveiller l'évolution de la production et de la technique du SGHTF au Tiers-Monde et en Europe de l'Est. Une fois de plus, c'est un travail très difficile, compte tenu des problèmes relatifs à la collecte et à la diffusion des données. Même si nous espérons fournir le plus d'information possible à la région, la présente étude n'en possède pas beaucoup. Une mise en garde : la diffusion de la technique du SGHTF est non seulement un processus à étapes multiples, mais la probabilité qu'une entreprise donnée (ou un pays) adopte un produit ou un procédé est une fonction de plus en plus courante dans nombre d'entreprises (pays) de cette industrie utilisant déjà cette façon de faire et une fonction de rentabilité de plus en plus intéressante.

Il ne suffit toutefois pas, pour détourner la menace, d'en arriver à un accord international en vue de réglementer la production et la commercialisation de tous les édulcorants, tout en mettant en place un service de surveillance et d'information à l'échelle régionale. Des mesures de ce genre sont avant tout défensives. Ce dont nous avons aussi besoin, c'est d'une poursuite rationnelle des efforts en vue de déterminer quelles sont les possibilités techniques d'utilisation du sucre pour quelque chose d'autre qu'un agent édulcorant. C'est ce dont nous traiterons dans la deuxième partie de la présente étude, que nous abordons maintenant. Un commentaire pour terminer : il faut constamment garder à l'esprit l'interconnexion entre la menace du SGHTF et les progrès des techniques de rechange en vue de transformer le sucre en produits autres que les agents édulcorants. Si l'on procède de cette façon, les recommandations émergeant de la première partie de l'étude seront jugées non seulement incomplètes, mais on reconnaîtra qu'à ce stade, elles ne peuvent logiquement pas être poursuivies plus avant.

Partie II

Le défi — l'incidence technologique des produits sucrochimiques



Chapitre 6

Les utilisations industrielles des sous-produits du sucre de canne

Tout au long de son histoire, la culture de la canne à sucre a surtout été orientée vers la production de saccharose et l'utilisation variée mais néanmoins limitée de ses sous-produits. Nous fournirons, dans ce chapitre, un point de départ à notre enquête sur le défi posé par les produits surochimiques en mettant en lumière les grandes possibilités industrielles des usines de canne à sucre avant de signaler les débouchés industriels d'un de ses produits — le saccharose.

En moyenne, 100 t de mouture de canne à sucre donnent : a) 11,2 t de sucre brut (98,5° de polarisation) ; b) 5,0 t de bagasse excédentaire (49 % d'humidité) = 1 300 kW h d'électricité excédentaire ; c) 2,7 t de mélasses (89 de brix ; densité 1,47) ; d) 3,0 t de boues filtrées (80 % d'humidité) ; e) 0,3 t de cendres ; et f) 30,0 t de déchets de canne et de bouts blancs. Les quantités données ci-dessus représentent des moyennes industrielles et peuvent donc varier considérablement d'un pays à l'autre et d'une installation à l'autre, dans le même pays. Ainsi, dans les Antilles, à mesure que l'efficacité des usines déclinait, nous avons noté que, même si l'on obtenait, il y a dix ans, une moyenne régionale d'environ 11,2 t de sucre brut pour 100 t de mouture de canne à sucre, cette moyenne est maintenant de l'ordre de 7,8 t. Autre exemple : lorsque l'on brûle la plante avant de la moissonner, il y a récupération de déchets et de bouts blancs. Par ailleurs, on exclut de la liste susmentionnée les cendres volantes et l'anhydride carbonique qui s'échappent des cheminées des chaudières des usines de traitement.

Notre champ d'enquête, dans le cadre de la présente étude, porte sur les utilisations industrielles du sucre brut selon la définition de Paturau : «la conversion du saccharose, selon des mécanismes chimiques, en produits de valeur supérieure» (Paturau 1969:11). Les mécanismes précis de cette conversion chimique, fondements de la surochimie, seront étudiés dans le prochain chapitre. L'utilisation des sous-produits (articles b) à f) ci-dessus) relève d'un domaine mieux connu sous le nom «d'agrotechnie élargie» (Paturau 1969:11). Comme nous l'avons indiqué au premier paragraphe, malgré notre but premier, il y a lieu de se pencher sur les aspects généraux de l'utilisation des sous-produits des usines de canne à sucre avant d'aller plus loin.

Utilisation des sous-produits

La bagasse, qui comprend la cellulose (produits de papier), les pentosanes (furfural) et la lignine (plastiques), est le sous-produit principal de l'usine de traitement de canne à sucre ; des études ont établi qu'elle se prête à un vaste éventail d'utilisations industrielles. Les plus importantes sont les suivantes :

a) Combustible (électricité, briquettes de charbon de bois, méthane et gaz de gazogène) ;

b) Produits fibreux (pâtes et papiers, carton, carton-fibre et panneaux d'agglomérés);

c) Produits divers (furfural, utilisé comme solvant sélectif dans la production de lubrifiants, d'alcool furfurylique et de certains pesticides et produits pharmaceutiques; alpha-celluloses, utilisées dans la fabrication des fibres de rayonne et d'acétate, du cellophane, des plastiques, des explosifs, des pellicules, des laques, et des papiers fins; plastiques; litières et paillis pour volailles; aliments pour animaux; béton; produits d'amélioration du sol et agents de démoulage utilisés en métallurgie).

Partout dans le monde, les usines de production de canne à sucre utilisent la bagasse et atteignent ainsi une autonomie énergétique. Dans nombre de pays, la bagasse entre dans la fabrication des produits fibreux et se prête à toutes sortes d'usages, par exemple comme litières et paillis pour la volaille. Deuxième sous-produit : les mélasses riches en sucre, qui peuvent servir de matières premières chimiques, d'éléments nutritifs pour les micro-organismes ou d'éléments dans certaines réactions chimiques. Les principales utilisations des mélasses sont les suivantes :

a) Utilisation directe (engrais, aliments pour animaux);

b) Distillerie (rhum, alcool éthylique, alcools rectifiés, alcool comme source d'énergie et dérivés de l'alcool);

c) Autres industries de fermentation (vinaigre et acide acétique, acétone-butanol, acide citrique, glycérine et levure);

d) Produits divers (acide aconitique, glutamate monosodique, dextrane).

Comme la bagasse, la mélasse est un important sous-produit de l'industrie du sucre de canne. Elle sert surtout à l'alimentation des animaux et aux industries de fermentation. En tant qu'aliment pour animaux, la mélasse entre en concurrence avec le maïs, constituant une autre interconnexion importante entre le SGHTF et le saccharose. L'utilisation de la mélasse dans les distilleries est universelle. Toutefois, certains pays ont lancé récemment des programmes de production de diluants à essence; c'est le cas notamment en Tanzanie et dans l'île Maurice, où l'on utilise la mélasse comme matière première pour la production d'alcool plutôt que pour la production directe d'alcool à partir de saccharose.

Les boues filtrées servent peu : engrais et conditionneurs de sols, aliments pour animaux, cire et corps gras, et charge de matériaux de construction. La cire et les corps gras des boues filtrées proviennent des propriétés imperméabilisantes de l'écorce de la canne. Pourtant, cela ne constitue qu'environ 0,18 % du poids de la canne. Tout indique que la plus grande partie des boues filtrées est jetée ou ajoutée aux sols et aux aliments pour animaux.

Les cendres produites par les usines peuvent être utilisées comme matériau de construction. Elles ne représentent que 0,3 % des produits des usines de traitement de la canne à sucre. Les feuilles et les déchets de la canne, qui constituent jusqu'à 30 % du poids de la plante, donnent le gros des sous-produits de la canne à sucre. On s'en sert surtout comme fourrage, mais on ne peut en obtenir si l'on n'a pas procédé au brûlage de la canne avant sa récolte.

Dans les Antilles, l'utilisation des sous-produits est plutôt limitée; l'industrie se concentre surtout sur la production du saccharose. Jusqu'à présent, la mélasse a

surtout servi à la production d'alcool, même si une partie servait également à l'alimentation des animaux, sur les marchés intérieur et extérieur. Dans la distillation des alcools à partir de mélasse, on se sert très peu d'anhydride carbonique et de jus de distillerie, autres sous-produits. Ce dernier se compose d'hydrates de carbone non fermentés et de levures inactives, et est habituellement jeté. En effet, à un moment donné, il y avait tant de mélasse qu'on l'enfouissait pour s'en débarrasser. Dans les usines de broyage de la canne, on se sert évidemment de la bagasse comme combustible. Une partie des surplus est aussi utilisée comme litière pour la volaille et comme paillis dans les champs. On fabrique également une petite quantité de panneaux de bagasse. Les boues filtrées sont, en règle générale, épandues dans les champs comme engrais ou amendements pour les terres. On utilise aussi parfois les cendres volantes à cette fin. Lorsque les feuilles et les extrémités supérieures des tiges ne sont pas brûlées, on en ajoute de petites quantités aux aliments pour les animaux.

Cette utilisation régionale relativement limitée des sous-produits se combine au sous-développement de la production locale des sirops et sucres raffinés. Ces sucres et sirops sont utilisés dans les industries de confiserie et de traitement des aliments et des boissons, et il n'est pas rare que les industries de traitement locales demandent un permis d'importation. Par conséquent, nous pouvons conclure que le principal objectif de l'industrie de la région n'est pas simplement la production du saccharose, mais plus précisément la production du saccharose à des fins d'exportation et de raffinage plus poussé, à l'étranger. Comme nous l'avons noté au chapitre 1, la demande régionale évoluera vers les utilisations industrielles plutôt que vers une augmentation de la consommation par habitant. La demande de capacité de raffinage à l'échelle nationale ne manquera sans doute pas de s'accroître.

Dans le cadre de notre étude sur l'industrie du SGHTF, dans la partie 1, nous avons mentionné l'importance des sous-produits du maïs pour l'industrie, car ils constituent près des deux tiers des coûts bruts de matières premières de l'industrie. Il n'existe pas de données fiables sur l'importance des sous-produits dans la culture de la canne à sucre, dans la région, mais tout porte à croire que ceux-ci ne dépassent pas en moyenne 5 % des coûts de production. La production de betterave à sucre génère aussi des sous-produits, le principal étant la pâte de betterave à sucre, d'habitude sous forme de mélasses (à l'état sec ou humide), réservée presque entièrement à l'alimentation des animaux.

Ce bref aperçu des utilisations possibles des sous-produits de la canne à sucre nous permet de passer à l'examen du potentiel industriel du saccharose.

Chapitre 7

Les possibilités du saccharose comme produit chimique de base

Les propriétés du saccharose

Le présent volet de l'étude portera sur le saccharose comme produit chimique de base et non pas comme source traditionnelle de sous-produits du raffinage du sucre de canne. Nous cherchons à jeter un pont entre la culture d'une denrée d'exportation et des innovations techniques et scientifiques de pointe. Si nous réussissons, nous pourrions envisager un changement qualitatif dans la courbe de l'industrialisation de l'agriculture tropicale. Par le passé, on s'est surtout penché sur le perfectionnement du produit final et sur une utilisation de plus en plus poussée des sous-produits. L'aperçu du chapitre précédent servait donc uniquement à fournir des renseignements de base sur les possibilités de l'utilisation traditionnelle des sous-produits. Ces derniers resteront disponibles même si l'on utilise la canne à sucre pour produire du saccharose qui serait par la suite converti en un produit chimique de base plutôt que consommé de la façon actuelle. Pour cette raison, la question des sous-produits demeurerait encore un aspect secondaire de l'industrie et ne devrait donc pas être écartée simplement en raison de la nouvelle orientation proposée dans la présente étude.

En abordant l'étude de la sucrochimie selon une perspective non chimique, j'ai constaté qu'il serait intéressant d'essayer d'évaluer les possibilités du saccharose comme produit chimique de base en exposant d'abord les grandes propriétés chimiques du saccharose, puisque de nombreux chimistes connaissent mal la sucrochimie. Selon mes lectures et mes entretiens avec des spécialistes du milieu, j'estime que les points suivants résument assez bien les propriétés essentielles :

a) Le saccharose est le composé organique pur défini le plus abondant. Il a une masse moléculaire peu élevée (342) et une grande polyvalence chimique. Il est tellement pur qu'on prétend que le sucre de table ordinaire contient 99,96 % de saccharose, la moitié du reste étant de l'eau. Même le sucre brut livré des Antilles a un taux de pureté atteignant 97,5 %. La production mondiale de saccharose est actuellement d'environ 100 millions de tonnes par année. Ces deux propriétés, abondance et pureté, sont deux grands atouts du saccharose, du point de vue de ses utilisations possibles comme matière de base chimique.

b) Le sucre est chimiquement polyvalent. Comme le souligne Vlitos, il constitue un «polyol bon marché qui peut servir à un vaste éventail de réactions dans la fabrication de résines, d'agents plastifiants et d'agents tensio-actifs» (Vlitos 1979b:14). En effet, le sucre est tellement polyvalent qu'on prétend qu'il est techniquement possible de produire, à partir du saccharose, tous les produits chimiques actuellement fabriqués à partir de charges d'alimentation dérivées du pétrole.

c) Le saccharose est soluble dans l'eau : pour certaines réactions chimiques, c'est un atout important ; pour d'autres, c'est un désavantage.

d) Le saccharose est facilement métabolisé par les micro-organismes, les plantes, les animaux, etc. Cette propriété le rend biodégradable, avantage important sur certains produits chimiques dérivés du pétrole, par exemple les détergents.

e) Le saccharose est non toxique. Cette propriété élargit évidemment l'éventail de ses applications utiles, en particulier dans les domaines comme l'alimentation, les produits pharmaceutiques et les produits de beauté.

f) Le saccharose forme facilement des complexes avec certains ions métalliques.

g) Le saccharose est hygroscopique, c'est-à-dire qu'il a tendance à absorber l'humidité.

h) Le saccharose est une matière de base importante dans les procédés de conversion microbienne, c'est pourquoi on l'emploie depuis longtemps dans la production des alcools, acides organiques et autres.

i) Le saccharose est instable à la chaleur, ce qui tend à poser des problèmes pour certains procédés chimiques.

j) Le saccharose est non seulement source d'énergie, mais aussi assez abondant pour être particulièrement intéressant comme source d'énergies de rechange, puisque certaines des solutions de rechange étudiées, par exemple, les énergies éolienne, nucléaire et hydraulique, même si elles produisent de l'énergie, ne possèdent pas une masse susceptible d'être transmise aux autres produits.

k) Deux réactions chimiques manifestes du saccharose méritent d'être appréciées à leur juste valeur. La première est l'hydrolyse, c'est-à-dire l'inversion de l'angle de polarisation en présence des acides de Lewis. L'inversion aqueuse donne deux sucres simples, le D-glucose et le D-fructose. Dans le contexte de la présente étude, il importe de noter que dans la plupart des procédés sucrochimiques, cette inversion est indésirable. Cela veut donc dire que les réactions doivent se produire en l'absence des acides de Lewis. L'autre réaction est la pyrolyse, réaction plus complexe que l'hydrolyse. Elle fait partie du procédé familier de caramélisation qui se produit lorsque le sucre est chauffé à plus de 140 °C en présence de sels ou de catalyseurs acides. Les produits qui en résultent se composent d'eau et d'un mélange extrêmement complexe de produits de dégradation. Comme on peut s'y attendre, la pyrolyse serait plutôt une réaction non désirée des procédés sucrochimiques et, de ce fait, ce genre de réaction devrait éviter le contact direct avec les acides de Lewis et se faire à des températures de réaction modérées.

l) Les molécules du sucre (saccharose, hexoses, etc.) sont quelque peu instables. Comme le fait observer Paturau (1969:11) : « Ces molécules jouent un rôle très important dans le règne végétal puisqu'elles sont constamment formées, fractionnées et transformées. » Ce qui constitue un atout pour les réactions biologiques peut devenir un sérieux handicap pour les réactions chimiques.

m) Les hydroxyles de saccharose réagissent en général moins que l'eau. Cela pose un problème lorsque l'on fabrique des dérivés du sucre en milieu aqueux.

n) Et enfin, le saccharose possède une proportion élevée d'oxygène par rapport au carbone, ce qui limite le nombre de solvants organiques susceptibles d'être utilisés.

Le pétrole est, en règle générale, faible en oxygène ou est constitué exclusivement d'atomes de carbone et d'hydrogène. Comme matière chimique de base, cela est très prometteur. Toujours selon Paturau (1969:12) : «Ainsi, le rendement théorique/poids de l'éthylène dérivé du pétrole est de 165 %, tandis que la production d'éthanol par fermentation résulte en un rejet des deux tiers de l'oxygène et du tiers du carbone, le rendement théorique maximal étant de 54 %».

Ce genre de limite ne constitue pourtant pas un obstacle insurmontable. Comme nous le verrons plus loin, il y a toujours moyen de contourner le problème, notamment en adoptant des dérivés qui, tout en ayant un rendement faible ou modéré, ne peuvent être remplacés par d'autres produits. Une autre façon serait de se concentrer sur les réactions faisant appel à un procédé biologique, par exemple l'acide citrique, ou sur les réactions où la perte du poids est minime mais où il est difficile de recourir à d'autres techniques de production, par exemple le sorbitol, le mannitol.

Le saccharose et les opérations chimiques

La section précédente, avec sa présentation détaillée des grandes propriétés chimiques du saccharose, nous prépare pour la prochaine étape de l'analyse, au cours de laquelle nous déterminerons la nature des procédés chimiques pouvant constituer les assises de l'industrie sucrchimique. Nous aborderons cette tâche d'envergure dans la présente section en nous reportant, de temps en temps, aux propriétés déjà mentionnées.

La question fondamentale se résume ainsi : si nous voulons utiliser le saccharose à l'échelle commerciale, il faut d'abord le transformer en d'autres produits de valeur supérieure, soit chimiquement ou microbiologiquement. Malheureusement, on oublie quelquefois l'expression «de valeur supérieure» dans l'émoi que suscitent les grandes découvertes techniques dont l'importance, en tant que facteur contribuant à la valeur nette, ne peut être justifiée à l'heure actuelle. Laissons de côté pour un moment cette question pour explorer les deux grandes avenues dans la transformation chimique du saccharose, c'est-à-dire la dégradation chimique et la synthèse dirigée en présence d'autres agents chimiques. Nous avons en tout trois voies, soit : la conversion microbienne, la dégradation chimique et la synthèse chimique. Chacune de ces possibilités sera étudiée en détail.

Conversion microbienne

Dans le cas de la conversion microbienne, deux points fondamentaux sont dignes de mention. Premièrement, l'approche est traditionnelle ; les procédés habituels de fermentation en sont peut-être le meilleur exemple. Dans cette conversion, certains facteurs essentiels méritent d'être notés.

a) L'utilisation des micro-organismes dans la conversion d'un produit chimique à un autre est relativement non spécifique. Cela signifie qu'après un traitement convenable, non seulement le sucre mais la plupart des sources d'hydrates de carbone peuvent être convertis en matière première. Pour utiliser ce procédé, l'industrie chimique du saccharose doit donc être fortement en mesure de concurrencer — et pour ce faire, elle doit pouvoir se procurer ses matières de base à bon prix — d'autres sources d'hydrates de carbone, par exemple le maïs, le riz, le blé, la pomme de terre, le

manioc. En d'autres mots, l'avantage particulier du saccharose pourrait bien être perdu au cours du processus de conversion microbienne, qui est non spécifique.

b) Comme les micro-organismes sont utilisés dans le processus de conversion, le rendement est inévitablement faible, puisque le micro-organisme doit métaboliser une partie du saccharose comme source de son énergie.

c) Le processus de conversion microbienne a de faibles taux de réactions, il exige une grande quantité de produits de même qu'une longue durée de traitement. Même si les variables de la recherche s'améliorent, comme nous l'avons noté dans le cas de l'isomérisation du maïs en fructose où l'utilisation d'enzymes immobilisées a remplacé l'ancien processus de production discontinue, cette façon de faire est beaucoup plus coûteuse que les autres procédés, par exemple les pétrochimiques ; c'est donc là un facteur à ne pas oublier.

d) La séparation du produit désiré, dans le cadre du processus microbien, pose des problèmes techniques de taille dont la solution augmente inévitablement les coûts. Ainsi, la présence d'eau exigera normalement un apport énergétique en vue de concentrer et de séparer le produit.

Même si ces observations démontrent bien les restrictions imposées par le processus microbien, certaines restrictions peuvent parfois devenir un avantage. Prenons quelques exemples : la présence de l'eau et des agents associés non sucrés dans les opérations chimiques peut être souhaitable. Les procédés microbiens peuvent également permettre des réactions complexes à étapes multiples ou stéréo-spécifiques et grâce à l'efficacité d'une conversion améliorée, cela peut être avantageux. Dans le même ordre d'idées, ce processus peut souvent se contenter de substrats moins purs et ainsi favoriser l'exploitation de ce que l'on considérerait habituellement comme des déchets.

Deuxième point à observer : l'éventail des produits obtenus par conversion microbienne. Une grande variété de produits peuvent être fabriqués suite au métabolisme et à la croissance des micro-organismes, grâce à une source de carbone et d'énergie comme le sucre. Le travail technique consiste à trouver un micro-organisme particulier pouvant mener à bien les transformations chimiques spécifiques des molécules de saccharose. Même si certains de ces travaux dépassent les possibilités actuelles de la chimie organique, voici une liste des principaux produits possibles :

a) Un vaste éventail d'antibiotiques qui sont, bien sûr, utilisés dans le domaine de la santé.

b) L'acide gluconique. Le rendement ici est de 70 % du saccharose utilisé. Cet acide trouve des applications dans les préparations pharmaceutiques où les sels sont utilisés comme moyens d'introduire des oligo-éléments dans le régime, par exemple le gluconate ferreux (fer) et le gluconate de calcium (calcium) ; dans la cuisson et dans les aliments pour animaux, où on peut l'utiliser comme source de calcium pour les poulets, comme stabilisateur pour la graisse végétale ou comme moyen de prévenir le brunissement excessif en grande friture ; dans les agents de nettoyage des bouteilles et des métaux puisque l'acide a une faible toxicité et corrosivité ; dans les peintures où il est utilisé pour ses propriétés anticorrosives en milieu marin ou comme additif dans les peintures à base d'eau afin d'empêcher l'inflammabilité due à la présence de calcium et de magnésium.

c) Gommex xanthanes. On a ici un rendement de 65 % du sucre utilisé. La

gomme xanthane est un matériau pseudoplastique possédant des propriétés rhéologiques particulières combinées à une bonne résistance aux variations de températures et de pH. On l'utilise dans les domaines suivants : dans les aliments en vue d'améliorer la texture, d'améliorer la stabilité au gel des aliments congelés, d'agir comme agent de suspension et d'épaississement dans les relishes et les vinaigrettes et de donner les caractéristiques du gluten aux farines qui ne sont pas à base de blé ; dans les produits de beauté comme agent de suspension et comme émulsifiant dans les dentifrices, les onguents, les crèmes, etc. ; dans le forage des puits de pétrole comme additif liquide en raison de sa compatibilité avec les sels et de sa résistance aux fluctuations atmosphériques. Dans ses applications dans les puits de pétrole, la gomme xanthane a l'avantage de posséder une charge utile élevée de fluide et de bonnes propriétés de rétention d'eau. On l'utilise également dans de nombreux produits industriels comme agent de suspension, émulsifiant et stabilisateur, surtout dans les produits difficiles à stabiliser comme les agents de polissage, les nettoyeurs, les glaçures à céramique et les colles d'imprimerie.

d) Les biopolymères. La synthèse des polymères de poids moléculaire élevé au moyen de saccharose est un processus assez bien connu. On prétend qu'elle constitue une partie intégrante du métabolisme de tous les micro-organismes et cela n'est pas surprenant quand on considère le rôle important des lipopolysaccharides dans la structure de la plupart des micro-organismes. Le mieux connu des biopolymères est le dextrane. Le rendement du dextrane est de 33 % du sucre utilisé. Il possède des applications utiles en médecine, comme diluant du volume du plasma sanguin ; en traitement des aliments, comme agent épaississant et dans le forage des puits de pétrole. Il existe plusieurs usines de production du dextrane dans le monde, et l'une d'elles est située dans les Antilles, à Cuba.

e) L'acide D-araboascorbique (iso-vitamine C). Le rendement ici est très faible, 15 % de sucre utilisé. On le produit habituellement à partir d'une préparation de cellules séchées de *Penicillium notatum* dans le saccharose.

f) L'acide kojique et ses dérivés utilisés comme pesticides. L'organisme utilisé est l'*Aspergillus flavus*.

g) Le fructose, qui peut être produit à partir de saccharose par l'organisme *Aspergillus niger*.

h) L'éthanol, qui peut être produit directement à partir du vésou ou de la mélasse de canne à sucre. L'éthanol peut être utilisé comme diluant à essence, pour fabriquer des boissons alcooliques potables, comme produit chimique intermédiaire et comme produit de base chimique. C'est le plus important produit de cette liste et nous analyserons, dans le chapitre 9, pourquoi certains le considèrent comme le grand produit de l'avenir de l'usine de canne à sucre.

Dégradation chimique

Le deuxième procédé est celui de la dégradation chimique. Le diagramme ci-dessous (fig. 3) résume ce procédé. Comme nous le verrons plus en détail dans le chapitre suivant, c'est dans ce domaine que sont concentrés les travaux de recherche de la Fondation internationale du sucre. L'expérience a démontré que du point de vue commercial, le projet a connu très peu de succès, même si l'on a fait de nombreuses découvertes techniques. Le principal problème de cette avenue semble être que les

produits de dégradation du saccharose sont d'un poids moléculaire moins élevé, permettant ainsi leur synthèse soit de sources de carbone moins coûteuses (par exemple le pétrole), ou même à partir de déchets d'hydrates de carbone. Autre facteur : les réactions de dégradation chimique se poursuivent de façon relativement « incontrôlée », ce qui donne un mélange de produits duquel il faut isoler celui dont on a besoin. Il semble donc, a priori, que l'efficacité de cette avenue doive s'appliquer à des circonstances spéciales où il n'est pas facile de fabriquer des produits concurrentiels. C'est la position adoptée par Khan et Forage (1979–1980:178) : « En dépit de recherches antérieures approfondies sur les réactions de dégradation des hydrates de carbone visant à produire une variété de produits, cette approche n'est pas concurrentielle actuellement. »

Sans oublier ces mises en garde, nous terminerons ici la description en observant les diverses réactions de dégradation précisées et résumées dans la figure 3. Ces réactions sont les suivantes :

a) *Faibles conditions d'hydrogénation catalytique du sucre inverti.* Cela donne les hexitols, le mannitol et le sorbitol. Ce sont des produits spéciaux et leurs débouchés, grâce à cette avenue, sont déjà commercialisés. Toutefois, la demande de saccharose est limitée puisque leur production en exige très peu.

b) *Conditions vigoureuses d'hydrogénation catalytique du saccharose.* Cela donne du glycérol; les sous-produits sont le propanediol, l'éthylèneglycol et

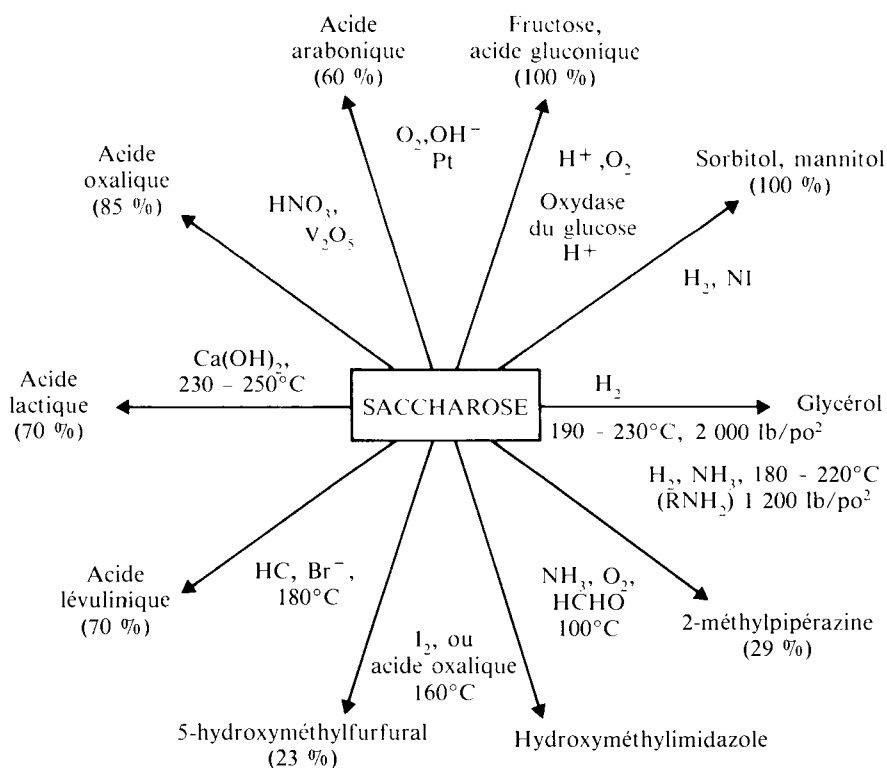


Fig. 3. Réactions de dégradation du saccharose.

l'érythriol. On estime que, vers le milieu des années 60, environ un dixième de la production américaine de glycérol était produit de cette façon. Toutefois, la concurrence des glycérols synthétiques a entraîné la fermeture des principales usines en 1969.

c) *Hydrogénation en présence d'ammoniaque ou d'amines primaires.* Cela donne du 2-méthylpipérazine ou des dérivés du *N*-alcyle. Ce rendement n'a jamais dépassé 30 % et le résultat est jugé non rentable.

d) *Réaction directe du saccharose avec l'ammoniaque.* Cela donne un mélange complexe d'hétérocycles d'azote où dominent les diméthylimidazoles. Ici aussi, les résultats sont peu prometteurs et cette avenue est jugée non rentable.

e) *Faibles catalyseurs acides à température élevée.* Cela donne du 5-hydroxyméthylfurfural. Le rendement est faible, moins de 25 %, et la demande est limitée.

f) *Puissants catalyseurs acides à température élevée.* Cela donne les acides lévulinique et formique. Cette avenue n'a pas encore été exploitée à l'échelle commerciale, puisque ces produits peuvent être obtenus à partir du furfural.

g) *Dégradation alcaline du saccharose en présence de chaux.* Cela donne un bon rendement d'acide lactique (70 %). Le processus de fermentation lactique est toutefois meilleur (rendement de 85 %), et c'est donc l'avenue que l'on préfère. On produit également de l'acide lactique synthétique.

h) *Oxydation du saccharose par l'acide nitrique.* Cela donne un acide oxalique avec d'assez bons rendements, mais qui n'est pas encore rentable : l'utilisation des déchets de cellulose et d'hydrates de carbone est moins coûteuse.

i) *Oxydation à l'air du saccharose en présence de catalyseurs de platine.* Cela donne de l'acide arabonique en quantités intéressantes et les chimistes qui poursuivent des recherches sont très optimistes quant à cette possibilité.

j) *Oxydation à l'air du saccharose en présence de l'oxydase de glucose immobilisée.* Cela donne de l'acide gluconique et du fructose et les résultats jusqu'à maintenant sont aussi très prometteurs.

Synthèse dirigée

En raison de la faible rentabilité des applications du saccharose pour les procédés de conversion microbienne et de dégradation chimique, les possibilités de l'industrie surochimique résident, moyennant des découvertes techniques, dans la troisième avenue, c'est-à-dire la synthèse dirigée. Les deux avenues considérées à l'origine tentent d'utiliser le saccharose comme source de produits plus simples. L'approche de la synthèse dirigée considère le saccharose comme principale matière de base et tente d'exploiter les possibilités en vue de le synthétiser avec d'autres agents chimiques de façon à fabriquer des produits de valeur supérieure. Cette approche utilise le saccharose dans sa présentation commerciale habituelle, c'est-à-dire sous forme anhydre pure (Hickson 1977 ; Vlitos 1977 ; Parker 1979a, b ; Parker et Righelato 1980 ; Vlitos et Parker 1981). La possibilité d'utiliser du saccharose sous cette forme est jumelée aux propriétés chimiques du saccharose identifiées dans la section ci-dessus, puisque l'objet de la synthèse dirigée est de produire des réactions avec des composés choisis de synthèse ; ces réactions sont déterminées, au bout du compte, par la réactivité et la stabilité des molécules de sucre.

Comme le saccharose est essentiellement un polyol, les chimistes font valoir qu'il peut offrir un éventail presque illimité de dérivés (Vlitos et Parker 1981:40). Il se prêtera à toutes les réactions habituelles de l'alcool. Selon Vlitos, nous pouvons présenter ces dérivés possibles par fonction, comme nous le voyons plus bas (Vlitos 1977). Les parenthèses indiquent les utilisations industrielles possibles des dérivés, selon les connaissances actuelles.

La première fonction est l'estérification du saccharose à partir des méthodes classiques pour produire des polyesters. Les produits qui en résultent dépendront des conditions et de l'agent d'acylation employé. La deuxième fonction est l'éthérification, encore selon les méthodes classiques ; elle présente quelques difficultés. La troisième fonction est la production d'uréthanes. La quatrième fonction est la production de xanthates et la dernière, la production d'acétaux.

Esters — monostéarate (agent émulsifiant tensio-actif), monoacétate (agent humectant), distéarate (agent émulsifiant), hexalinoaté (revêtements de surface), octa-acétate (plastifiant dénaturant), octa-benzoate (plastifiant), di-isobutyrate, hexa-acétate (modificateur de la viscosité), monométhacrylate (monomère de résine), polycarbonate (produit intermédiaire de résine).

Éthers — éther de mono-octadécyle (agent tensio-actif), hepta-allyle (huile siccative), octacyanoéthyle (substance diélectrique), octahydroxypropyle (agent de réticulation des résines de polyuréthane), tétracarboxyéthyle (agent de chélation).

Uréthanes — *N*-alkylsulphonyle (agents tensio-actifs).

Xanthates — *S*-alkylmonoxanthates (agent tensio-actif de chélation).

Acétaux — saccharose de cétyloxyéthyle (agent tensio-actif).

Un des principaux obstacles aux progrès des dérivés synthétiques du saccharose est la «solubilité restreinte des agents réacteurs dans les solvants autres que ceux qui ont une réactivité semblable à celle du saccharose» (Parker 1979a, b). Comme nous le verrons dans le prochain chapitre, certains des solvants utilisés, par exemple la pyridine, le diméthylformamide, le diméthylsulfoxyde, sont très coûteux si l'on s'en sert à l'échelle commerciale. On a donc encouragé la découverte de produits n'exigeant aucun solvant ou d'autres produits se vendant à un prix permettant de recouvrer le coût excessif de ces solvants. Ces questions seront traitées dans les prochains chapitres puisque notre objectif se limite ici à la présentation des grandes questions techniques liées à la production des produits sucrochimiques.

Conclusions

Les deux premières sections de ce chapitre tentaient de mettre en lumière les problèmes techniques associés à la production de produits sucrochimiques. Même si l'on se concentrait surtout sur l'aspect chimique du problème, il était impossible de passer outre, dans le cadre de cette démarche, à certaines implications commerciales. La présentation des questions chimiques a commencé par un résumé des propriétés chimiques du saccharose en vue de déterminer son potentiel comme matière de base chimique pour ensuite aborder les avenues techniques menant à la production de produits sucrochimiques. Trois avenues ont été précisées et chacune a été étudiée en détail. La synthèse dirigée était l'avenue préférée, et on a présenté les dérivés du

saccharose, selon leur fonction chimique, dans l'exposé précédent. En matière de conclusion au présent chapitre, nous offrons une présentation qui regroupe les produits (entre parenthèses) découlant du saccharose, selon le genre de réaction qui les produit. Nous basons notre étude sur les travaux antérieurs de Paturau et nous l'offrons afin de refermer la boucle du présent chapitre (Paturau 1969). Même si elle n'ajoute aucune nouvelle information, elle modifie néanmoins la perspective selon laquelle sont présentées les possibilités des produits sucrochimiques. De cette façon, elle servira peut-être à approfondir nos connaissances des questions en jeu.

Fermentation (éthanol, butanol, acétone, acide acétique, acides citrique et lactique).

Estérification (octa-acétate de saccharose utilisée dans les adhésifs, comme dénaturant, agent plastifiant et dans les résines cellulosiques ; esters des acides gras et octanitate de saccharose (explosifs)).

Allylation (saccharose allylique utilisé comme matériau d'enrobage, adhésif, dans les peintures et vernis à séchage rapide, etc.).

Réaction au propylène (Hypose SP80, marque de commerce du saccharose octakis (2-hydroxypropyle), utilisé dans les mousses de polyuréthane comme agent plastifiant, dans les résines et les amidons de colle, etc.).

Réaction au phénol et au formaldéhyde (agents explosifs).

Oxydation (produits alimentaires et pharmaceutiques, par exemple l'acide D-arabonique utilisé dans la fabrication de la vitamine B₂).

Hydrogénation (sorbitol et mannitol utilisés comme humectants, en médecine (par exemple dans les laxatifs et les dépresseurs de la tension artérielle) ; le propylène glycol utilisé comme résine polyester et le glycérol dans les résines et les gommes).

Dégradation acide (le furfural utilisé comme agent plastifiant et comme additif alimentaire et pharmaceutique, etc.).

Dégradation alcaline (l'acide lactique, qui possède un vaste éventail d'utilisations ; l'acrylate de méthyle utilisé comme agent adhésif ; les polymères ; les enrobages protecteurs, etc.).

Hydrolyse (le fructose utilisé dans les préparations alimentaires et pharmaceutiques).

Chapitre 8

Analyse historico-fonctionnelle des progrès de la sucrochimie

Après avoir présenté les aspects chimiques du saccharose et les avenues techniques de fabrication de ses produits chimiques, nous ferons maintenant un bref historique de la recherche dans ce domaine. Nous nous contenterons d'en donner un aperçu sommaire, qui devrait pourtant suffire à mieux faire comprendre non seulement l'origine des innovations techniques, mais aussi les obstacles à surmonter, en technologie. L'analyse faite jusqu'à présent y gagnera, espérons-le, en cohérence.

Une étude attentive de l'évolution de l'industrie chimique fait ressortir que les matières premières agricoles ont toujours été un important élément de base de cette industrie. Le sucre, l'amidon, la potasse, la cellulose et les huiles végétales sont parmi les produits de la biomasse les plus connus et les plus utilisés. Toutefois, à la suite du boom pétrolier du milieu du siècle, les produits de base pétrochimiques sont vite devenus la principale charge d'alimentation de l'industrie chimique. Par la suite, on a délaissé les matières premières agricoles, dans l'industrie chimique, pour rechercher des utilisations de plus en plus efficaces des composés et des dérivés du pétrole. Cette substitution en faveur du pétrole non seulement a touché la biomasse, mais a aussi nui au charbon qui représentait, jusqu'à ce moment-là, une importante charge d'alimentation industrielle dans l'industrie chimique.

Du point de vue industriel, chimie et énergie sont inséparables. L'énergie fait tourner les machines et fonctionner nos réseaux de transport et de communications, chauffe nos résidences et nos lieux de travail, outre qu'elle sert à produire les engrais, pesticides, herbicides et autres substances sans lesquels notre système agricole moderne ne réussirait pas à nourrir les populations des grands centres urbains. Il faut également de l'énergie pour extraire les minéraux dont nous avons besoin, confectionner nos vêtements, bâtir nos maisons et aménager les installations de loisirs essentielles à notre bien-être. Nous nous en rendons bien compte, mais la crise du combustible donne encore plus d'importance à l'énergie. Il s'agit là de la deuxième crise au cours de la période d'industrialisation capitaliste. La première s'est produite au cours des premières années de l'industrialisation, soit au milieu du XIX^e siècle, au Royaume-Uni (et beaucoup plus tard, aux États-Unis) lorsque le bois de chauffage qui avait été, jusqu'alors, le combustible le plus courant devint de plus en plus rare.

Dans tous les grands systèmes énergétiques utilisés jusqu'à ce jour — charbon, biomasse et pétrole — les matières premières génèrent de l'énergie tandis que la masse dont ils sont constitués se prête à des transformations chimiques. Certains nouveaux systèmes énergétiques, par exemple l'énergie nucléaire, bien qu'ils soient producteurs d'énergie, n'ont pas de masse susceptible d'être transformée. Comme source de masse, la biomasse a l'avantage d'être une ressource vraiment renouvelable, capable de répondre à la vaste gamme des besoins énergétiques susmentionnés. Voilà, à mon avis, l'avantage indéniable de la biomasse à long terme ; tant qu'il en sera ainsi, on poursuivra les recherches en vue d'en découvrir une utilisation efficace. Il est vrai que

par le passé, on a poussé les recherches pendant les périodes de grande pénurie de combustible (nécessité fait loi) pour les délaissier en période d'abondance apparente ; néanmoins, certains gens ont toujours continué à travailler dans ce domaine et continueront de le faire. C'est dans cette optique qu'il faut envisager l'industrialisation du saccharose.

L'apparition de la sucrochimie comme domaine d'étude remonte à la création de la Fondation de recherche sur le sucre (Sugar Research Foundation), en 1943. Cet organisme a été créé non pas à une époque de pénurie du combustible, mais à une époque où l'on croyait que le sucre était abondant et où l'on se demandait comment en écouler les surplus. La Fondation avait pour mission de mener ou d'appuyer des études sur l'utilisation non alimentaire du sucre. Pourtant, malgré son mandat, elle a cherché, pendant les huit premières années de son existence, à hausser la consommation de sucre en menant des campagnes systématiques pour démolir ce qu'elle qualifiait de «mythes et idées fausses» au sujet des effets néfastes pour la santé et le régime d'une consommation accrue de sucre (voir Hickson 1979:156–157). Cette attitude purement défensive a quelque peu changé à la suite de la nomination du professeur H.B. Hass qui, selon Hickson, «s'est taillé une réputation enviable en maîtrisant l'halogénéation et la nitration des hydrates de carbone en phase de vapeur» (Hickson 1979:157). C'est sous son égide qu'on a lancé officiellement un programme de recherches en sucrochimie. Toujours selon Hickson, ce programme comprenait «la conversion du saccharose, grâce à des procédés chimiques, en matériaux de valeur commerciale» (Hickson 1979:157). À son avis, cette définition du professeur Hass a lancé la sucrochimie. Il est intéressant de constater que la définition donnée est non seulement technique mais que son orientation est aussi commerciale.

Le chapitre précédent a soulevé la question de solvants pouvant être utilisés dans les dérivés de saccharose. Il a fallu attendre les années 50 pour que les chimistes puissent avoir accès à un nouvel ensemble de solvants, dont le *N*-dyméthylformamide (DMF) et le dyméthylsulfoxyde (DMSO), qui pouvaient servir à la production d'esters et d'éthers. De 1950 à 1960, après quelques découvertes prometteuses, les chimistes oeuvrant dans ce domaine ont manifesté un certain optimisme et commencé à proclamer que «les utilisations non alimentaires du sucre seraient la panacée des surplus de production» (Paturau 1969:11). Hickson décrit le phénomène en ces termes : «La Fondation, au milieu des années 50, s'est montrée très enthousiaste à l'égard des possibilités d'un programme sucrochimique. Les revues spécialisées, toujours à l'affût, ont accueilli chaque nouvelle découverte, acclamant le programme comme le point de départ de l'utilisation des ressources de la biomasse. . . ce qui ravivait les espoirs des producteurs sucriers soutenant la Fondation de recherche sur le sucre. L'expérience fut séduisante, tout le temps qu'elle dura» (Hickson 1979:172). Pourtant, les progrès techniques ne se sont jamais transformés en succès commerciaux et, comme l'a fait remarquer Paturau (1969:11) : «On découvrit très vite que la production industrielle et la commercialisation étaient beaucoup plus difficiles que prévu, surtout lorsqu'on entrait en concurrence avec la puissante industrie pétrochimique et les autres sociétés intéressées.» Il n'aurait pas fallu s'en étonner : on estime à 3 000 le nombre des agents tensio-actifs connus pour ne mentionner qu'un type de produits ; la pénétration du marché allait donc toujours être une tâche formidable.

Les travaux du professeur Hass et de ses collègues ont toutefois abouti à des découvertes importantes offrant un potentiel commercial. Un exemple frappant : la production d'un ester tensio-actif d'après un procédé breveté en 1960 par Dai Nippon Sugar Manufacturing Co., de Tokyo, et que poursuit Ryoto Co., dans un programme

de travaux conjoints avec Mitsubishi, pour l'utilisation d'esters Ryoto dans les industries de l'alimentation, des produits pharmaceutiques et des produits de beauté. Le premier solvant réactif utilisé a été le DMF, mais en raison de problèmes possibles de toxicité, etc., il a fallu inventer un procédé capable de s'en passer. Deuxième exemple du travail de cette époque : le procédé de production des sucroglycérides, mélange d'esters de saccharose et de glycérides d'acide gras. Le procédé a d'abord été utilisé sous brevet par la société Melle-Bezons de Paris, puis plus tard par la société Rhône-Poulenc qui s'est procuré le brevet. La marque de commerce est Célynols. Ce procédé permet de diminuer suffisamment les résidus de DMF, lorsque celui-ci est utilisé comme solvant de réaction, pour en permettre l'application à l'industrie alimentaire. Le marché principal est toutefois celui de l'alimentation animale, pour la reconstitution des huiles végétales en lait écrémé pour l'alimentation des veaux. Ce dernier procédé, modifié et perfectionné par Tate and Lyle Ltd, fera l'objet d'une analyse approfondie plus loin dans le texte.

On prétend que le tout premier produit sucrochimique à être commercialisé a été l'octa-acétate. L'exploitation de ce produit est due, en grande partie, aux travaux effectués à l'Institut Mellon, aux États-Unis. À ce jour, le produit a trouvé deux grands débouchés : d'abord comme agent plastifiant des esters cellulose (on utilise le produit comme matériau de liaison dans les glaces de sûreté lamellées), puis comme dénaturant, par exemple pour l'éthanol pharmaceutique. Ce produit a un goût extrêmement amer ; c'est cette propriété qui favorise son utilisation comme dénaturant. Les marchés combinés de ces deux produits ne sont toutefois que d'environ 50 t/an.

La Fondation a souvent travaillé en collaboration avec d'autres organismes ou à la demande de ces derniers. Ainsi, des études sur les mono-esters de saccharose des acides gras ont été entreprises à la demande du gouvernement de l'État du Nebraska qui cherchait des marchés pour les graisses animales non comestibles, surtout pour le suif. Même à l'époque, pourtant, la recherche en sucrochimie n'était pas l'apanage exclusif de la Fondation. Nous avons déjà parlé des premiers travaux de l'Institut Mellon. L'Université de l'État du Kansas a également fait d'importants essais des esters du saccharose et d'autres agents tensio-actifs dans l'industrie de la boulangerie-pâtisserie ; elle leur a trouvé plusieurs applications importantes. Par ailleurs, Tate and Lyle Ltd et son laboratoire de recherche associé à l'Université Reading ont mené, au cours de la dernière décennie, les travaux les plus soutenus sur les produits chimiques tirés du saccharose. Tate and Lyle Ltd fera l'objet d'une étude spéciale dans le chapitre 10.

La Fondation a dominé la recherche en sucrochimie jusqu'à ce que Tate and Lyle Ltd prenne la relève, il y a environ dix ans. La Fondation cherchait surtout à recueillir de l'information sur la chimie du saccharose, à synthétiser du saccharose et à déterminer les propriétés des nouveaux produits sucrochimiques créés. Elle insistait davantage sur les aspects scientifiques que sur les aspects techniques de la sucrochimie (Kollonitsch 1970). Elle n'insistait certes pas sur l'aspect commercial, contrairement à ce que semblait suggérer la définition du professeur Hass. Elle a donc négligé presque totalement la catégorie des matières connues sous le nom d'uréthanes. La technique de l'uréthane, en Occident, s'est développée dans le milieu industriel des STN chimiques, et la Fondation jugeait que cette tendance se maintiendrait. De toute façon, elle ne croyait pas disposer des ressources nécessaires pour contribuer vraiment au domaine.

La critique principale à l'égard de la recherche poursuivie par la Fondation est que cette dernière mettait beaucoup trop l'accent sur les produits de dégradation du saccharose. La longue liste des réactions de dégradation donnée au chapitre précédent est en grande partie le résultat de travaux liés, d'une façon ou d'une autre, à la Fondation. Les critiques déjà formulées valent donc pour les travaux de cette dernière. Ce n'est qu'après maints efforts dans cette voie que celle-ci a finalement reconnu l'absence de débouchés commerciaux. C'était l'avenue de la synthèse dirigée qui offrait les meilleures perspectives, mais au moment où la Fondation l'a enfin compris, Tate and Lyle Ltd avait déjà pris les devants. L'historique de l'innovation technique en surochimie s'achèvera donc au chapitre 10.

Deuxième grande critique des travaux de la Fondation : l'énergie «gaspillée» pour tenter de réfuter les arguments selon lesquels le sucre est nuisible, afin d'en «stimuler» la consommation. Cet effort a connu un regain en 1959–1960 et s'est poursuivi jusqu'en 1969, car la Fondation tentait par tous les moyens de prouver les dangers pour la santé du cyclamate, agent édulcorant non nutritif qui semblait menacer le marché sucrier. Lorsqu'il parle de cette période, Hickson (1979:13) souligne qu'après l'arrivée des cyclamates :

. . . l'industrie sucrière fut épouvantée, à juste titre ; elle confia le gros de son programme de défense à la Fondation. Celle-ci abandonna, à toutes fins utiles, tous ses autres travaux de recherche pour lutter au maximum contre cette grande menace économique.

Cette réaction radicale a fait obstacle au rôle de la Fondation dans cette technique émergente et a aidé à confirmer le rôle prépondérant de Tate and Lyle Ltd. Nous entreprendrons l'analyse de cette situation au chapitre 10.

En résumé, nous pouvons donc faire les observations suivantes :

- La recherche d'utilisations non alimentaires du sucre est attribuable aux excédents de saccharose et au besoin de trouver une ressource renouvelable capable de fournir un apport important à l'industrie chimique.
- La réponse de l'industrie a été la création, en 1943, de la Sugar Research Foundation dont le mandat principal a d'abord été de réfuter les allégations au sujet des dangers du sucre pour la santé.
- Même si elle a toujours été un peu sur la défensive, la Fondation, sous la direction du professeur Hass, en 1952, a proposé la surochimie comme nouveau domaine technique.
- Les travaux de la Fondation dans ce domaine ont abouti à la découverte de nouveaux solvants, bien que ceux-ci aient été trop coûteux pour des utilisations commerciales.
- Malheureusement, la plus grande partie de la recherche portait sur les produits de dégradation du sucre qui, du point de vue commercial, n'étaient pas vraiment concurrentiels.
- La mise au point de la synthèse dirigée allait marquer la perte du rôle prépondérant en recherche par la Fondation, en faveur de Tate and Lyle Ltd et de ses laboratoires associés, à l'Université Reading.

- Bien que la Fondation ait rajusté son tir, comme on l'a indiqué aux points trois et quatre, la mise au point des édulcorants non nutritifs, en particulier les cyclamates, a entraîné une recrudescence des travaux de recherche défensifs, en vue de prouver le danger que posent les cyclamates pour la santé. La Fondation s'est consacrée à cette tâche du début des années 1960 jusqu'en 1969, contribuant à lui faire perdre son rôle de chef de file dans la technique émergente de la sucrochimie.

Chapitre 9

Les produits sucrochimiques : quelques questions d'ordre général

Nous avons déjà étudié les propriétés et les avenues techniques de la production sucrochimique ; dans ce chapitre, je parlerai brièvement de certaines questions d'ordre général concernant les possibilités d'expansion à grande échelle dans cette industrie. Cela servira de prélude à l'analyse de Tate and Lyle Ltd (principale STN dans ce domaine), objet du chapitre suivant. La première question à l'étude sera la production d'éthanol. Ce sujet n'est traité nulle part ailleurs dans la présente étude, car le plan l'en exclut, si ce n'est comme une partie de «l'évaluation de l'impact technologique du système de combustible de rechange». Cette approche est fondée sur l'hypothèse selon laquelle la production d'éthanol comme diluant à essence constituera la principale application économique de ce produit. La présente étude porte plutôt sur la synthèse dirigée du saccharose en vue de fabriquer d'autres produits chimiques de valeur supérieure.

Éthanol de fermentation

Comme nous l'avons déjà mentionné, la fermentation du jus de la canne à sucre ou de la mélasse afin de produire de l'éthanol, même si elle ne fait pas appel à de nouvelles techniques, offre des possibilités à l'industrie chimique. L'éthanol de fermentation est un composé chimique organique possédant quatre grandes applications principales, notamment : la production de boissons alcooliques potables ; l'utilisation comme agent chimique intermédiaire ; l'utilisation comme matière servant à produire d'autres agents chimiques ; l'utilisation comme diluant à combustible.

Actuellement, les principales utilisations de l'éthanol sont les suivantes : conversion en boissons alcooliques, utilisation comme solvant chimique, utilisation comme diluant à essence et conversion en d'autres agents chimiques. Même si, traditionnellement, la production des boissons alcooliques a dépassé les autres applications, de plus en plus, depuis la «crise du pétrole», on constate une augmentation de son utilisation industrielle comme diluant à essence. (La production mondiale d'éthanol dépasse les 3 millions de tonnes (un milliard de gallons). Environ 52 % de ce volume serait de l'éthanol de fermentation et le reste, de l'éthanol synthétique (voir Banque mondiale 1980).)

Comme *solvant*, l'éthanol sert surtout dans les articles de toilette et produits de beauté, détergents, peintures et vernis, désinfectants, aliments traités, médicaments et produits pharmaceutiques, enrobages, etc. On préfère habituellement l'éthanol de fermentation à son homologue synthétique, pour des produits potables ou des produits pour le corps, par exemple des articles de toilette et, en raison de cette préférence, il atteint un prix supérieur à son homologue synthétique (Banque mondiale 1980:9). En tant que *diluant à combustible*, l'éthanol a trois grandes utilisations possibles,

notamment comme : combustible pour les chaudières, substitut d'huile diesel et substitut d'essence.

Comme substitut d'huile diesel, l'éthanol est d'usage limité à cause de nombreux obstacles techniques ; comme combustible de chaudière, on est d'avis qu'il s'agit d'une utilisation inférieure de ce que l'on juge être un combustible liquide supérieur. La principale application de l'éthanol comme combustible est donc celle de diluant à essence, où il démontre des particularités supérieures. En raison de ces particularités, on estime que «ses propriétés physiques et chimiques uniques accroissent la valeur de l'éthanol, au-delà de sa valeur de chauffage, comme substitut de l'essence» (Banque mondiale 1980:iii). (Ces caractéristiques améliorent la combustion, l'indice d'octane et le rendement du moteur sous trois aspects : démarrage, carburation et émissions.) Le Brésil est le chef de file de la production d'éthanol tiré de la canne à sucre. En 1982, ce pays permettait la vente de voitures complètement alimentées à l'alcool. La production totale d'éthanol est passée de 3,4 milliards de litres pendant la campagne de 1979–1980 à une production prévue de 10 milliards de litres pour la campagne 1984–1985. Les États-Unis ont aussi encouragé les progrès de l'éthanol de fermentation à base de maïs, grâce à un régime de taxes fédérales et de taxes d'État. Le résultat : les ventes nationales de carburant contenant de l'éthanol de fermentation dans leur mélange sont passées de 0,8 million de gallons, en 1981, à environ 4,2 milliards de gallons en 1983.

Le Brésil est le grand promoteur de ces progrès ; il exporte sa technologie au reste du monde, y compris aux États-Unis où l'on utilise actuellement d'autres sources de la biomasse, en particulier le maïs, et où l'on cherche fébrilement à rattraper l'avance technologique du Brésil. Il faut aussi noter que le Brésil utilise d'autres sources d'amidon pour sa production d'éthanol de fermentation, notamment le manioc. À la suite de la hausse de la production d'éthanol de fermentation, ce secteur a joué un rôle de plus en plus important sur le marché sucrier. Ainsi, si le rapport de prix entre la mélasse et l'alcool potable change de façon significative, cela se répercute sur les profits des ventes d'éthanol. Le Brésil, principal exportateur d'éthanol de fermentation (un milliard de litres au cours de la campagne 1983–1984) a presque cessé ses exportations de mélasses en 1982 lorsque le rapport des prix favorisait l'alcool de fermentation. Lorsque le contraire s'est produit, les ventes de mélasses ont recommencé. Comme nous l'avons fait remarquer dans la partie I, la même situation joue sur les secteurs du SGHTF et de l'éthanol extrait par voie humide, pour le maïs américain.

Lorsqu'on l'utilise comme *matière première chimique*, l'éthanol de fermentation doit d'abord être converti en éthylène. Il faut environ 1,7 livre d'éthanol pour produire une livre d'éthylène. Le rapport de conversion théorique du sucre en éthanol est de 51 % et, en pratique, on peut dire que 3,7 livres de sucre fermentescible sont nécessaires pour produire une livre d'éthylène (Vlitos et Parker 1981:38). Dans l'industrie pétrolière, les principaux produits du pétrole brut sont le mazout et l'essence. Le raffinage du pétrole, grâce au craquage catalytique, produit de l'éthylène, du propylène et des hydrocarbures de formule C₄ (butane, butylènes, butadiène) en quantités déterminées par les conditions des procédés et du débit. L'éthylène produit de cette façon est ensuite converti en éthanol et, finalement, en produit chimique à base d'éthanol soit par déshydrogénation, soit par oxydation. L'éthylène est le principal produit intermédiaire de l'industrie pétrochimique tandis que l'éthanol de fermentation est plus économique pour les produits utilisant l'oxydation et la déshydrogénation. Les deux derniers procédés donnent à l'éthanol une meilleure valeur qu'à

l'éthylène tandis que c'est le contraire pour le premier. Tous les procédés de conversion de l'éthanol utilisés actuellement sont conçus pour des entreprises de petite taille, comparativement aux usines de très grande taille qui utilisent des procédés à base d'éthylène, bénéficiant ainsi d'économies d'échelle substantielles.

En raison de ces facteurs, toute substitution d'importance des produits pétroliers dépendra des relations économiques entre l'éthylène dérivé de l'éthanol de fermentation et celui qui est dérivé du pétrole. L'inflation des prix du pétrole a soulevé toute la question de son remplacement par des matières premières moins coûteuses. Toutefois, comme le fait remarquer l'étude de la Banque mondiale (1980:45-46) déjà citée :

Parmi les technologies actuellement disponibles, la production d'éthylène à partir de l'éthanol tiré de la biomasse ne constituera pas un concurrent sérieux pour l'éthylène dérivé du pétrole avant que le prix du brut n'atteigne 40 à 45 \$ le baril (en supposant un coût économique de 10 à 12 \$ la tonne pour la canne à sucre). Il est donc peu probable, dans un proche avenir et en s'appuyant sur des bases économiques, que l'on justifie la substitution à grande échelle des dérivés du pétrole (par exemple le naphte ou l'éthane) pour des produits pétrochimiques à base d'éthylène comme produit intermédiaire. Cette conclusion pourrait être modifiée si les prix du pétrole augmentaient plus rapidement que prévu par la Banque mondiale ou si de nouveaux catalyseurs et de nouvelles techniques permettaient de réduire le coût de la production d'éthylène, comparativement à celui de l'éthanol. De nombreuses entreprises chimiques travaillent dans ce domaine, et il est possible que l'utilisation de l'éthanol dans l'industrie chimique devienne rentable du point de vue économique au cours des cinq à dix prochaines années.

Autre prévision (Vlitos et Parker 1981:38) :

... sans tenir compte des coûts de traitement ou d'investissement, mais compte tenu du prix actuel de l'éthylène (24 cents la livre), le sucre devrait coûter 6 cents la livre pour que le procédé soit rentable du point de vue économique.

On a également prétendu que (Parker 1979a, b) :

... compte tenu des coûts d'investissement et de production, pour que l'éthylène dérivé de l'éthanol de fermentation soit concurrentiel, d'après les prix actuels, les sucres fermentescibles ne devraient pas coûter plus d'un cent la livre. Les prix de l'éthylène devraient, en même temps, atteindre 36 cents la livre et le pétrole environ 45 \$ le baril.

Comme nous l'avons précisé au chapitre 7, les procédés de conversion microbienne ne sont pas spécifiques, c'est-à-dire qu'on peut utiliser n'importe quelle source d'hydrates de carbone. C'est pourquoi, on parle souvent de ce produit comme «d'alcool tiré de la biomasse», «d'alcool de fermentation», etc. Même si le procédé de conversion n'est pas spécifique, le saccharose possède néanmoins deux avantages bien précis sur les autres sources d'hydrates de carbone. Le premier, c'est que les hydrates de carbone sont déjà sous forme de sucre simple fermentescible. Le deuxième, c'est qu'un de ses sous-produits (la bagasse) peut être utilisé comme combustible dans les usines de traitement. La production de saccharose d'une usine de canne à sucre est autonome, du point de vue énergétique. Cela n'est pas le cas des amidons. De plus, en raison de leur plus grande complexité moléculaire, les amidons doivent d'abord être fractionnés en sucres simples. Cela rajoute une étape de traitement, augmentant automatiquement les coûts de traitement. Il faut mentionner qu'on a tenté de diminuer ces coûts en utilisant mieux les sous-produits des autres amidons. Dans le cas du maïs,

nous avons déjà noté le niveau supérieur de l'utilisation des sous-produits atteint par l'industrie d'extraction du maïs par voie humide, aux États-Unis.

Les avantages du sucre comparativement aux autres sources d'hydrates de carbone valent aussi pour les autres formes de produits de la biomasse, par exemple les matériaux cellulosiques. En effet, comme on l'a souligné, les avantages ici sont encore plus grands, car les matériaux cellulosiques ont une structure moléculaire plus complexe que les amidons et doivent être convertis en sucres fermentescibles d'après un processus complexe et coûteux d'hydrolyse acide. De plus, le facteur d'efficacité de la conversion de ces matériaux en alcool est inférieur à celui du saccharose.

Même si, comme nous l'avons déjà fait remarquer, la technique des alcools fermentescibles est bien établie et existe depuis longtemps, on a néanmoins fait des progrès importants au cours des dernières années. Nous avons noté ce fait lorsque nous avons étudié la production de SGHTF. Un exemple de ces améliorations : l'utilisation des procédés en continu, en distillation, comparativement au procédé de fermentation en discontinu.

On prétend que grâce à ce procédé, le rendement en alcool est passé de 8 ou 10 % à près de 12 %. Autre très bon exemple : l'introduction dans les distilleries des récupérateurs de chaleur, utilisés avec succès dans d'autres domaines de la fabrication, afin d'améliorer le rendement énergétique et de minimiser les coûts. En règle générale, on constate donc des améliorations importantes, s'ajoutant les unes aux autres, dans la technique classique ; ces améliorations viennent renforcer la compétitivité de l'alcool de fermentation.

Les améliorations de la technique de fermentation donneront-elles lieu, avec le temps, à une production concurrentielle de l'éthylène à partir d'éthanol de fermentation ? Cela reste à voir. Le fait que ce soit essentiellement une technique ancienne et bien établie semble l'écarter de notre sujet. Néanmoins, les questions liées à la production de l'éthanol de fermentation ne peuvent être carrément passées sous silence dans une étude comme celle-ci. Une des raisons, c'est qu'on a montré que les produits pétrochimiques font bien concurrence aux produits sucrochimiques. Dans les systèmes commerciaux, on s'attendrait qu'à long terme la relation de concurrence des prix des deux catégories de produits chimiques détermine où l'on pourra faire des investissements profitables ; pour y arriver, il faut d'abord tenir compte d'un certain nombre de facteurs, autres que le prix. Surtout, comme c'est souvent le cas, lorsque les prix cités sont des prix unitaires de l'éthylène dérivé de deux sources différentes et basés sur des modèles de fabrication normalisés.

Si l'on étudie le diagramme de la figure 4, on peut voir facilement le genre de produits chimiques pouvant être fabriqués avec l'éthanol comme matière première. Le vaste éventail de produits chimiques présentés ici vient renforcer l'observation selon laquelle nous avons défini les produits sucrochimiques comme une catégorie de produits en mesure de déloger les produits chimiques dérivés du pétrole, du gaz naturel ou du charbon. Toutefois, comme l'industrie chimique est surtout axée vers l'industrie du pétrole, avec sa forte concentration de capitaux et un réseau mondial étendu et coûteux d'installations de production, de recherche et de commercialisation, ces investissements ne peuvent pas être simplement écartés. On peut s'attendre que les sociétés pétrolières s'opposent à toute pénétration sérieuse sur leurs marchés. Il ne faut jamais sous-estimer l'avantage important qu'ont ces sociétés, soit un réseau de commercialisation très souple. Cela s'appuie sur le fait que leurs produits primaires

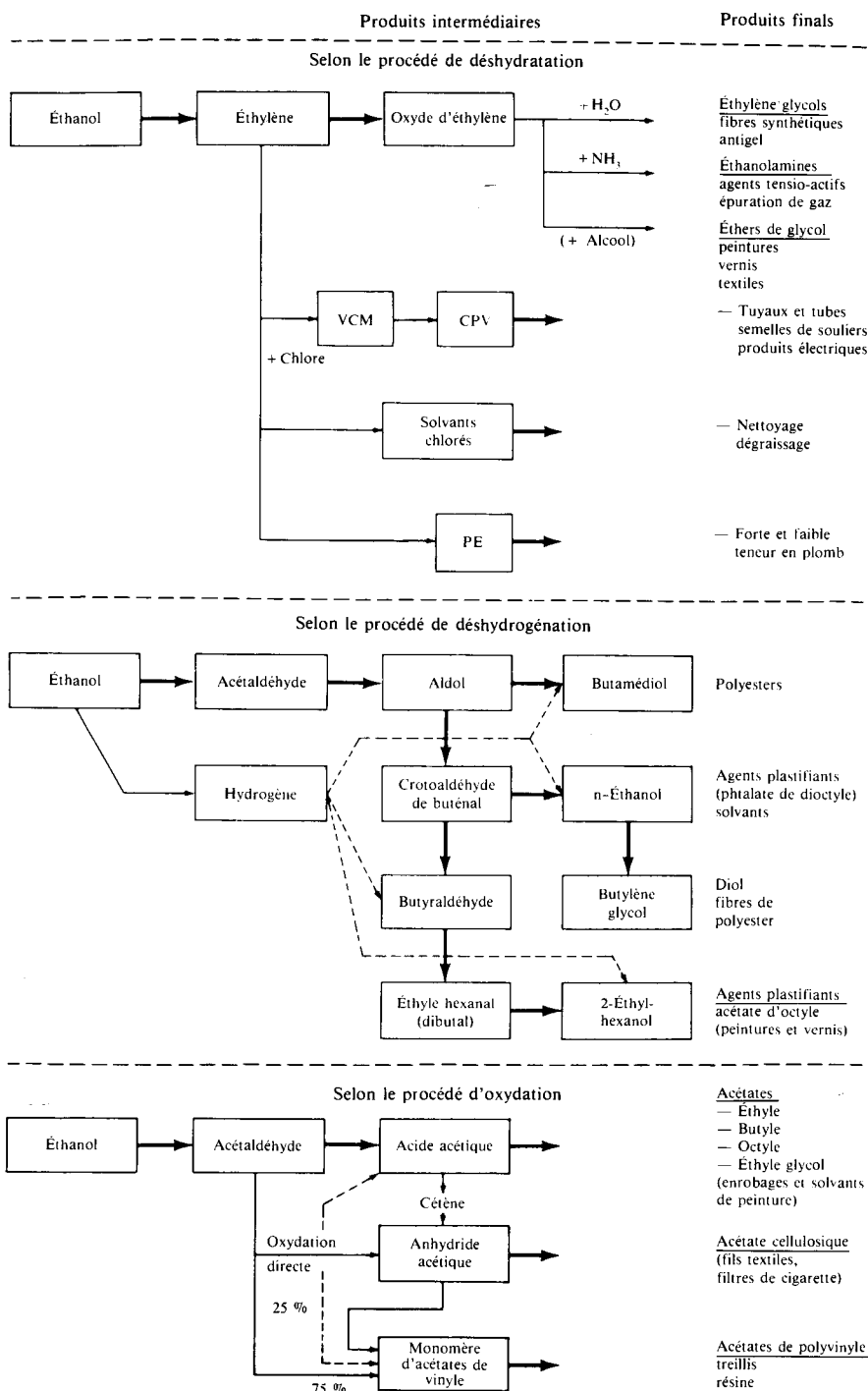


Fig. 4. L'alcool tiré de la biomasse : production d'agents chimiques tirés de l'éthanol, selon les principaux procédés empruntés. Source : Banque mondiale (1980).

dérivés du pétrole brut sont le mazout et l'essence. Les produits connexes comme l'éthylène, le propylène et le butane sont essentiellement des sous-produits dont la production est déterminée par les conditions de traitement et de débit à la raffinerie. Cela permet aux sociétés d'ajuster leur production d'un produit chimique particulier et de répartir leurs coûts et le prix demandé pour leurs divers produits de façon à les protéger de toute menace tout en optimisant la rentabilité d'ensemble de leurs opérations (Parker 1979a, b) :

La politique de fixation des prix de l'industrie tendra, bien sûr, à répartir les coûts accrus des matières premières entre les produits primaires et les sous-produits, de façon à maintenir leur équilibre. Inévitablement, une forte concurrence dans un débouché de sous-produit sera contrebalancée par une diminution de prix afin de restaurer l'équilibre. En ce sens, les prix des matières premières ne reflètent pas directement les coûts accrus du pétrole.

De tels mécanismes de fixation des prix constituent un avantage incroyable, puisqu'ils diminuent l'efficacité d'une méthode de diffusion de produits, celle qui consiste à s'approprier les marchés segmentés de façon séquentielle (nous avons abordé ce point au chapitre 5 dans le cas de la pénétration du marché par le SGHTF). Le coût de pénétration des marchés sur une large base sera très élevé, en particulier si l'on tient compte des importants investissements de capital de l'industrie pétrolière. L'infrastructure de l'industrie sucrière, par opposition, n'est peut-être pas assez développée pour permettre une offensive de commercialisation d'une telle envergure.

Un autre aspect de la pénétration du marché digne d'être mentionné : celui où l'industrie utilisatrice découvre une utilisation des produits chimiques non prévue par le producteur. On a donc un cercle vicieux de pénétration première du marché, suivie des utilisations découvertes par les premiers utilisateurs et qui n'avaient pas été prévues par l'innovation, puis une demande accrue pour ce produit et ainsi de suite. Pourtant, si l'on veut atteindre ces marchés, il faut d'abord les pénétrer. On a résumé, de la façon suivante, les succès d'un produit chimique à base de saccharose (Vlitos 1977:343) : «Lorsque vous avez un agent chimique, il faut lui trouver une utilisation. L'industrie sucrière n'est pas très à même de découvrir des applications. Celles-ci doivent être mises au point par l'industrie utilisatrice.»

L'auteur continue en soulignant le cas d'un agent tensio-actif mis au point par Tate and Lyle Ltd pour répondre à un besoin particulier et qui avait mené à «plus de quinze autres applications possibles parce que l'entreprise avait trouvé des clients qui, à leur tour, avaient trouvé pour ce produit des utilisations auxquelles la société n'avait jamais pensé» (Vlitos 1977:343).

Comme on considère souvent l'industrie du pétrole et l'industrie chimique comme des acteurs stratégiques, en termes de sécurité nationale, les gouvernements joueront un rôle de plus en plus important lorsqu'il s'agira de déterminer les orientations en énergie. Cela constituera, bien sûr, une force compensatrice importante face au pouvoir des sociétés pétrolières. Les avenues empruntées par chaque gouvernement dépendront des ressources, de la sécurité nationale et des objectifs socio-politiques. Ainsi, dans le cas du Brésil, l'aide gouvernementale au programme de carburol, en l'absence de quantités significatives de gisements de pétrole au pays, a grandement influé sur l'orientation de l'industrie de l'énergie et de l'industrie chimique. Dans le même ordre d'idées, un engagement stratégique à l'égard de l'énergie nucléaire a pris une importance particulière dans l'évolution de l'industrie soviétique. Un indice de l'importance de l'observation faite ici est le fait que les sociétés pétrolières elles-

mêmes ont joué un rôle actif dans l'acquisition de droits techniques, d'installations de R & D de même que d'installations de production relevant des «nouvelles» technologies énergétiques, comme partie de leur action stratégique aux nouvelles technologies. (Voir la déclaration du directeur général, Centre des Nations Unies sur les sociétés transnationales, à la conférence des Nations Unies sur les sources d'énergie nouvelles et renouvelables tenue à Nairobi, Kenya, août 1981.)

En plus du coût élevé de la pénétration des marchés des nouvelles matières premières chimiques, il faut également considérer un obstacle formidable à surmonter, celui des connaissances spécialisées. L'orientation de l'industrie chimique vers les charges d'alimentation pétrolières a inévitablement influencé les plans de formation et les capacités de la main-d'oeuvre spécialisée en chimie. Les universités, les collèges et autres établissements de formation ont axé leurs programmes vers le développement de ces capacités et la conversion à la sucrochimie ne peut se faire du jour au lendemain. De plus, les grandes pétrolières ont la réputation de très bien rémunérer leurs employés, en argent et en récompenses matérielles. Cette réputation encourage non seulement l'arrivée de la main-d'oeuvre en pétrochimie, mais elle augmente en même temps le prix à payer pour créer un bassin de spécialistes en sucrochimie.

Si le prix élevé de la pénétration du marché et la création d'un bassin de spécialistes de sucrochimie n'étaient pas des obstacles assez considérables en eux-mêmes, il faut aussi tenir compte des montants investis pour mettre au point ces nouvelles techniques. Les coûts comprennent la longue période de gestation de la recherche elle-même, la période subséquente de mise au point du nouveau produit ou procédé, les essais pilotes et la mise en place des installations de production. Même si au début certains de ces coûts étaient répartis «collectivement» entre les producteurs sucriers, par l'intermédiaire de la Fondation de recherche sur le sucre, Tate and Lyle Ltd, depuis qu'elle est devenue chef de file en sucrochimie, assume elle-même une grande partie des coûts ; les conséquences de cette situation seront étudiées en détail au chapitre suivant.

Réapprovisionnement et environnement

Les deux grands avantages de la sucrochimie découlent du fait que le saccharose est un produit agricole. Nous avons parlé assez souvent de l'un de ces avantages : le sucre est une ressource renouvelable, tandis que le pétrole est une ressource finie. Il ne faudrait toutefois pas surévaluer la nature finie des ressources pétrolières. Les réserves globales connues de pétrole et de gaz naturel dépassent de beaucoup la quantité d'hydrocarbures extraits à ce jour. On prétend que les gisements de charbon, exploités au taux actuel, dureraient trois siècles tandis que les schistes et les sables bitumineux n'ont pas encore été exploités en quantités significatives, jusqu'à maintenant.

De plus, il faut souligner qu'on découvre constamment de nouvelles réserves ; par ailleurs, la hausse incroyable du prix de ce produit a stimulé le souci d'améliorer le rendement énergétique et de trouver des solutions de rechange, y compris l'éthanol. Il y aura toutefois toujours des pressions à la hausse sur les prix à la suite du manque d'élasticité des approvisionnements. Même si l'on peut contrebalancer ce phénomène grâce à une récupération améliorée, etc., il crée une pression que nous ne pourrons

négliger, à long terme. En tant que produit renouvelable, la canne à sucre ne se heurte pas aux mêmes difficultés, surtout lorsque l'on se rend compte, comme nous l'avons déjà indiqué, que les produits sucrochimiques ne mèneront pas à un accroissement important de la superficie consacrée à la culture de la canne à sucre, sauf peut-être dans le cas des diluants à combustibles, sujet qui ne relève pas directement de la présente étude. (Pour remplacer par l'alcool 10 % de la consommation annuelle d'essence aux États-Unis à l'heure actuelle, il faudrait augmenter de 2,5 fois la production mondiale de sucre.) On prévoit que les utilisations non alimentaires de la betterave et de la canne à sucre seront compensées par une production accrue d'édulcorants de rechange. Par conséquent, l'effet sur la disponibilité des terres agricoles ne semble pas être particulièrement menaçante, pour le moment.

Le deuxième grand avantage est l'incidence environnementale. La plupart des produits sucrochimiques sont biodégradables, non toxiques, non carcinogènes, etc. ; ils ne menacent donc pas l'environnement. Les grands problèmes environnementaux proviennent de la fermentation et de la distillation de l'alcool, dont les principaux sous-produits sont le bioxyde de carbone, les huiles de fusel et les résidus de distillation. Le premier sous-produit est en général libéré dans l'atmosphère. Les huiles de fusel, environ 5 kg pour 1 000 L d'éthanol, peuvent être recueillies et réutilisées. Les résidus de distillation sont produits en grande quantité (environ 10 à 13 fois le volume d'alcool produit). Comme ce sous-produit peut servir comme aliment pour les animaux ou comme engrais, on peut sans doute en disposer de façon économique. Comme le résume Vlitos (1979b:E14) : « Dans l'ensemble, les produits chimiques dérivés des hydrates de carbone et autres produits de la biomasse sont plus susceptibles d'être dégradés dans la biosphère et, par conséquent, présentent moins de danger pour l'environnement que les pétrochimiques, surtout les irréductibles composés aromatiques. »

À la lumière des conséquences présentées jusqu'à maintenant, on apprécie mieux pourquoi Parker a divisé les marchés sucrochimiques possibles en deux grandes catégories. Ce sont les produits de haut de gamme, fabriqués en petites quantités, et les produits de bas de gamme, fabriqués en grandes quantités. Pour le premier marché, le procédé chimique est l'élément le plus important du prix de revient et du prix de vente. On vend des procédés chimiques perfectionnés plutôt qu'une matière première comme le saccharose. Comme exemples de ces produits, mentionnons les fongicides systématiques et certains produits pharmaceutiques, coûteux à mettre à point. Pour le deuxième marché, le saccharose est vendu comme agent chimique bon marché et les procédés utilisés ne sont pas coûteux. Quelques exemples : les sucroglycérides, les additifs dans l'alimentation animale, les résines, l'alcool et les agents plastifiants. Ce fractionnement du marché, qui fait des distinctions fondées sur la relation entre le procédé et le coût de la matière première, permet d'établir un certain ordre dans l'éventail des quelque 10 000 agents chimiques et produits chimiques intermédiaires découlant du sucre.

Même si, à l'heure actuelle, plus de 10 000 agents chimiques peuvent être produits à partir du saccharose, on peut les classer dans certaines grandes catégories commerciales. Ce sont : a) les aliments, b) les fourrages, c) les combustibles, d) les explosifs, e) les élastomères, f) les lubrifiants, g) les solvants, h) les amendements du sol, i) les fibres, j) les adhésifs, k) le papier, l) les pesticides, m) les agents plastifiants, n) les plastiques, o) les enrobages de surface, p) les agents tensio-actifs, q) les médicaments et produits pharmaceutiques, et r) les produits de beauté.

Les grandes avenues d'exploitation immédiate de ces marchés feront l'objet d'une étude détaillée au cours du chapitre suivant, qui porte sur Tate and Lyle Ltd. Pour le moment, nous nous contenterons de noter que les marchés les plus propices sont ceux qui portent les lettres a), b), m), n), p), q) et r). Cette liste exclut délibérément le c), les combustibles, puisqu'il ne relève pas de notre étude. Les résines de polyuréthane constituent actuellement le plus important débouché non alimentaire. Le marché croît rapidement (environ 12 % par année). La production actuelle, aux États-Unis, est de 0,75 milliard de livres, et il faut environ 50 000 t de saccharose. On estime à environ 12 000 t la demande mondiale de mono-esters de saccharose utilisés à cette fin. Par conséquent, même si le potentiel industriel du saccharose est jugé important, seulement 100 000 t, soit une très petite fraction de la production mondiale du sucre, doivent être réservées à cette fin. La situation est la suivante : sauf pour une consommation assez généralisée de mélasse en alimentation animale, une fermentation de l'alcool potable tiré du jus et de la mélasse de canne à sucre, d'autres avenues microbiennes capables de concurrencer les procédés synthétiques (par exemple l'acide citrique) et, récemment, les programmes de carburol, l'utilisation industrielle du saccharose n'a pas atteint tout son potentiel. L'ancien directeur général du Groupe de recherche et de développement chez Tate and Lyle Ltd mettait en lumière les difficultés auxquelles se heurtait cette production (Vlitos 1977:340) :

Le saccharose peut être soumis à des modifications ou à des réactions chimiques pour donner un vaste éventail de produits. En règle générale, ces produits n'ont pas trouvé de débouchés commerciaux soit parce que (i) les coûts de production sont trop élevés comparativement aux dérivés pétrochimiques déjà sur le marché ou (ii) les travaux de développement n'ont pas encore révélé d'applications appropriées, ou (iii) l'industrie chimique... était plutôt orientée, et l'est toujours, vers les charges d'alimentation pétrochimiques plutôt que le saccharose. Il n'existait aucune base ni infrastructure soit au sein de l'industrie sucrière, soit au sein de l'industrie chimique, pour la commercialisation des produits chimiques à base de sucre. Il n'y avait pas, non plus, assez d'investisseurs «patients» pour des projets à très long terme. L'industrie sucrière n'était pas prête à investir les sommes nécessaires pour lancer de nouveaux produits chimiques, surtout lorsque la conjoncture économique initiale semblait défavorable. Le très long décalage entre les travaux de recherche et la commercialisation faisait obstacle aux investissements. L'industrie chimique elle-même n'était pas prête à investir beaucoup d'argent pour chercher des matières premières de rechange, lorsque les produits pétrochimiques étaient si abondants et bon marché.

Pour conclure, on peut dire que la montée du prix du pétrole et du gaz naturel a bouleversé le rapport entre ces prix et ceux des autres sources d'énergie et d'agents chimiques, au détriment du secteur pétrolier, mais le rapport n'est pas encore assez mauvais pour rendre les autres sources manifestement intéressantes, du point de vue financier. De toute façon, la structure tarifaire de l'industrie pétrolière de même que l'importance stratégique et politique du pétrole et des produits chimiques excluent que le problème soit réglé uniquement par les forces du marché — même si la question des rapports coût-prix est appelée à avoir une influence marquée. C'est pourquoi je suis d'avis que l'avenir des produits surochimiques dépend de l'appui d'un ou de plusieurs gouvernements, pour des raisons d'intérêt social et national tout autant que commercial. Seuls les gouvernements nationaux ont assez de pouvoir pour contrebalancer l'influence des grandes sociétés transnationales. Les entreprises sucrières n'y arriveront pas à elles seules. Nous devons retenir cette conclusion lorsque nous étudierons, dans le prochain chapitre, les succès et les difficultés auxquels se mesure le chef de file mondial des produits surochimiques, Tate and Lyle Ltd.

Chapitre 10

Les produits sucrochimiques et l'entreprise transnationale

L'importance de Tate and Lyle Ltd

Bien qu'elle ait récemment décidé de modifier radicalement ses objectifs de R & D, Tate and Lyle Ltd, société transnationale de propriété britannique, a été, pendant plus de dix années, le principal promoteur des produits sucrochimiques. En raison de son leadership indubitable dans ce domaine, ses opérations sont sans doute l'indice le plus important de l'effet probable des changements techniques dans le domaine des produits sucrochimiques, à court et à moyen terme, et peut-être même à long terme. D'autres études de contrôle des possibilités techniques viennent renforcer l'importance que nous attachons à l'étude de cette entreprise clé. Ainsi, Utterback et Brown (1972:14) font observer :

Lorsqu'un domaine technique ou le champ d'action d'un produit connaissent des changements rapides ou lorsque les cycles de vie d'un produit sont relativement courts, il vaudra sans doute la peine de consacrer une grande partie de l'effort de prévision au contrôle de l'affectation des ressources.

Il semble évident que l'affectation des ressources d'un organisme et, à plus forte raison, d'une société, à la mise au point de nouveaux produits et de nouvelles techniques est un bon indicateur des perspectives commerciales. C'est d'autant plus vrai lorsque les ressources sont affectées par un très petit nombre d'entreprises — ici, par une seule — puisqu'il est toujours plus facile de contrôler un facteur donné que de se pencher sur une grande quantité de brevets, de documents techniques, de descriptions de produits et de techniques, de travaux de recherche en cours, etc. L'entreprise principale peut donc servir de guide dans ce dédale d'information. Bien sûr, rien ne garantit que l'entreprise principale ou les entreprises chefs de file ne soient pas en train de faire fausse route : c'est déjà arrivé. Une telle approche, quoique utile, doit se faire avec une extrême prudence, en raison des nombreuses possibilités d'erreur dans l'évaluation des débouchés techniques et de leurs incidences commerciales.

Tate and Lyle Ltd est la plus importante société sucrière mondiale de propriété privée. C'est une entreprise transnationale qui a son siège social au Royaume-Uni et qui, en 1983, compte 53 filiales, dont 19 au Royaume-Uni et 34 outre-mer. Elle travaille en association avec 11 entreprises, fait «d'autres» investissements dans quatre sociétés et mène une entreprise en coparticipation. Une de ses filiales au Canada (Les Industries Redpath) a elle aussi six filiales. Tate and Lyle Ltd mène des opérations dans tous les continents, avec un chiffre d'affaires d'environ 2 milliards de livres sterling (£ 1,44 = 1 \$ US). Elle s'intéresse aux domaines suivants : agrotechnique, stockage des liquides, production et raffinage de sucre de canne, édulcorants de céréales et amidons, produits de base à l'échelle mondiale, assurances, fabrication du malt, commerce, emmagasinage et distribution de la mélasse à l'échelle mondiale,

entreposage, emballage et distribution, ainsi que d'autres activités variées. Les tableaux 38 et 39 donnent des détails sur le chiffre d'affaires et la composition des avoirs de ces dix secteurs commerciaux et zones d'opérations.

En raison des importantes tractations commerciales de produits agricoles comme le sucre, la mélasse, etc., dont les prix sont très changeants, la composition des avoirs et le chiffre d'affaires varient d'une année à l'autre. Malheureusement, les changements dans les méthodes comptables utilisées pour ces secteurs et catégories ne nous permettent pas de disposer de données comparables portant sur une longue période. Toutefois, après avoir étudié les comptes et rapports récents de l'entreprise, nous avons pu suivre l'évolution des opérations de l'entreprise. Les grandes variations de la valeur des avoirs de la STN sont illustrées dans les données du tableau 39. Ainsi, en 1981-1982, la valeur moyenne de l'actif pour la production et le raffinage du sucre de canne dépasse 150 millions de livres sterling, soit environ deux fois la valeur notée en 1980 (79,5 millions de livres sterling).

La production et le raffinage du sucre de canne est donc le secteur commercial le plus important, en termes d'utilisation de l'actif, en 1981-1982, mais en 1980, il se

Tableau 38. Tate and Lyle Ltd : analyse du chiffre d'affaires pour 1980-1982 (en millions de £).^a

Secteurs commerciaux et bases d'opérations	Chiffre d'affaires			
	1980	1981	1982	1983
Agrotechnique	29,4	38,0	20,1	31,4
Stockage des liquides	9,5	8,8	10,1	10,8
Production et raffinage de sucre de canne				
Royaume-Uni	374,9	350,1	396,7	449,7
Canada	69,1	106,9	74,4	90,3
États-Unis	77,9	133,3	125,7	148,9
Bélize	14,0	15,8	10,0	15,9
Zimbabwe	18,1	26,7	28,7	26,5
Total	554,0	632,8	635,5	731,3
Édulcorants de céréales et amidons				
Canada	—	0,4	3,8	7,2
Europe	38,4	43,5	47,7	55,1
Total	38,4	43,9	51,5	62,3
Commerce des produits de base à l'échelle mondiale				
Sucre	431,0	1 105,5	904,1	615,2
Autre	54,3	41,5	55,1	49,3
Total	485,3	1 147,0	959,2	664,5
Assurances	—	—	—	—
Fabrication du malt				
Royaume-Uni	19,6	18,4	24,9	25,7
Commerce, stockage et distribution de la mélasse				
À l'échelle mondiale	224,4	246,9	219,1	220,1
Entreposage, emballage et distribution				
Royaume-Uni	28,4	27,4	29,1	34,7
Nigéria	20,3	27,7	24,1	15,2
Total	48,7	55,1	53,2	49,9
Autres activités	91,8	73,4	58,9	69,9
Total	1 499,1	2 264,3	2 032,5	1 865,9

Source : Tate and Lyle Ltd, rapports annuels de 1981 à 1983.

^a(£ = livres sterling) £ 1,44 = 1 \$ US.

Tableau 39. Tate and Lyle Ltd : analyse de l'utilisation de l'actif, 1980-1982 (en millions de £).^a

	1980	1981	1982
Agrotechnique	2,3	6,5	3,5
Stockage des liquides	19,7	19,7	22,3
Production et raffinage de sucre de canne	79,5	157,4	148,7
Édulcorants de céréales et amidons	18,4	28,5	33,8
Commerce des produits de base à l'échelle mondiale	83,5	38,2	49,6
Assurances	8,5	9,5	14,1
Fabrication du malt	14,9	14,9	17,9
Commerce, stockage et distribution de la mélasse	23,8	39,1	45,1
Entreposage, emballage et distribution	11,4	10,9	12,0
Autres activités	31,0	21,9	14,6
Total, actif d'exploitation	293,3	346,6	361,6
Produits chimiques spécialisés	13,5	7,3	0,8
Central	(12,2)	6,5	14,4
Total	294,6	360,4	376,8

Source : Tate and Lyle Ltd, rapports annuels de 1980 à 1982.

^aLes changements dans l'évaluation et l'organisation de l'actif, en 1981, restreignent la possibilité de comparer les données de 1980 à 1982. ((£ = livres sterling) £ 1,44 = 1 \$ US.)

place au deuxième rang, derrière le commerce des produits de base à l'échelle mondiale. Dans le même ordre d'idées, l'évaluation des éléments d'actif consacrés au commerce des produits de base à l'échelle mondiale chute de 83,5 millions de livres sterling en 1980 à moins de la moitié de cette somme (38,2 millions de livres sterling) en 1981, pour remonter à 49,6 millions de livres sterling en 1982. Ces importantes variations dans la structure de l'actif reflètent l'engagement sérieux de l'entreprise envers la production, le traitement, l'emmagasinage et le commerce des denrées agricoles, surtout le sucre et les autres édulcorants. Comme nous le soulignerons plus loin, cet engagement incite la recherche d'une industrie chimique fondée sur le sucre, mais à la fin, l'organisation même des opérations de la société soulève des doutes quant à la possibilité de mener à bien une telle entreprise.

Les grandes fluctuations dans l'utilisation de l'actif influent inévitablement sur le chiffre d'affaires de la société, comme on peut le voir dans les données du tableau 38 ; ces fluctuations reflètent de nouvelles orientations ou traduisent une baisse du chiffre d'affaires, lorsque celui-ci est comparé à l'utilisation de l'actif. Ainsi, l'actif de production et de raffinage du sucre de canne double presque de 1980 à 1981, mais le chiffre d'affaires pour ce secteur n'augmente que de 14 %. Le chiffre d'affaires lié au commerce des produits de base à l'échelle mondiale augmente d'un facteur de 2,4 de 1980 à 1981, tandis que l'actif affecté à ce secteur diminue d'un facteur de 2,2. Par contre, le chiffre d'affaires lié à l'agrotechnique s'accroît d'un tiers de 1980 à 1981, mais l'actif augmente d'un facteur de 2,3. Les données concernant le chiffre d'affaires révèlent que la production et le raffinage de sucre de canne demeurent la plus importante source de ventes de la société. À l'heure actuelle, ce secteur représente environ 40 % des ventes ; lorsqu'on l'ajoute au commerce mondial du sucre, il représente plus des deux tiers des ventes totales.

Jusqu'en 1982, les travaux de recherche et de développement de Tate and Lyle Ltd, de même que ses nouveaux projets, se poursuivent surtout à sa Division des nouveaux produits (New Development Division). On retrouve, au sein de cette Division, la Talres Development Company, filiale possédée en propriété exclusive, qui fait le lien entre la recherche et la commercialisation. La STN maintient aussi des installations de recherche importantes à l'Université Reading. Les activités de R & D feront l'objet de la prochaine section, mais nous noterons, pour le moment, que les

activités concernant les produits chimiques spécialisés au sein de la société se poursuivent dans cette Division. La Division chimique (Chemicals Division) de la société est, jusqu'en 1981, une partie importante de son organisation et une des quatre grandes divisions de la STN, les autres étant la Division du Royaume-Uni, la Division internationale et la Division de l'Amérique du Nord. Depuis 1982, cette Division n'existe plus.

À l'étude des comptes et rapports de Tate and Lyle Ltd, on constate que la société décide, au début des années 70, de diminuer de façon importante sa participation au marché du sucre et de diversifier sa production. La structure de l'actif et du chiffre d'affaires illustrée dans les tableaux 38 et 39 est donc le résultat de plus d'une décennie de diversification. Les travaux de la STN dans le domaine du sucre ont, bien sûr, servi de tremplin. En 1976, le rapport du président-directeur général au sujet des activités de la société comprend le passage suivant (Tate and Lyle Ltd 1976:9) :

Tate and Lyle Ltd s'intéresse à la fourniture, au commerce et à la manutention des produits de base et à la prestation de services de manutention des biens des autres sociétés. Le groupe s'est servi de son expérience internationale du marché du sucre pour étendre ses activités à de nombreux autres domaines connexes, ce qui lui a permis de se tailler une place enviable dans les marchés mondiaux du traitement, du commerce et de la manutention de nombreux produits, matières premières, combustibles et produits chimiques.

Pour comprendre la vitesse avec laquelle la société diversifie son activité, il suffit de penser qu'en 1976, ses principaux secteurs d'activité commerciale sont les suivants : sucre, amidon, commerce mondial des produits de base, stockage des liquides, transport, entreposage et distribution, et génie et services d'experts-conseils ; dès 1981, ce dernier secteur occupe déjà une place de choix en agrotechnique ; la fabrication du malt, les assurances et les produits chimiques spécialisés s'ajoutent à la liste des activités et la flotte de navires de la STN n'existe plus. La société se taille rapidement une place dans le marché nord-américain ; elle doit créer une division pour gérer ses activités sur ce continent. De plus, elle décide d'abandonner ses plantations outre-mer et de se lancer dans le domaine plus profitable et moins risqué des services d'experts-conseils et de gestion dans ce domaine. Le président-directeur général résume ainsi les changements survenus (Tate and Lyle Ltd 1983:4) :

Le changement dans la qualité des gains du Groupe au cours des dernières années est aussi important que l'amélioration des profits. Il y a cinq ans, plus de la moitié des profits du Groupe provenaient du commerce des produits de base. Cette année, plus de 75 % des profits avant impôts provenaient de nos secteurs de fabrication au Royaume-Uni et en Amérique du Nord.

Le directeur général du Groupe souligne lui aussi, dans le même rapport, les points suivants (Tate and Lyle Ltd 1983:6) :

Au cours des cinq dernières années, le Groupe avait pour principal objectif d'améliorer ses profits en rationalisant ses opérations dans des projets commerciaux dans lesquels il entend s'engager à long terme et en améliorant la productivité de ces secteurs. La première étape du programme de récupération est maintenant plus ou moins terminée. Les installations qui accusaient des pertes font maintenant état de profits ou alors, elles ont été vendues ou fermées. Il faut cependant continuer d'améliorer la productivité.

Un certain nombre de facteurs importants ont donné lieu à la diversification de Tate and Lyle Ltd. En premier lieu : des changements rapides et défavorables dans la

structure de l'industrie des édulcorants à l'échelle mondiale. Nous en avons parlé en détail dans la partie I et il faut noter, en particulier, l'extrême incertitude des prix du sucre ; la montée de la production et de la consommation du sucre tiré de la betterave à sucre, en particulier en Europe ; l'essor de l'industrie du SGHTF ; la faible croissance de la consommation globale de saccharose et la campagne d'autonomie en matière d'édulcorants dans les pays en développement, dont la consommation de sucre est à la hausse.

Deuxième facteur d'importance : la fin de l'accord du Commonwealth sur le sucre et l'entrée du Royaume-Uni dans la CEE. Tate and Lyle Ltd avait fondé ses opérations de raffinage du sucre sur la culture de la canne à sucre dans les anciennes colonies britanniques et comptait sur l'accès préférentiel accordé au sucre, sur le marché britannique. L'entrée du Royaume-Uni dans la CEE met un terme à tout cela et, du point de vue de la STN, l'Accord CEE-ACP est beaucoup moins favorable. De plus, le régime des édulcorants de la CEE, et en particulier son aide marquée au sucre de betterave produit en Europe, crée des obstacles de taille pour une société oeuvrant depuis toujours dans le domaine de la production et du raffinage du sucre de canne. La société doit donc rationaliser de façon rigoureuse ses opérations de raffinage du sucre, à cause d'une diminution importante du marché britannique. Ainsi, en 1981, la société évalue le marché britannique à 2,3 millions de tonnes de sucre. La production nationale de betterave à sucre du Royaume-Uni aurait absorbé 1,1 million de tonnes, et les importations de sucre blanc de la CEE, 0,15 million de tonnes. L'approvisionnement total de betterave à sucre aurait donc dû atteindre 1,25 million de tonnes, laissant un solde de 1,05 million de tonnes pour le sucre de canne. La capacité de raffinage de Tate and Lyle Ltd est de 1,34 million de tonnes, c'est-à-dire une surcapacité d'environ 27 %. Dans un rapport récent, la société attribue la crise à laquelle fait face le raffinage du sucre à quatre raisons : un affaïssement des marges d'exportation ; un accroissement de la production de betterave à sucre au Royaume-Uni ; une contraction du marché sucrier britannique ; l'importation de sucre blanc de la CEE.

Le rapport poursuit (Tate and Lyle Ltd 1980a:13) :

Comme la marge de raffinage du sucre de canne est inférieure à celle du traitement de la betterave, ces quatre facteurs ont forcé les raffineries de Tate and Lyle Ltd à réduire leur capacité de raffinage, proportionnellement à la baisse de la demande pour leurs produits.

Troisième facteur de la stratégie de diversification : le contrôle réduit de la STN sur ses investissements dans les zones de culture de la canne à sucre, outre-mer. Un certain nombre de facteurs politiques et sociaux bien connus sont associés à cette situation, mais n'ont pas besoin d'être répétés ici. Quatrième facteur : au cours de ses années de culture et de raffinage du sucre, la société perfectionne un bassin de services spécialisés dans des domaines connexes, par exemple, le transport, l'emmagasinement en vrac, l'ingénierie et les services d'experts-conseils en culture tropicale, en manutention de la mélasse, etc. Il est donc logique qu'en période de crise, la réaction constructive en vue de protéger les intérêts de la STN soit l'exploitation de capacités développées au fil des ans. Cinquième facteur : la décision de diversifier les efforts de la STN dans des milieux politiquement moins risqués de l'Amérique du Nord, où elle peut exploiter ses capacités en matière d'édulcorants ; les relations du Commonwealth avec le Canada y sont un point de départ utile. La considération finale, et peut-être la plus importante, surtout en ce qui a trait au moment où l'on doit effectuer la transition vers d'autres activités, est l'inflation des prix du pétrole et la rareté présumée du

Tableau 40. Tate and Lyle Ltd : affectations à la recherche et au développement.

Année	Million de £ ^a
1977	3,3
1978	2,9
1979	3,5
1980	5,4
1981	6,8
1982	4,1
1983	3,1

Source : Tate and Lyle Ltd, rapports et comptes (divers numéros).

^a(£ = livres sterling) £ 1,44 = 1 \$ US.

produit. Cette considération, plus que toute autre, favorise particulièrement la recherche en matière de sucrochimie, même si son incidence sur l'activité de la société est beaucoup plus étendue.

Les données du tableau 40 illustrent les déductions comptables effectuées par la STN des profits des dépenses en R & D de produits chimiques spécialisés, de 1977 à 1983. Ces affectations sont déduites des profits au cours de l'année des dépenses. Dans le cas de la coentreprise, les chiffres cités excluent la contribution du partenaire.

Activités de recherche et de développement de Tate and Lyle Ltd

Dans cette section, je décrirai les principales activités de R & D de Tate and Lyle Ltd, dans le domaine qui nous intéresse, afin de faire ressortir les possibilités de croissance à court et à moyen terme. L'accent sera mis sur les activités immédiates de précommercialisation. L'analyse n'aborde pas vraiment les activités de la STN en amélioration des cultures et du traitement du sucre de canne, domaine où elle a récemment fait d'importantes percées techniques.

La dégradation du saccharose

Nous avons déjà beaucoup parlé des limites des réactions de dégradation du saccharose comme avenue de production de produits chimiques. La plus grande partie de la documentation citée dans ce contexte, par exemple les ouvrages de Parker, Hickson, Vlitos, Hough et Righelato, est l'oeuvre de scientifiques et de responsables scientifiques associés aux laboratoires de Tate and Lyle Ltd. La seule recherche sérieuse dans ce domaine est l'effort de Tate and Lyle Ltd en vue d'améliorer les rendements du mannitol et du sorbitol. On peut dire que les travaux de R & D de Tate and Lyle Ltd en matière de produits chimiques spécialisés s'appuient, d'une certaine façon, sur le fait que les possibilités offertes par cette avenue sont limitées, ce qui influe sur l'affectation de ressources à la recherche d'autres avenues pour la production chimique à partir du saccharose.

Les sucro-esters

Au cours de la dernière décennie, les travaux de R & D de Tate and Lyle Ltd portent sur la production des sucro-esters. Il en résulte des produits qui, il y a à peine

quelques années, semblaient avoir atteint l'étape de la commercialisation et de la précommercialisation. On tente surtout de découvrir des procédés commerciaux de production de sucro-esters à utiliser dans les détergents, les additifs alimentaires, les produits pour les soins de la peau et les produits de beauté, l'alimentation animale et les polymères. À ce jour, le plus grand débouché technique est la découverte du procédé TAL pour la production de détergents.

Les travaux de Tate and Lyle Ltd liés au procédé TAL nous ramènent à notre analyse du chapitre 8, où nous avons fait remarquer que la Fondation de recherche sur le sucre avait fait oeuvre de pionnier en recherche portant sur la transestérification entre un triglycéride et le saccharose, en utilisant comme solvant du diméthylformamide (DMF). Le triglycéride, c'était du suif, parce que l'État du Nebraska, aux États-Unis, avait demandé l'aide de la Fondation pour trouver des façons d'utiliser ses surplus de graisses animales. Comme nous l'avons noté dans ce chapitre, la découverte de solvants comme le DMF, qui rend possible ce procédé de transestérification, même si elle est décisive, est peu rentable en raison du coût élevé des solvants. De plus, il faut souligner que le procédé de transestérification de la Fondation se produisait en présence de carbonate de potassium (K_2CO_3), servant d'agent catalyseur à une température de 90 °C. Le procédé engendrait une réaction incomplète qui donnait un mélange complexe de mono et de diglycérides et d'esters de saccharose, ainsi que du saccharose et du suif inaltérés, ce qui fait inévitablement augmenter les coûts de purification et d'analyse. On mentionnait aussi, dans le chapitre 8, la toxicité possible du DMF. On a donc décrété que, pour être utilisé dans les aliments, le DMF ne devait pas dépasser 50 parties par million.

Certains chercheurs de la Fondation du sucre affectés à ces travaux se joignent par la suite à Tate and Lyle Ltd, où l'on tente d'améliorer ce procédé afin de réduire les coûts de traitement. On y réussit : des scientifiques des laboratoires de Tate and Lyle Ltd découvrent que, dans certaines conditions, le saccharose entre en réaction directe avec un triglycéride, *en l'absence de solvant*. On prépare un agent tensio-actif en faisant réagir les matériaux suivants : suif 40 g (64,5 %), saccharose 17 g (27,4 %), K_2CO_3 5 g (8,1 %). La réaction simple donne un mélange complexe possédant les propriétés suivantes : mono-ester de saccharose 27 %, ester à forte teneur de saccharose 3 %, saccharose 13 %, triglycérides 3 %, diglycérides 9 %, monoglycérides 15 % et savons de potasse 30 %.

Les détergents à base de saccharose tirés de ce procédé possèdent certaines propriétés grandement estimées, c'est-à-dire : une biodégradation complète et rapide ; une non-toxicité pour les mammifères, les poissons et les micro-organismes ; un moussage peu important favorisant leur utilisation dans les laveuses automatiques ; des propriétés non irritantes ; des propriétés non allergènes ; des propriétés orthoderamiques ; d'excellentes propriétés détersives actives en surface et pour l'émulsification et la dispersion des huiles.

Les avantages pour l'environnement sont énormes, surtout lorsque l'on considère la menace que représentaient, au moment de la découverte, les résidus de détergent accumulés dans les cours d'eau à cause de la faible dégradation bactérienne des sulfonates d'alkylaryl. Même si l'on améliore la situation en utilisant les sulfonates d'alcyle linéaires, on ne peut pourtant pas éliminer le problème complètement. L'instabilité thermique, l'instabilité aux alcalis forts et la solubilité incomplète dans l'eau des nouveaux produits en sont les principaux désavantages. Pour éliminer ces désavantages, il faut se résigner à une hausse des coûts de production.

Il est intéressant de noter qu'en rédigeant le rapport sur ces travaux de pointe, les scientifiques de Tate and Lyle Ltd soulignent la nature «accidentelle» de la découverte — mettant ainsi en évidence l'importance du «fortuit» pour les découvertes scientifiques (Vlitos 1977:343) :

... nous ne cherchions pas à mettre au point un nouvel agent tensio-actif. Un de nos chimistes effectuait des travaux sur la réactivité générale du saccharose en l'absence de solvants : le saccharose entraînait en réaction avec du suif, en présence de carbonate de potassium à 125 °C.

Deux aspects connexes de ce procédé et le produit lui-même sont dignes de mention. Premier aspect : on peut utiliser comme triglycéride autre chose que le suif. Tout triglycéride, qu'il soit végétal ou animal, peut servir. Cela élargit bien sûr l'éventail des additifs utilisables (par exemple l'huile de coco), du point de vue des pays en développement. Deuxièmement, nous devons revenir sur l'observation faite dans le chapitre précédent concernant «l'incidence de l'utilisateur» sur un produit ou une nouvelle technique. Le procédé TAL, dont nous traitons ici, avait pour objet d'aboutir à un produit bien précis ; pourtant, jusqu'à ce jour, on a trouvé 15 autres applications possibles jamais prévues au départ.

Tate and Lyle Ltd, par l'intermédiaire de sa filiale Talres, fonde un complexe industriel à Knowsley ; on y trouve une usine, d'une capacité de 5 000 t/an, qui produit un éventail d'agents tensio-actifs possédant différentes propriétés physiques ou chimiques. Après des retards et des reports, la société a décidé d'augmenter cette capacité à 22 000 t/an. En plus de ses opérations commerciales au Royaume-Uni dans ce domaine, la société déclare qu'elle a signé aux Philippines des ententes de production sous brevet, pour la construction d'une usine de 25 000 t utilisant l'huile de coco comme triglycéride. Le Japon et certains pays d'Amérique latine manifestent également leur intérêt à cet égard. Afin d'encourager l'utilisation de ce produit, la société réussit à faire inscrire les produits finals de ce procédé dans l'annexe 1 de la liste permise des émulsifiants et stabilisants de la CEE.

L'utilisation de cet agent tensio-actif comme détergent est la percée la plus importante dans cette catégorie d'applications, mais on assiste également à d'autres progrès notables. Dans le secteur alimentaire, les agents tensio-actifs à base de saccharose présentent les avantages suivants : une meilleure apparence de la surface ; des propriétés mouillantes améliorées dans les aliments déshydratés reconstitués ; un pouvoir humectant amélioré ; de meilleures propriétés de conservation ; une meilleure élasticité des aliments cuits au four ; des miettes plus molles ; des cellules gazeuses plus nombreuses et plus régulières rendant le tranchage plus uniforme ; un apport de gluten aux farines sans blé ; des propriétés d'économie des graisses puisque l'agent les répartit de façon plus régulière autour des granules de farine permettant de faire une bonne miches avec une graisse préparée meilleur marché.

Pour les produits *pharmaceutiques* et les produits *de beauté*, les agents tensio-actifs à base de saccharose prouvent qu'ils peuvent donner des formules de qualité supérieure pour le nettoyage de la peau. De plus, les produits sont non allergènes, non toxiques et complètement orthodermiques. Dans l'alimentation animale, on estime que les agents tensio-actifs à base de saccharose produits à Tate and Lyle Ltd améliorent la digestion des graisses chez les animaux.

Pour les *herbicides*, les préparations fabriquées à base de sucro-esters sont particulièrement efficaces puisqu'elles aident à l'absorption et au transport des her-

Tableau 41. Pouvoir sucrant relatif des chlorodésoxysaccharoses.

Saccharose	1
Galactosaccharose	Pas sucré
1'-chloro-1'-désoxysaccharose	20
4-chloro-4-désoxygalactosaccharose	5
6-chloro-6-désoxysaccharose	Amer
6'-chloro-6'-désoxysaccharose	20
1',-4-dichloro-1',4-didésoxygalactosaccharose	600
1',-6'-dichloro-1',6'-didésoxysaccharose	500
1',4,6-trichloro-1',4,6-tridésoxygalactosaccharose	1 000
1',4,6,6'-tétrachloro-1',4,6,6'-tétradésoxygalactosaccharose	200

Source : Khan et Forage (1979-1980).

bicides dans les plantes. Le fait qu'elles soient non toxiques constitue un avantage, car ces préparations ne laissent aucun résidu persistant ou toxique.

Sucres désoxychlorés

Les laboratoires de Tate and Lyle Ltd découvrent vite que le 1',4,6,6'-tétrachlorogalactosaccharose est plusieurs centaines de fois plus sucré que le sucre. Des études subséquentes révèlent que certains composés de 1',4,6'-trichloro sont 2 000 fois plus sucrés que le sucre. Qui plus est, ces composés ont un goût sucré pur, et les expériences démontrent qu'il est impossible de le distinguer du saccharose. Ces procédés ouvrent évidemment la voie à une nouvelle catégorie d'édulcorants hypocaloriques tirés du saccharose. Des tests toxicologiques sont en cours, dans le cadre d'un effort important de précommercialisation. Comme le fait remarquer Hickson (1979) : « Ces saccharoses chlorés relèvent vraiment de la nouvelle génération des super-édulcorants artificiels — mais pour cela, ils doivent réussir les épreuves très rigoureuses prouvant qu'ils ne sont d'aucune façon nocifs pour la santé. »

Il faut signaler que le 1',2,6,6'-tétrachlorotétradésoxymannosaccharose est une substance excessivement amère, qui a plus de deux fois l'amertume de l'octa-acétate ; il représente donc un vrai défi pour les marchés des dénaturants. Les 6-chlorodésoxymonosaccharides étudiés à des fins médicales sont de nature très semblable. Le tableau 41 indique le pouvoir sucrant relatif des chlorodésoxysaccharoses.

La conversion microbienne

L'examen des travaux de R & D de Tate and Lyle Ltd dans le domaine de la conversion microbienne révèle trois importantes découvertes de procédés ou de produits. La première de ces découvertes est le *traitement des déchets*. Comme nous l'avons vu, le traitement du sucre génère certains déchets, dont ceux de la distillation. S'intéressant à cette question, Tate and Lyle Ltd entreprend des travaux sur la technique des enzymes afin de récupérer les produits vendables pouvant être tirés des déchets. Elle étudie notamment l'utilisation possible des déchets liquides et des liqueurs-mères tirés du sucre comme substrat pour la culture mixte des micro-organismes. Autre domaine : l'utilisation des micro-organismes en fermentation anaérobie en vue de produire du méthane par traitement des déchets. Une troisième orientation d'importance est l'utilisation de cette technologie en vue d'améliorer les usines de purification des eaux.

Le deuxième grand domaine de progrès technique est la production de *polysaccharides microbiens*. Ces produits sont utilisés comme agents gélifiants, agents épaississants et agents de suspension dans un vaste éventail d'applications. En règle générale, le marché de ces produits est peu important, à l'exception de la gomme xanthane dont la production est d'environ 50 000 à 60 000 t/an. Dans un projet conjoint avec Hercules Inc. (abandonné par la suite), société forte d'une expérience mondiale dans le domaine de la commercialisation des polymères solubles dans l'eau, on produit trois polysaccharides microbiens à base de saccharose. La gomme xanthane est produite sous la marque de commerce BIOZAN, en trois catégories, c'est-à-dire : catégorie alimentaire, catégorie normalisée (utilisée dans des applications générales et agricoles) et catégorie servant au forage de puits de pétrole.

Lock (1980:433) a décrit la gomme xanthane comme étant :

... un polymère soluble dans l'eau, de poids moléculaire élevé, possédant d'intéressantes propriétés rhéologiques qui se maintiennent même à des températures élevées. La structure moléculaire inhabituelle de la gomme, dans laquelle la colonne polymère est protégée par des chaînes latérales chargées négativement, favorise son utilisation comme agent d'épaississement et de suspension en milieux acide, alcalin et fortement salin, où d'autres polymères solubles dans l'eau pourraient être dégradés ou précipités.

La troisième application de la conversion microbienne est la production d'*éthanol*. La STN ne cherche pas à produire de l'éthanol comme tel, mais à en améliorer les procédés de production. Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, la technique de l'éthanol de fermentation est déjà bien établie. Dans la plupart des cas, il faut de 20 à 30 heures pour produire des concentrations d'éthanol de moins de 10 % v/v, présentant une efficacité de conversion d'environ 90 % du maximum théorique de 51 %. La recherche de Tate and Lyle Ltd est orientée vers la mise au point de procédés qui peuvent : a) accroître la concentration d'éthanol et, de ce fait, diminuer sa distillation ; et b) réduire les frais d'établissement des distilleries.

La société prétend produire de l'éthanol bien au-delà des 10 % v/v avec une durée de maintien, dans un réacteur continu, de moins de 10 heures, sans perte importante de l'efficacité de conversion. Cela permet l'installation de cuves de fermentation et d'appareils de distillerie plus petits et, espérons-le, moins coûteux, exigeant des investissements de capitaux et un apport énergétique moins importants pour la récupération de l'éthanol. On parle, dans certaines publications, d'une concentration d'alcool de 30 % et de petits convertisseurs très efficaces capables de faire la conversion au moins dix fois plus rapidement que le procédé normal (Righelato 1979:150).

L'effort technique de la société dans ce domaine découle de ses grands intérêts dans les domaines de l'amidon, du sucre et de la mélasse. L'effort mondial de production d'éthanol tiré de la canne à sucre pour des fins énergétiques dans le Tiers-Monde attire la société. Les contacts directs de Tate and Lyle Ltd de longue date, avec les producteurs de sucre de canne et de mélasse, stimulent sans aucun doute ses travaux. Comme nous l'avons souligné, la société n'annonce aucun plan de production d'éthanol dans ses propres installations.

Les édulcorants à base de talin

Les édulcorants à base de talin, tout comme les autres points abordés brièvement plus loin ne relèvent pas de la sucrochimie, mais ces activités sont néanmoins

importantes puisqu'elles démontrent l'attitude proactive de la société. Une des menaces qui planent actuellement sur le marché des édulcorants est la mise au point d'un édulcorant hypocalorique sans danger. Nombre de consommateurs de sucre (et même ceux qui n'en consomment pas) craignent les calories tout en aimant le goût du sucre. L'entreprise qui réussira à produire un édulcorant hypocalorique dont le goût et les autres propriétés ressembleront au saccharose réalisera des gains énormes. L'investissement de la société dans la recherche de produits chimiques spécialisés du domaine des sucres désoxychlorés reflète sa volonté d'affecter des ressources à cette entreprise. Dans le même ordre d'idées, on note qu'elle cherche à produire un édulcorant tiré du talin, plante de l'Afrique occidentale mentionnée au chapitre 7 (*Thaumatococcus danielli*). La baie de cette plante est non seulement beaucoup plus sucrée que la canne à sucre, mais elle est également hypocalorique et non carcinogène ; de plus, elle rehausse la saveur des aliments.

Le SGHTF

Même si nous avons déjà parlé du SGHTF dans la partie I, il faut noter que, dans le cadre des travaux de Tate and Lyle Ltd, l'activité dans le domaine du SGHTF s'inscrit dans l'approche générale de la société à l'égard des édulcorants, comme l'activité dans le domaine des édulcorants à base de talin et des sucres désoxychlorés. La société semble vouloir trouver le moyen d'utiliser des enzymes pour la production de SGHTF. Cela s'ajoute aux travaux effectués dans les autres domaines des procédés de conversion microbienne. Avec la collaboration du British Atomic Energy Research Establishment, de nouvelles techniques d'immobilisation des enzymes se poursuivent. L'amyloglucosidase est la première réussite. Un réacteur de 500 L contenant ce genre d'enzymes est utilisé à l'usine de glucose de Tate and Lyle Ltd. On tente également de mettre au point un procédé commercial en vue de produire du SGHTF à partir de la chicorée, autre exemple de l'attitude proactive de la société.

Les usines de canne et de betterave

La recherche et le développement dans le domaine des édulcorants hypocaloriques et du SGHTF n'englobent pas tous les travaux de Tate and Lyle Ltd dans l'industrie des édulcorants. La société tente également de mettre au point des procédés améliorés qui pourraient être vendus aux usines de traitement de canne et de betterave. Le procédé TALO est une innovation intéressante, pour laquelle la société a gagné un prix technologique, en Angleterre. Même si nous ne nous intéressons pas particulièrement aux opérations dans ce secteur, on comprend mieux l'éventail des efforts de recherche de la société et sa place au sein de l'industrie des édulcorants en tant qu'industrie polyvalente lorsque l'on tient compte de toutes ces activités.

La protection des récoltes

Sa longue expérience de l'agriculture tropicale et, plus récemment, de l'agriculture européenne, pousse la société à exploiter son vaste bassin de connaissances spécialisées en production agricole. Dans la mesure où les produits chimiques à base de saccharose peuvent produire des pesticides chimiques importants, la société intègre une partie des efforts en ce sens à ses activités en matière de produits chimiques spécialisés. Toutefois, le principal effort dans ce domaine consiste à utiliser les

champignons, les bactéries, les virus et autres micro-organismes afin de remplacer ou de compléter l'utilisation des pesticides chimiques. C'est un grand domaine de recherche puisque les insectes et agents pathogènes résistent de plus en plus aux pesticides chimiques. Le recours aux ennemis *naturels* constitue évidemment une entreprise prometteuse.

L'aquaculture

Les travaux de recherche et de développement dans ce domaine semblent s'appuyer sur deux considérations principales. La première est l'exploitation plus poussée des utilisations possibles des déchets charriés par l'eau. Ces travaux s'ajoutent donc aux travaux sur les déchets dont nous avons déjà parlé. Deuxièmement, on considère la pisciculture à l'échelle commerciale comme un moyen d'améliorer l'approvisionnement alimentaire. Tate and Lyle Ltd fait tout en son pouvoir pour mettre en place une technologie vendable dans ce domaine.

Orientations de la recherche : une évaluation

Pour être bien comprises, il faut établir le lien entre les orientations de la recherche à Tate and Lyle Ltd, décrites dans la section précédente, et le programme de diversification lancé par la société il y a un peu plus de dix ans. Les travaux de recherche au cours des douze dernières années relèvent de l'une ou l'autre des trois grandes catégories suivantes : alimentation, technique des procédés en vue de produire et de traiter les récoltes agricoles, et produits chimiques spécialisés. À leur tour, ces trois catégories découlent toutes de l'intérêt historique de la société pour le sucre. Pour la STN, diversification ne signifie pas abandon du sucre, mais bien plutôt des efforts contrôlés en vue d'utiliser les avenues offertes par le sucre, soit en trouvant de nouveaux champs d'activité, soit en s'installant dans de nouvelles régions.

D'après certains rapports et discussions, il semble que la société ait eu l'intention de suivre un plan décennal, comme «minimum» en vue d'obtenir les meilleurs résultats possibles pour ses travaux de R & D. Les projets déjà mentionnés qui ont atteint l'étape de commercialisation, par exemple la gomme xanthane et les détergents selon le procédé TAL, relèvent de ce calendrier. Les retards et l'abandon subséquent des efforts en vue de commercialiser ces deux produits démontrent combien il est important de faire preuve de patience, surtout vers la fin des travaux. Cette position a fait l'objet d'un résumé dans le rapport annuel (Tate and Lyle Ltd 1979:14) de la société, en 1979, sous la rubrique de la Division des nouveaux produits (New Developments Division) : «Les projets commerciaux actuellement près de leur maturité — agents tensio-actifs TAL, édulcorants à base de talin, gommex xanthanes — découlent d'objectifs de recherche fixés il y a déjà une décennie.»

Le rapport continue (Tate and Lyle Ltd 1979:14) :

Nos objectifs de recherche à long terme portent donc sur les progrès de la chimie fondamentale en matière de saccharose et autres hydrates de carbone, de même que l'exploration de procédés en vue de tirer le maximum de la biomasse comme source d'énergie exploitable. À mesure que progressera la recherche fondamentale, l'approche générale convergera vers des cibles identifiables sur lesquelles pourront se concentrer les ressources en R & D, sous les contraintes combinées de la commercialisation et des questions environnementales, législatives et sociologiques.

Si l'on peut dire que la diversification des opérations de Tate and Lyle Ltd, de même que ses nouvelles activités de recherche et de développement, sont stimulées par sa crainte des dangers liés à son extrême dépendance à l'égard d'un produit de base au marché aussi instable que le sucre de canne, les efforts de la société n'éliminent tout de même pas encore les fluctuations importantes dans le chiffre d'affaires, l'utilisation de l'actif et les profits (pertes). Nous avons déjà noté dans les tableaux 38 et 39 l'importance de ces fluctuations. Le tableau 42 illustre les données de la rentabilité (avant déductions) de la société. Ces chiffres indiquent clairement le fort niveau de dépendance de la société à l'égard du sucre. Ainsi, les comptes de la production et du raffinage du sucre de canne, de la mélasse et du sucre représentent, à la fin de 1983, le gros des profits de la société. Ces gains ont toutefois été assez changeants et traduisent les fluctuations des prix du sucre et de la capacité de raffinage au Royaume-Uni. Ainsi, en 1978, ces profits ne sont que de 1 %. Toutefois, la tendance est continuellement à la hausse depuis.

Après le boom du sucre du milieu des années 70, certains facteurs précipitent l'état de crise au sein de la société. Il y a, en premier lieu, l'inflation des prix du pétrole, qui entraîne la récession et une crise structurelle de l'économie mondiale. Ces facteurs, combinés à certains autres aspects des opérations de la société, provoquent une sérieuse baisse des profits. En effet, on connaît alors au Royaume-Uni une baisse de la demande du sucre raffiné. En deuxième lieu, l'incidence de l'entrée du Royaume-Uni dans la CEE sur le régime sucrier auquel fait face la STN commence à toucher sérieusement l'organisation des opérations. De plus, il existe une supercapacité des industries de l'amidon et du glucose, capacité qui avait augmenté graduellement pendant les années fastes du boom du sucre, au cours desquelles l'industrie avait également profité d'une réduction universelle des frais d'expédition. En dernier lieu, la pénétration du marché d'Amérique du Nord coûte beaucoup plus que la société ne l'a prévu. Ces événements coïncident avec la retraite du président-directeur général de la STN et avec l'arrivée de son successeur qui déclare sans ambages que, pour enrayer la baisse des profits, il faut immédiatement entreprendre un grand programme de restructuration.

Ce programme comportait cinq grands éléments de production et de commerce. Le premier : fermer certaines raffineries, en vue d'éliminer la surcapacité. Le deuxième : vendre la flotte de transport de la société. Le troisième : cesser la production d'amidon et de glucose dans certaines usines. Le quatrième : sabrer dans les frais généraux de la société. Le cinquième, particulièrement important pour le sujet que nous abordons : réévaluer à fond les travaux de recherche et de développement et le programme des produits chimiques spécialisés de la société. Ce programme de restructuration s'accompagne d'une vaste réforme administrative de la STN, comme c'est habituellement le cas dans ce genre de situation. Le président-directeur général déclare (Tate and Lyle Ltd 1980a:6) :

Dans l'ensemble, le groupe fixe maintenant des exigences plus urgentes de rentabilité. Nous avons, par exemple, réévalué les projets de notre division chimique, où nous adoptons maintenant une attitude beaucoup plus prudente. Pour les agents tensio-actifs, nous avons décidé de radier nos dépenses initiales tout en intensifiant nos efforts en vue de résoudre nos problèmes techniques.

L'attitude qui transparaît dans cette citation, même si elle dénote un sens pratique des affaires, explique néanmoins cette question déjà soulevée : est-il raisonnable de s'attendre qu'une société possédant une structure commerciale aussi changeante que celle de Tate and Lyle Ltd puisse fournir un effort soutenu en vue de créer une

Tableau 42. Tate and Lyle Ltd : analyse des profits d'exploitation, 1978-1983.^a

	1978		1979		1980		1981		1982		1983	
	M£ ^b	%	M£	%	M£	%	M£	%	M£	%	M£	%
Agrotechnique	4,5	10	2,3	6	(7,6)	(16)	(0,2)	(1)	0,6	1	(0,5)	(1)
Stockage des liquides	1,4	3	1,2	3	2,9	6	3,0	6	2,3	4	1,2	2
Production et raffinage du sucre de canne	1,1	1	7,5	21	17,4	36	24,5	45	30,6	51	44,4	72
Édulcorants de céréales et amidons	3,3	7	(1,9) ^c	(5)	(1,2)	(3)	(0,6)	(1)	0,4	1	(4,0)	(6)
Commerce des produits de base à l'échelle mondiale	17,9	41	9,0	26	16,8	34	9,6	18	5,3	9	4,2	7
Assurances	—	—	0,8	2	0,8	2	1,1	2	0,9	1	1,6	2
Fabrication du malt	2,0	5	2,4	7	2,3	5	2,0	4	3,3	5	2,3	4
Mélasses	6,4	15	8,4	24	15,0	31	10,6	19	12,9	22	7,1	11
Entreposage, emballage et distribution	3,9	8	1,9	5	0,9	2	2,2	4	3,1	6	3,6	6
Autres activités	2,5	6	2,1	6	1,4	3	2,5	4	0,6	1	2,2	3
Total	44,0	100	35,6	100	48,7	100	54,7	100	60,0	100	62,1	100

Source : Tate and Lyle Ltd, rapports et comptes annuels, de 1978 à 1983.

^aProfit tiré des activités ordinaires avant impôt.

^bM£ = millions de livres sterling; £ 1,44 = 1 \$ US.

^cLes pertes sont indiquées entre parenthèses.

industrie sucrochimique ? Bien que, d'un côté, le caractère changeant de ses gains pousse la société à trouver des assises stables dans les produits chimiques dérivés du sucre, afin de s'assurer une demande sucrière plus régulière, d'un autre côté, l'instabilité des gains diminue la capacité de financer un effort de recherche à long terme. Les sentiments exprimés dans la déclaration du président-directeur général pourraient donc refléter beaucoup plus que le pessimisme habituel ressenti pendant un ralentissement de l'activité économique. Ils pourraient être la manifestation de ce dilemme particulier. De toute façon, la faiblesse des prix du sucre, qui se maintient depuis un bon moment, contribue grandement à freiner la sucrochimie.

L'approche du programme de sucrochimie adoptée par les nouveaux dirigeants de la société est décrite dans le rapport annuel de 1980 (Tate and Lyle Ltd 1980a:12) :

Mettre au point et rentabiliser une nouvelle technologie des produits chimiques, c'est accepter de relever un défi — en particulier à une époque de dépression marquée du marché des produits chimiques. Si l'on ajoute le fardeau des frais d'établissement, il nous a été impossible d'influer sur le marché autant que nous l'avions prévu et nous avons subi de lourdes pertes en 1980. La mise en chantier de nos deux nouvelles usines de production de Knowsley, Merseyside, accuse des retards. Pour ce qui est de l'éventail prévu de produits tensio-actifs, nous avons dû faire face à de sérieuses difficultés techniques et nous ne sommes pas encore en mesure de les produire en quantité suffisante et de façon rentable. Nous poursuivons nos efforts en vue de résoudre ces problèmes, mais en raison de la nature extrêmement risquée de cette entreprise, nous avons décidé de radier les frais d'établissement de notre bilan.

Depuis lors, la société abandonne sa participation au programme de bio-spécialités et vend ses actifs. Elle se débarrasse également d'une grande partie de sa part des services communs à son complexe de Knowsley. La co-entreprise avec Hercules Inc. est également abandonnée même si, récemment, la société conclut une entente avec la transnationale chimique Hoechst A.G., en vue de «travailler conjointement à l'exploitation de nos capacités combinées dans certains domaines de la chimie et de la biologie» (Tate and Lyle Ltd 1981:4). Comme le dit la société : «L'entente cherche à combiner l'expérience d'une importante société chimique et d'une grande société alimentaire en vue d'explorer certains nouveaux domaines d'intérêt mutuel en biotechnologie et en chimie des hydrates de carbone.»

Notre examen de Tate and Lyle Ltd démontre qu'à toutes fins utiles, le programme des produits sucrochimiques est bien à la croisée des chemins. On a assisté à une réduction considérable des efforts de la société dans cette voie, y compris la fermeture de sa division de chimie et l'absorption des travaux de cette division par d'autres services. Malgré cela, les ententes avec Hoechst A.G. marquent un pas important. Je dis cela parce que la société apporte à cette entente une vaste expérience en production chimique et en commerce ; de plus, parce qu'elle est une grande «utilisatrice» elle-même, cela pourrait bien être le moyen de faire pénétrer les produits sucrochimiques dans les marchés actuels des produits chimiques.

Il faut noter que la chute des profits qui a donné lieu aux changements importants décrits ci-dessus a cessé ; on assiste à une remontée marquée depuis 1981. Comme le faisait remarquer le président du Conseil d'administration (Tate and Lyle Ltd 1981:6) :

Je suis heureux de vous signaler que l'année 1981, au Groupe Tate and Lyle Ltd, a été marquée par un retour à une qualité accrue des gains et à un niveau plus acceptable des profits, soit 36,3 millions de livres sterling avant impôt. Nous

avons atteint ce résultat dans un climat économique très difficile, à la fois au Royaume-Uni et à l'échelle mondiale. Il est encourageant de voir l'émergence d'un groupe plus fort, issu de la politique de rationalisation radicale qui nous a été imposée au cours des dernières années.

Malheureusement, c'est aux dépens des produits surochimiques que la société a atteint ce résultat. Dans son rapport provisoire des six mois se terminant le 27 mars 1982, le président du Conseil d'administration (Tate and Lyle Ltd 1982) a noté la remontée constante des profits, mais a ajouté : «Le freinage de nos dépenses en recherche et développement et la réduction importante des pertes des produits chimiques spécialisés ont influencé ces chiffres.»

Pour conclure, je me dois de réitérer qu'on ne peut s'attendre qu'une STN, dont la structure des gains est aussi changeante que celle de Tate and Lyle Ltd, ouvre la voie dans le domaine des produits surochimiques. Pourtant, en même temps, une douzaine d'années de recherches continues et l'affectation d'importantes sommes à la recherche dans ce domaine constituent un actif important pour la société. Cette dernière est de fait le chef de file dans le domaine des produits surochimiques. Cet avantage considérable ne devrait pas être abandonné avec facilité ni, pire encore, gaspillé. Les problèmes techniques qui demeurent dans ce domaine sont considérables, sans parler de la mise au point et de la commercialisation des produits. Il semble qu'il faudra y consacrer de nouvelles ressources et ouvrir des perspectives commerciales pour relancer l'industrie surochimique. On peut toutefois se demander qui prendra la relève.

Chapitre 11

La menace et le défi : évaluation

Contexte

Au cours des chapitres précédents, nous nous sommes étendus sur les progrès du SGHTF et de la technologie des produits surochimiques, la façon dont les industries associées à ces innovations techniques ont évolué et leurs perspectives d'avenir. Le présent chapitre brossera, pour les Antilles, une évaluation générale de l'incidence de ces progrès et fera certaines recommandations. On mettra l'accent sur l'analyse et les jugements plutôt que de reprendre les détails concernant les prévisions commerciales, les tendances des capacités, les prix et la politique publique, et la détermination des obstacles et des problèmes techniques relatifs à l'expansion de ces technologies.

Certaines propositions générales concernant la région des Antilles se dégagent de la documentation présentée jusqu'à maintenant. Néanmoins, afin d'écarter tout doute quant au contexte de mes opinions et recommandations, ces dernières devront maintenant être énoncées clairement. La première de ces prémisses porte qu'historiquement, en raison de la colonisation et de l'exploitation par l'Europe, notre système agricole ait été orienté vers la production d'exportation, destinée à être consommée à l'étranger. Après la décolonisation relativement récente, certains efforts ont été accomplis en vue de remplacer les aliments que nous mangeons par des aliments importés d'outre-mer. À ce jour toutefois, la diversification de la production agricole, dans le cadre du programme de substitution des importations, a été plutôt limitée et les prévisions ne semblent pas indiquer d'amélioration phénoménale. C'est un état de chose particulièrement décevant, comme l'avaient prouvé les données du chapitre 1 qui indiquaient que, dans la région, les besoins alimentaires globaux dépassent l'offre nationale et les importations actuelles d'aliments et de fourrage s'élèvent à environ 1 milliard de dollars américains. J'estime que, selon l'état actuel de l'agriculture aux Antilles, un accroissement important de la production alimentaire dépendra, entre autres, des facteurs suivants :

- a) Une réforme agraire aboutissant à une répartition socialement juste des terres et autres ressources économiques ;
- b) Des services sociaux améliorés dans les régions rurales, par exemple dans les domaines de la santé, des loisirs, de l'éducation, de la formation ;
- c) Une infrastructure rurale améliorée (routes, drainage, irrigation et contrôle des eaux, etc.) ;
- d) L'élimination des dettes en milieu rural, accompagnée d'un système de crédit approprié et amélioré ;
- e) Une baisse substantielle des pertes de production dues aux insectes et aux maladies ;
- f) Un accroissement substantiel du rendement et une production plus régulière des superficies cultivées actuelles ;

g) Une efficacité grandement accrue de l'utilisation des engrais, de l'eau, de l'équipement mécanique et des autres facteurs énergivores ;

h) Un stockage, des transports, des systèmes de distribution et des prix améliorés ;

i) Finalement, et non le moindre, un accès amélioré au pouvoir et aux mécanismes de contrôle régissant la vie sociale et politique de l'ensemble des classes rurales, regroupements et catégories qui en ont été depuis toujours exclus par des groupes minoritaires dominants.

Nombre de ces mesures, et peut-être toutes, pourraient s'appliquer non seulement à la région des Antilles mais à l'ensemble du monde. Malheureusement, dans ce dernier cas, ce sont les sociétés qui sont le plus en mesure d'apporter des améliorations, par exemple parce qu'elles ont des surplus réguliers de production agricole, qui en ont le moins besoin ; et dans les pays où on en a le plus besoin, il n'est pas facile d'y arriver — malgré la révolution verte.

Une deuxième prémisse veut que traditionnellement la région a été sous-industrialisée, pour les mêmes raisons de domination coloniale qui ont orienté l'agriculture vers les exportations et du fait que l'on ait négligé la demande alimentaire intérieure. À la suite de la décolonisation suivant la Seconde Guerre mondiale, on a fait des efforts louables, à l'échelle locale, pour diversifier l'industrie, surtout par le biais de programmes fiscaux et autres stimulants destinés à remplacer les produits industriels importés par des produits fabriqués au pays. J'ai déjà tenté, dans d'autres études, de dégager les faiblesses essentielles des industries empruntant ce processus de substitution aux importations. Je me contenterai donc d'énumérer certaines des principales failles, notamment (pour plus de détails, voir Thomas (1974, 1979, 1982)) :

a) Ces industries ont une très faible valeur ajoutée nationale puisqu'elles doivent se fier sur l'assemblage d'un équipement importé démonté ;

b) Leur capacité d'absorption de main-d'oeuvre est également faible ;

c) En raison de la petite taille et de la nature fractionnée de leurs marchés, on assiste à des déséconomies d'échelle ;

d) Malgré de petits marchés, on remarque une sous-utilisation importante des taux de capacité ;

e) Les industries créent des liens intersectoriels au sein de l'économie nationale et sont, de ce fait, incapables de produire des séquences de croissance autonome qui pourraient consolider l'économie ;

f) Malgré d'importantes subventions financières, les industries sont des producteurs peu rentables, cantonnés derrière des marchés protégés et profitant de leur situation monopolistique pour passer ces coûts à leurs clients ;

g) On exerce aussi une puissance monopolistique en diminuant la qualité et les normes, en fournissant des installations après vente de qualité inférieure et en pratiquant des taux de financement usuraires ;

h) Les industries, même si elles sont conçues pour éviter le change étranger, ont des niveaux très élevés d'importation qui laissent supposer, à certains moments, des fuites négatives de change étranger pour l'économie nationale, malgré une rentabilité privée élevée ; et

i) En tant que filiales d'une STN, ces industries s'intéressent peu aux exportations, sauf lorsque les conditions régionales de commercialisation et de production les y obligent.

Récemment, dans certaines des grandes régions, on a tenté de faire progresser le secteur des matières premières, par exemple à Trinité-et-Tobago où l'on s'appuie sur les ressources d'hydrocarbures et de minerais de fer importés. Ces efforts en sont toutefois encore à leurs premiers balbutiements. Néanmoins, je crois qu'ils représentent une tentative sérieuse en vue de surmonter les limites imposées par le processus d'industrialisation de substitution des importations déjà décrit.

Les courbes d'expansion et d'industrialisation agricoles dont j'ai parlé représentent un processus historique de divergences entre les ressources internes et la production interne, d'une part, et les besoins de la population et la demande du marché en matière d'alimentation, d'autre part. Pour cette raison, les assises (à la fois physiques et sociales) de la mise en place d'une technologie indigène sont inexistantes.⁵ C'est pourtant ce processus historique particulier de divergences qui m'a fait prôner, ailleurs, un modèle d'industrialisation fondé sur la création en priorité d'un secteur des matériaux de base essentiel à l'économie nationale (Thomas 1974:177–227). Le point fondamental de cette proposition se résume comme suit : nous ne réussirons à renverser ce processus historique de divergences et à mettre un terme à la perpétuation de la dynamique du sous-développement qu'en réussissant à produire ces biens, nécessaires à la production de tous les autres biens. Ces matières de base utilisées dans la production de tous les autres biens peuvent être indirectement nécessaires (par exemple les denrées comestibles pour les salariés) ou directement nécessaires (par exemple le fer et l'acier). D'après ce critère, on a dressé une liste des produits industriels essentiels et, de cette courte liste, on a isolé une douzaine de biens ou à peu près, dont faisaient partie les produits chimiques (Thomas 1974:195–201).

Voilà donc le contexte essentiel où se situe l'analyse qui précède. L'étude de la technologie sucrochimique s'inscrit dans la recherche effectuée en vue de trouver une base industrielle aux matières brutes relativement abondantes, dans la région. De plus, comme nous l'avons souligné dans l'introduction, la recherche ne suit pas les avenues traditionnelles consistant à transformer de plus en plus le produit principal ou à utiliser de plus en plus ses sous-produits. Au lieu de cela, elle étudie les frontières du changement technique afin de découvrir si les progrès accomplis permettent une *utilisation radicalement différente d'un produit aussi traditionnel que le sucre*. Le but consiste donc à évaluer si une industrie chimique concentrée sur le saccharose au lieu des hydrocarbures, ou même d'autres ressources de la biomasse, a une chance, dans le cadre d'une recherche plus générale, d'établir une courbe des investissements de la croissance, de la production, de la consommation et des changements technologiques qui suivrait le développement de la région des Antilles, plutôt que de perpétuer son sous-développement. Il est donc évident que si une industrie chimique axée sur le

⁵Thomas (1974) explique à fond cette thèse. Le point central de la discussion sert simplement à situer exactement l'industrie sucrochimique dans le nouveau plan de réorganisation des Antilles.

saccharose pouvait devenir techniquement et commercialement rentable, la cause du développement dans les Antilles aurait accompli des progrès marqués.

La recherche soutenue d'une capacité pouvant produire des biens directement ou indirectement liés à la production de tous les autres biens n'est pas pour autant la toile de fond de l'autarcie. C'est un programme destiné à la création d'un enchaînement autonome et sans cesse renouvelé d'investissements qui incorporeraient les bases de la croissance et du développement de l'économie nationale. De plus, si l'on veut réussir à instaurer un système interne d'enchaînement, son succès dépendra intrinsèquement de la disponibilité des devises étrangères pour le financer. Le commerce lucratif de biens actuels constitue donc un prérequis essentiel à cette stratégie. En d'autres mots, nous devons découvrir de nouvelles bases commerciales pour lesquelles la demande étrangère de nos produits soit perçue comme le prolongement de nos besoins nationaux, et de notre propre demande de biens étrangers, mais le modèle spécifié doit également tenter de maximiser, dans cette perspective, les profits des tendances commerciales actuelles. La menace du SGHTF pour la canne à sucre doit donc s'inscrire dans le contexte d'une menace pesant sur une des sources principales de bénéfices provenant des devises étrangères, dans la région.

Enfin, du point de vue des ressources naturelles tant à l'échelle mondiale que régionale, les sources de produits chimiques organiques sont le pétrole, le charbon et la biomasse. Comme l'éventail de ces produits de rechange est restreint, une relation concurrentielle entre ces solutions de rechange est cruciale lorsqu'il s'agit de déterminer l'évolution de l'exploitation des ressources et cela constitue une importante proposition. Au sujet de cette relation concurrentielle, je soulignerai non seulement le prix, dont l'importance ne devrait pas pour autant être sous-estimée, mais aussi d'autres facteurs comme l'accès et la sécurité de l'offre, les considérations d'ordre national, le niveau de contrôle monopolistique de la production et de la commercialisation, les considérations environnementales et le reste. Bien qu'à l'origine, l'industrie chimique soit passée de la biomasse et du charbon au pétrole, à la suite d'importantes découvertes de pétrole à bon prix, récemment l'inflation rapide du prix des hydrocarbures, en raison de leur rareté prévue à long terme, s'est révélée un coup d'envoi de taille pour l'utilisation de la biomasse, en général, et du saccharose, en particulier, comme source renouvelable de produits chimiques. Les industries pétrochimiques actuelles possèdent toutefois de vastes ressources et une énorme force de levier politique. On ne peut vraiment s'attendre qu'elles abandonnent facilement leurs profits ou la place qu'elles se sont taillées. Si l'on veut remporter la bataille pour l'établissement d'une industrie chimique «de rechange», il faudra inévitablement se rallier un solide appui gouvernemental, comme source de pouvoir compensateur. On ne peut raisonnablement s'attendre que l'industrie du sucre de canne, dans son organisation mondiale actuelle, ni Tate and Lyle Ltd, principale STN dans ce domaine, puisse générer les ressources d'une transformation industrielle de cette envergure.

Recommandations

Nous avons observé, dans la partie I de notre étude sur le SGHTF, les points suivants :

a) Un ralentissement du taux d'accroissement de la demande mondiale d'édulcorants (de 2 à 2,5 % par année, au maximum). Ce phénomène réunit une demande

stable ou décroissante des pays industrialisés (en général ceux où la consommation du saccharose par habitant dépasse 45 à 50 kg/an) et une hausse de la demande par habitant dans les pays en développement (en général ceux où la demande par habitant était inférieure à 15 à 20 kg/an).

b) Pour ce dernier groupe de pays, on met l'accent sur une autonomie en matière de sucre et, par conséquent, cette demande ne donne pas lieu à un commerce vraiment plus actif. En outre, le premier groupe de pays, que l'on considèrerait traditionnellement comme de grands importateurs, sont maintenant devenus d'importants producteurs et exportateurs de sucre, par exemple la CEE, et ce revirement a modifié l'équilibre commercial entre la demande et l'offre mondiale traditionnelles de sucre.

c) Dans l'ensemble, on prévoit que la production de SGHTF atteindra en moyenne environ un dixième du total de la demande des édulcorants d'ici 1990, tandis que, dans sa principale région de croissance, les États-Unis, on s'attend que la production soit beaucoup plus élevée, peut-être même 40 à 45 % de la demande.

d) Bien que les prévisions du marché des édulcorants aient toujours été difficiles, on a, jusqu'à maintenant, très rarement péché par optimisme. Au contraire, la production à ce jour a toujours dépassé les prévisions.

e) La croissance du SGHTF, dans les pays autres que les États-Unis où l'infrastructure industrielle s'y prête, est étroitement liée à l'orientation des politiques gouvernementales. L'exemple le plus flagrant de cette situation est celui de la CEE, où la réglementation actuelle limite rigoureusement la production de SGHTF à seulement 200 000 t/an.

f) Dans certains pays du Tiers-Monde, on instaure actuellement une capacité de SGHTF. On y met surtout l'accent sur l'abondance des matières premières pouvant être utilisées (maïs, riz, manioc) ou sur l'importance du secteur des boissons à satisfaire.

g) Du point de vue technique, il faudra surmonter certains obstacles de taille avant de pouvoir remplacer le saccharose par le SGHTF, dont la cristallisation. Si l'on réglait ce problème, le rythme et l'évolution de sa croissance future seraient plus forts et spectaculaires qu'ils ne l'ont été jusqu'à ce jour.

h) Pour résumer, on en est venu à la conclusion, dans la partie I, que l'incidence principale de la croissance du SGHTF serait ressentie sur le marché international du sucre. Nous avons souligné que seulement 20 à 25 % de la production mondiale de sucre faisait l'objet d'un commerce international et, de cette proportion, le sucre de canne s'en approprie 90 %. De plus, le commerce du sucre se débat dans un réseau complexe d'ententes bilatérales, régionales et internationales qui repoussent l'élément de marché mondial «libre» à une proportion encore moindre de cette production globale, soit 2 à 4 %. De tout temps, les vastes écarts du prix du marché «libre» ont rendu notoirement instables les prix du sucre. Nous en sommes arrivés à la conclusion que, si les pays désirent protéger leurs consommateurs ou, d'un autre côté, dans le cas de la production nationale d'édulcorants, les intérêts de leurs propres producteurs, ils devront s'attendre à limiter leurs importations comme première ligne de défense, si leurs intérêts nationaux sont moussés ou menacés par la croissance du SGHTF. Par conséquent, l'incidence du SGHTF sur le commerce du sucre de canne en général et, de ce fait, sur les Antilles, sera beaucoup plus marquée que les chiffres de production du SGHTF et autres édulcorants ne le laisseraient supposer.

D'après ces observations, deux grandes recommandations ont été formulées à la fin de l'enquête sur le SGHTF. La *première recommandation* invoquait l'importance d'un accord international du sucre (AIS) qui regrouperait tous les édulcorants, caloriques et non caloriques. C'est la position que l'on a pressé les Antilles d'adopter. On a souligné, à l'appui de cette idée, que les producteurs de SGHTF devraient également encourager un marché mondial des édulcorants qui soit moins changeant et instable et que, par conséquent, ils devraient faire tout en leur pouvoir pour y arriver. En ce qui a trait au fait que le caractère changeant et l'instabilité des prix du sucre découlent de l'étrange structure du marché «libre» du sucre, l'incorporation de tout genre de production d'agents édulcorants, qu'ils fassent l'objet du commerce ou non, dans un accord international sur le sucre est nécessaire pour assurer une commercialisation méthodique de tous les édulcorants.

La recommandation envisageait donc non seulement l'ajout des autres édulcorants dans l'AIS actuel, mais la transformation de cet AIS en un cadre plus général et plus complet, grâce auquel on pourrait planifier la production et la commercialisation de toutes les formes importantes d'édulcorants. Dans la mesure où cette recommandation encourage la création d'un régime de prix rémunérateurs et stables pour les producteurs de sucre déjà bien établis, dans cette mesure également encouragera-t-elle une base d'utilisation planifiée du saccharose comme matière première chimique. En d'autres mots, toutes les initiatives permettant une commercialisation du saccharose plus stable et mieux réglée amèneront de ce fait le même genre de situation lorsque l'on tentera de promouvoir son utilisation comme matière première chimique. Du point de vue de la planification en science et en technologie, cette recommandation tente de proposer des moyens susceptibles de stabiliser les conditions de production et de commercialisation du saccharose en vue de favoriser ses progrès comme principale matière première.

La *deuxième recommandation* présentée incitait la région des Antilles à n'épargner aucun effort en vue de mettre de l'avant une capacité de surveillance capable de préciser et de permettre une réponse planifiée à l'avancement de la technique et de la production de SGHTF. Deux points ont été soulevés concernant la surveillance. Le premier : la surveillance devrait être perçue comme un rassemblement systématique d'information, une fonction nécessaire relevant du cadre de planification scientifique et technologique tant à l'échelle nationale que régionale. Pour défendre ce point de vue, j'ai pris soin de déterminer les fonctions que je qualifie «de surveillance» : (recherche de «signaux» qui constituent des indicateurs d'innovations intéressantes ; identification des conséquences probables de ces innovations ; choix du contexte dans lequel on pourrait préciser la rapidité et l'orientation de la technique et les effets de son utilisation ; présentation des données précédentes en temps voulu afin de pouvoir obtenir une réaction dynamique de la part de la direction, d'après une évaluation de ces données). Deuxième point : si l'on veut que la surveillance soit efficace, elle doit englober tous les genres d'agents édulcorants. Traditionnellement, les producteurs de sucre de canne se sont concentrés sur la surveillance de leurs activités respectives et de quelques rares études sur les progrès du sucre tiré de la betterave. Nous avons besoin ici de l'inclusion non seulement du SGHTF, mais encore de tous les autres édulcorants, par exemple les édulcorants hypocaloriques et non caloriques, dans un système structuré de rassemblement de l'information. Dans le cas des deux exemples cités ici, le point le plus important est peut-être la menace qui plane sur le sucre de canne et de betterave de même que sur le SGHTF, c'est-à-dire la découverte possible d'un édulcorant hypocalorique qui aurait le goût et les autres principales caractéristiques du saccharose.

La surveillance comme aspect de la planification scientifique et technologique à l'échelle nationale et régionale devrait être élargie pour englober le champ complet des activités sucrochimiques. En d'autres mots, si l'on veut en arriver à une réaction satisfaisante, tant du point de vue régional que national, il faut saisir parfaitement à la fois «la menace et le défi». Nous arrivons donc à ma *troisième recommandation*. Cette surveillance devra être institutionnalisée et se poursuivre de façon permanente. Elle ne peut dépendre d'études sporadiques.

L'importance particulière de cette recommandation pour les Antilles prend toute sa valeur devant le vieillissement et la pétrification de l'industrie du sucre de canne et les limites restreintes de ses objectifs de recherche et de ses interventions dans les questions sucrières de la région. Les observations de Hagelberg et d'Ahlfeld (1981:3) sur les industries du sucre de betterave et de canne sont particulièrement pertinentes :

À l'abri, jusqu'à récemment, de la concurrence de substituts très semblables, l'industrie n'a pas jugé bon d'améliorer son produit sauf peut-être dans les domaines de la qualité du raffinage et du transport des marchandises et des liquides en vrac. Même si la valeur de la pulpe de betterave et de la mélasse de betterave ou de canne a fait, à l'occasion, la différence entre des profits et des pertes, celles-ci n'en demeurent pas moins des sous-produits.

Les auteurs poursuivent :

Malgré l'intérêt renouvelé à l'égard de l'alcool de fermentation, après la flambée des prix du pétrole, la betterave et la canne sont toujours cultivées surtout pour la production du sucre et le sucre est toujours utilisé presque exclusivement pour la consommation humaine, même si, à intervalles réguliers, on a assisté à des diversions d'importance.

Les auteurs citent ensuite la production de mélasse intervertie, à Cuba, de 1935 à 1958, et l'utilisation du sucre de fourrage dans la CEE, à la fin des années 60 et au début des années 70, comme exemples de ces «diversions».

Quoi qu'on en dise, l'absence d'imagination et d'essor innovateur dans l'industrie sucrière des Antilles me semble être largement imputable à la protection et aux subventions offertes aux planteurs par les diverses administrations tant antillaises que coloniales. Au cours des siècles, les pouvoirs politiques et économiques détenus par les planteurs de la région leur ont donné suffisamment de poids pour influencer toutes les politiques gouvernementales et ils ont exercé cette influence dans un but unique : protéger leurs intérêts limités. Pour atteindre ce but, ils ont profité du fait que le sucre est une activité qui emploie une forte main-d'oeuvre, dans la région, et il leur a été facile de transformer la baisse des profits du sucre en une menace de coupure d'emplois et de chômage qui bouleverserait la vie quotidienne de centaines de milliers d'habitants des Antilles. À chaque fois que ce spectre s'est dressé devant les gouvernements, ces derniers sont venus invariablement au secours des planteurs de canne à sucre.

L'étude présentée ici constitue, d'une certaine façon, un premier effort en vue de surveiller les progrès dans le domaine des produits sucrochimiques, en général, et l'activité de Tate and Lyle Ltd comme STN chef de file, en particulier. On ne peut toutefois pas la considérer comme un document complet ni comme un substitut à un mécanisme régional permanent qui assurerait ce service de planification scientifique et technologique. Dans le dernier chapitre, j'ai toutefois souligné que l'avenir des produits sucrochimiques était à un tournant décisif. Après plus d'une décennie de

travaux constants de recherche et de développement, Tate and Lyle Ltd a battu en retraite au cours des deux dernières années. Même si nous avons mentionné les efforts d'association avec Hoechst A.G. et invoqué que cela représentait un pas dans la bonne direction, il n'en demeure pas moins que les ressources de commercialisation et les connaissances spécialisées nécessaires pour pénétrer la chasse gardée pétrochimique exigeront non seulement plus de ressources mais également une base de profits plus stable que celle de Tate and Lyle Ltd, axée actuellement sur le sucre. Pourtant, il est paradoxal, comme nous l'avons rappelé plus tôt, que ce soient cette même dépendance et cette vulnérabilité causées par une structure industrielle axée sur le sucre qui aient soutenu les efforts de la STN dans la percée des produits sucrochimiques.

Quelle que soit l'importance de la présente étude, elle ne peut remplacer un processus permanent de surveillance. Plus de deux ans se sont écoulés depuis que l'étude a été plus ou moins terminée et rendue publique (octobre 1983). Pourtant, à ce jour, la réaction régionale a été modeste, même si l'association des technologues du sucre des Antilles m'a invité comme conférencier lors de la plénière de leur conférence qui avait lieu en mars 1985, à ce sujet.

Ma *quatrième recommandation* porte sur le besoin, actuellement, d'injecter des ressources entièrement nouvelles et de créer de nouveaux débouchés commerciaux pour reprendre le mouvement en faveur des produits sucrochimiques. Comme j'ai déjà mentionné qu'à la fin, seule une politique gouvernementale pouvait fournir la puissance nécessaire en vue de contrebalancer celle exercée par les STN pétrolières, ma recommandation est la suivante : les gouvernements régionaux, au niveau de leur région, devront envisager une entente axée sur la recherche conjointe, la technologie, l'avancement, la production et la commercialisation des produits sucrochimiques avec Tate and Lyle Ltd. Une telle entente devrait réglementer la recherche en cours, les nouveaux travaux de recherche et de développement envisagés, de même que la délivrance de permis en vue d'une production sucrochimique dans la région. Il est, bien sûr, raisonnable de s'attendre que, avec cette politique gouvernementale, la création de débouchés pour ces produits sera assurée grâce à la délivrance de permis, etc. Pour financer ce projet, il faudrait créer un *Fonds régional de capitaux de spéculation*, administré par une entité juridique et financé par un impôt sur la production sucrière. L'idée d'un tel impôt sur le sucre n'est pas nouvelle, puisqu'après la Seconde Guerre mondiale, les autorités coloniales l'avaient mis en place dans plusieurs territoires de la région, créant ainsi trois fonds, dont l'un axé sur la réadaptation et le renouvellement du capital-actions mis à cette époque à la disposition de l'industrie sucrière. La différence entre le passé et le présent est que la recommandation actuelle comporte une prise de risques délibérée qui explique la notion de capitaux «spéculatifs» en vue de financer ces activités. Je suis convaincu que, même si Tate and Lyle Ltd se trouve elle-même à la croisée des chemins, c'est le moment le plus propice pour en arriver à un accord équitable.

La création d'un fonds de spéculation de ce genre ne suffit pas, à elle seule, à atteindre l'objectif visé. Ce dont nous avons aussi besoin, c'est d'un effort planifié en vue d'établir une capacité de recherche au pays dans ce domaine, de façon à nous assurer que ces ententes comportent un *transfert scientifique*, c'est-à-dire : la connaissance des raisons, des méthodes et des auteurs de ce qui se fait en sucrochimie (Dedijer 1983:30). Les suggestions suivantes constituent donc ma *cinquième recommandation*. Enfin, nous avons besoin d'un déplacement du «centre» de la recherche actuelle sur le sucre. Les efforts pour y arriver devront comprendre non seulement l'activité sucrochimique, mais également d'autres domaines comme la technique de

fermentation (jumelée peut-être à un programme sur le carburol), la technique de transformation dans les usines sucrières et la récolte de la canne à sucre et les opérations de logistique. Un tel déplacement de l'orientation exigera que les installations de formation régionales soient axées vers les besoins et une bonne façon de démarrer serait d'accorder des bourses de formation post-universitaire et des bourses d'études aux gens des Antilles. Dans le cadre de ce programme, on pourrait réunir un groupe de personnes capables de donner des cours de niveau universitaire dans ces domaines. En cours de route, on pourrait construire des laboratoires et d'autres installations de recherche incorporant ceux qui existent déjà dans les établissements régionaux, par exemple Cariri. L'importation appropriée de personnes qualifiées pourrait remplir les vides déjà relevés en ressources humaines. De concert avec ces efforts, on pourrait aussi construire un centre de documentation convenable dont le but serait, éventuellement, de reprendre certaines des fonctions de surveillance abordées dans la troisième recommandation.

Un domaine de cette activité qui, à mon avis, présente une certaine urgence et signale une faiblesse de la présente étude est le besoin d'une surveillance ponctuelle des activités dans le domaine du SGHTF et des produits chimiques à base de saccharose tirés des hydrates de carbone autres que le maïs et qui se poursuivent dans d'autres pays du Tiers-Monde. Ces activités existent dans un environnement beaucoup plus près du nôtre et les problèmes auxquels les gens doivent faire face dans leurs relations avec la STN, la construction d'installations, les difficultés de production et de commercialisation réelles seront d'un intérêt salutaire. En d'autres mots, nous pourrions apprendre des erreurs des autres si nous traitons les progrès du Tiers-Monde comme un «laboratoire social» à surveiller étroitement. Il est remarquable de noter, dans la vaste documentation disponible, le nombre incroyable de pays du Tiers-Monde qui ont répété les mêmes erreurs que d'autres avaient faites, par ignorance.

Pour conclure, j'aimerais réitérer une observation antérieure ; même si mon étude n'englobe pas l'utilisation du saccharose comme source d'énergie, ce rôle ultime du saccharose à cet égard dans la région sera crucial. Comme nous l'avons fait remarquer, la technique de fermentation pour la production d'éthanol n'est pas nouvelle, malgré les nombreuses améliorations de rendement, les temps de séjour moyen, la qualité des substrats dans lesquels sont cultivés les micro-organismes, etc. La production d'éthanol à grande échelle sera possible dans le cadre d'un programme de diluants à essence, en utilisant «l'excès» d'éthanol comme matière première chimique. À mon avis, cette avenue vers les produits chimiques à base de saccharose devrait être empruntée seulement dans le contexte d'une approche d'ensemble. Autrement, la synthèse dirigée devrait être la méthode adoptée. Cependant, la question à laquelle je fais allusion ici traite de l'incidence sur l'offre régionale de produits alimentaires si les terres servaient aux produits chimiques tirés du saccharose. La réponse est simple, un programme de produits chimiques à base de saccharose qui n'envisagerait pas une production de diluant à essence à grande échelle n'exigerait qu'une faible quantité de saccharose. En effet, lorsque l'on se rend compte que la production régionale actuelle de saccharose atteint environ 60 à 70 % de la capacité de production du sucre de la région, le programme n'a même pas besoin de la diversion des ventes à l'exportation pour l'alimenter.

Bibliographie

- Alexander, A.G. 1980. The energy cane concept for molasses and boiler fuels. *In* Proceedings of the Symposium on Fuels and Feedstocks from Tropical Biomass, San Juan, Puerto Rico, November 1980.
- Almazan des Olmo, O. 1980. Appropriate industrial technology for sugar. Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, Vienne, Autriche. Monograph on Appropriate Industrial Technology 8, 88 p.
- Andres, C. 1972. Status report on HFCS. Food Processing, November.
- . 1976. Sweeteners outlook. Food Processing, 37(11), 46–48.
- Anonyme. 1975. Food sweeteners enter a new era. Food Engineering, 47(5), 55–56.
- Barry, R.D. 1981. The outlook for sugar and other sweeteners 1981–85. Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, USA.
- Barry, R.D., Gilbert, A.E. 1981. Sugar and sweetener outlook and situation. Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, USA.
- Birch, G., Parker, K.J., ed. 1979. Sugar, science and technology. Applied Science Publishers, London, U.K., 475 p.
- BIRD (Banque internationale pour la reconstruction et le développement). 1977. HFCS. World Bank, Washington, DC, USA. IBRD Commodity Paper 25.
- Bode, H.E. 1967. History of the corn starch industry. *In* Whistler, R.L., Paschall, E.F., ed., Starch: Chemistry and technology (vol. 1). Academic Press, New York, NY, USA.
- Bright, J.R. 1970. Evaluating signals of technological change. Harvard Business Review, 1970 (Jan.–Feb.), 62.
- Brooke, E. 1977. High fructose corn syrup: Its significance as a sugar substitute and its impact on the sugar outlook. World Bank, Washington, DC, USA. IBRD Commodity Paper 25.
- Bylinsky, G. 1982. The battle for America's sweet tooth. Fortune, 106(2), 28–32.
- Casey, J.P. 1976. High fructose corn syrup — A case history of innovation. Research Management, 19(5), 27–32.
- Chang, P.K. 1974. Sucrose chemicals and their industrial uses. *In* Inglette, G.E., ed., Symposium on sweeteners. Avi, Westport, CT, USA.
- Cheek, E. ed. 1974. Sugar research 1943–1972. International Sugar Research Foundation Inc., Bethesda, MD, USA.
- Cheetham, P.S.J. 1980. Developments in the immobilization of microbial cells and their applications. *In* Wiseman, A., ed., Topics in enzyme and microbial technology (vol. 4). Horwood Academic Publishers, New York, NY, USA, pp. 189–238.
- Commerford, J.D. 1974. Corn sweetener industry. *In* Inglette, G.E., ed., Symposium on sweeteners. Avi, Westport, CT, USA.
- Cooper, A.C., Schenkel, D. 1976. Strategic responses to technological threats. Business Horizons, 19(1), 61–69.
- Cox, W.E. 1976. Product life cycles in marketing models. Journal of Business, October, 375–384.

- Crocco, S. 1976. High, higher, highest fructose syrups. *Food Engineering International*, 1(12), 30–31.
- Crott, R. 1982a. The economic and political impact of isoglucose on the international sugar market. Mémoire présenté au Symposium de la Communauté économique européenne sur la biotechnologie et le Tiers-Monde. Communauté économique européenne, Bruxelles, Belgique, Polycopie, 33 p.
- 1982b. Research project on isoglucose. *In* The forecasting and assessment of science and technology. Commission des communautés européennes, Communauté économique européenne, Bruxelles, Belgique, Polycopie, 116 p.
- Cubenas, G.J., Schrader, L.F. 1979. Cost of producing high-fructose corn syrup. *Sugar y Azucar*, 74(12), 31–33 et 79–80.
- Cubenas, G.J., Schrader, L.F., Ford, J.R.D. 1979. Cost of producing high-fructose corn syrup: An economic engineering analysis. Department of Agricultural Economics, Agriculture Experiment Station, Purdue University, West Lafayette, IN, USA. Station Bulletin 239, 70 p.
- Danehy, J.P., Wolnak, B., ed. 1980. Enzymes: The interface between technology and economics — Proceedings of a conference sponsored by Bernard Wolnak and Associates, 1978. Chicago, Illinois. M. Dekker Inc., New York, NY, USA, 204 p.
- Dantas, R.B. 1980. Production of alcohol: The Brazilian experience. *In* The future of sugar: Proceedings of the International Sweetener and Alcohol Conference, London, 1 April 1980. World Sugar Publications, London, U.K., pp. 91–124.
- Dedijer, S. 1983. Science transfer versus technology transfer. Fondation internationale pour un autre développement, Genève, Suisse, Dossier 36, 30.
- Dingwall, A.L., Campbell, H. 1975. New sweetener's big potential. *Food Processing Industry*, 44(528), 23 et 27.
- Earley, T.C. 1980. High fructose corn syrup in the USA, Europe, and Japan. *In* The future of sugar: Proceedings of the International Sweetener and Alcohol Conference, London. 1 April 1980. World Sugar Publications, London, U.K., pp. 42–49.
- Erickson, R. 1976. HFCS in dairy products and frozen novelties. *Food Processing*, 37(11), 56–57.
- Fisher, J.C., Pry, R.H. 1971. A simple substitution model of technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 1971, 75–88.
- Flavell, E. 1980. Cost of producing high fructose corn syrup: An analysis of the Purdue University publication. McKeany and Flavell Co., USA.
- Fruin, B., Scallet, L. 1975. Isomerised corn syrup in food products. *Food Technology*, November.
- Frush, D. 1975. The sugar crisis: A historical build-up, alternatives and actual responses. Manchester University, U.K., thèse de M.Sc.
- GATT-FLY, 1980. Corn vs. cane: The high fructose challenge. GATT-FLY, Toronto, Canada, 8 p.
- GEPLACEA (Groupe des pays exportateurs de sucre d'Amérique latine et des Antilles). 1980. Résumé de l'étude présentée par M. Jose A. Cerro au Séminaire sur la commercialisation internationale du sucre tenu à La Havane, Cuba, et New York, NY, USA, juin–juillet 1979. GEPLACEA, Market Analysis.
- Grosskopf, W., Schmidt, C. 1977. The competition between sucrose and isoglucose in the EEC. F.O. Licht's International Sugar Report, May 1977.
- Hagelberg, G.B., Ahlfeld, H. 1981. The sugar industry in a changing economic climate. F.O. Licht's International Sugar Report, March 1981, 3–8.
- Hatten, K., Piccoli, M.L. 1973. An evaluation of a technological forecasting method by computer based simulation. *In* Proceedings of the Division of Business Policy and Planning, Academy of Management, August 1973.
- Hefner and Associates, 1980. Industrial enzymes: Market opportunities. 1980–85. Hefner and Associates, London, U.K.
- Helwiig-Nielsen, B.J. 1981. Production of fructose containing syrup with enzymes. *International Sugar Journal*, 53(992).

- Henry, R.E., Fallon, W.K. 1978. H.J. Heinz enters the high-fructose sugar market. *Sugar y Azucar*, October.
- Hickson, J.L., ed. 1977. *Sucrochemistry: a symposium sponsored by the International Sugar Research Foundation, Inc., et la Division of Carbohydrate Chemistry at the 172nd meeting of the American Chemical Society, San Francisco, California, August 31–September 2, 1976*. American Chemical Society, Washington, DC, USA, ACS Symposium Series 41, 381 p.
- 1979. The potential for industrial uses of sucrose. *In* Birch, G., Parker, K.J., ed., *Sugar, science and technology*. Applied Science Publishers, London, U.K., pp. 152–179.
- Higginbotham, J. 1979. The sweet challenge. *Spectrum: British Science News*, 64/1.
- Hockster, R.M., Watson, R.W. 1953. *Journal of American Chemical Society*, 75, 3284.
- 1954. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 48, 120.
- Hough, C.A.M., Parker, K.J., Vlitos, A.J., ed. 1979. *Developments in sweeteners*. Applied Science Publishers, London, U.K., 192 p.
- House of Lords, Select Commission on the European Communities. 1980. *Report of the Sugar Commission (Session 1978–80, 44th Report)*. Her Majesty's Stationery Office. London, U.K.
- Imrie, F., Parker, K.J. 1974. Prospects for the industrial utilization of sugar. *In* *Proceedings of the 15th Congress of International Society of Sugarcane Technologists*. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.
- Inglett, G.E., ed. 1974. *Symposium on sweeteners*. Avi, Westport, CT, USA.
- Ingram, L. 1979. Fuel and chemical feedstock from sugar cane in Central America. Paper presented at the Workshop on Fermentation Alcohol for Use as Fuel and Chemical Feedstock in Developing Countries, 1979. Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, Vienne, Autriche. 18 p.
- Jesse, E.V. 1977. Beet sugar supply response in the United States. Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, USA. Agricultural Report 371.
- Johnston, P.J. 1979. Ethanol — An alternative to its use as a fuel. Paper presented at the Workshop on Fermentation Alcohol for Use as Fuel and Chemical Feedstock in Developing Countries, 1979. Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, Vienne, Autriche, 14 p.
- Keim, C.R. 1978. Sweeteners from starch. *Sugar y Azucar*, February.
- Khan, R., Forage, A.J. 1979–1980. Carbohydrates as chemical feedstock. *Sugar Technology Review*, 7, 175–196.
- 1980. Renewable energy: Alcohol from biomass. *Finance and Development*, 17(4), 18–22.
- Kollonitsch, V. 1970. Sucrose chemicals: a critical review of a quarter-century of research by the Sugar Research Foundation. International Sugar Research Foundation, Bethesda, MD, USA, 256 p.
- Kominus, N.A. 1980. Sugar legislation in the USA and its international implications. *In* *The future of sugar: Proceedings of the International Sweetener and Alcohol Conference, London, 1 April 1980*. World Sugar Publications. London, U.K., pp. 42–49.
- Koutras, D., Greditor, A. 1981. World nutritive sweetener outlook. *World Sugar Journal*, 1981, 14–22.
- Landell Mills Commodities Studies Ltd. 1979–1984. *Commodity bulletins*, Landell Mills Commodities Ltd., London, U.K., divers numéros.
- Lee, C.K., ed. 1980. *Developments in food carbohydrates (vol. 2)*. Applied Sciences Publishers, London, U.K., 219 p.
- Lindholm, P., Chaudhry, S. 1981. The sugar-cane industry in developing countries. *F.O. Licht's International Sugar Report*, 15–36.
- Lock, J. 1980. Technology makes sugar more than a sweetener. *South African Sugar Journal*, September, 429–435.
- MacDonald, I. 1979. Changes in sugar marketing. Paper presented at the Sugar Association for Caribbean Technologies Conference, Guyana. Guyana Sugar Corporation. Guyane, 14 p.

- Mermelstein, H. 1975. Immobilized enzymes produce high-fructose corn syrup. *Food Technology*, 29(6), 20–26.
- Morgan, C. 1981. Developing a power alcohol industry: How the Philippines plans to do it. *Agribusiness Worldwide*, June–July, 16–23.
- Nakate, M., Yoshimura, S. 1963. *Agricultural Biology and Chemistry*, 27, 342.
- 1964. *Agricultural Biology and Chemistry*, 28, 505.
- Newton, J.M., Warship, E.K. 1974. High-fructose corn syrup. In Inglette, S.E., ed., *Symposium on sweeteners*. Avi, Westport, CT, USA.
- Nicol, W.M. 1977. Carbohydrate sweeteners. *Chemistry and Industry*, 4, 427–431.
- 1980. The potential for natural and low calorie sweeteners. In *The future of sugar: Proceedings of the International Sweetener and Alcohol Conference*, London, 1 April 1980. World Sugar Publications, London, U.K., pp. 70–75.
- Nordland, D.E. 1980. High fructose syrups: The competition to sugar. (Communication présentée au International Society of Sugar Cane Technology 17th Congress, Manila, Philippines. 1980.) *Sugar y Azúcar*, 75, 18–25.
- Nordland, D.E., Liebenow, R.C. 1981. High fructose corn syrup in the U.S. sweetener market. F.O. Licht's International Sugar Report. Sweeteners and related products in the 1980s, pp. 23–31.
- OEA (Organisation des États américains). 1978. Sugar by-product utilization in Jamaica: Vol. 2 — Alcohol. OAS, Washington, DC, USA, 76 p.
- Parker, K.J. 1979a. Carbohydrates and chemistry. *World Sugar Journal* 2(6), 19–23.
- 1979b. Sucrose as an industrial raw material. Paper presented at the International Sugar Organization Conference. London, 1979, 18 p.
- 1980a. Carbohydrates as a renewable resource for the chemical industry. In *Rubber and Plastics Research Association Proceedings*, 1980.
- 1980b. The potential of sugar as a chemical feedstock. In *The future of sugar: Proceedings of the International Sweetener and Alcohol Conference*, London, 1 April 1980. World Sugar Publications, London, U.K., pp. 137–157.
- Parker, K.J., Righelato, R. 1980. Chemicals from carbohydrates. In *Processes for chemicals from some renewable resources*. Institute of Chemical Engineers, London, U.K., 13 p.
- Paturau, J.M. 1969. By-products of the cane sugar industry: An introduction to their industrial utilization. Elsevier Publishing, London, U.K. *Sugar Technology Series* 3, 366 p.
- Polli, R., Cook, V. 1969. Validity of the product life cycle. *Journal of Business*, 1960 (October), 385–400.
- Price, S. 1982. Formulators explore range of alternative sweeteners. *Beverage Industry News*, 11 juin, 1–5.
- Righelato, R. 1979. New products from sugar. *South African Sugar Journal*, 63, 146–151.
- 1980. Chemicals from renewable resources. Institute of Chemical Engineers, London, U.K.
- Rivero, N. 1980. The sugar import potentials in the U.S. market. In *The future of sugar: Proceedings of the International Sweetener and Alcohol Conference*, London, 1 April 1980. World Sugar Publications, London, U.K., pp. 158–165.
- Robinson, J.W. 1975. Will high fructose corn syrup sweeten your future? *Food Engineering*, 47(5), 56–61.
- Rolz, C., Garcia, R. 1977. Production of glucose substitutes from sugar cane. In *Technological development*. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, Guatemala City, Guatemala, pp. 1–17.
- Samuels, G. 1982. High fructose corn sweeteners: Impact on the sugar and molasses industry. Paper presented at the Symposium on Fuels and Feedstocks from Tropical Biomass II, San Juan, Puerto Rico, April 1982, 16 p.
- Sangster, I. 1979. The potential of sugar-cane derived alcohol as a fuel in Jamaica. Paper presented at the West Indies Sugar Technologists Conference, Guyana, September 1979, 14 p.

- Skinner, K.J. 1975. Enzymes technology: Overview and history. *Chemical and Engineering News*, 1975 (August), special report.
- Smith, I. 1978. The development of natural sweeteners as alternatives to cane and beet sugar. *Journal of Agricultural Economics*, 29(2), 155–163.
- Smith, L. 1979. Multi-product output — Key to bagasse economics. *In* Proceedings of the Symposium on Alternative Uses of Sugar Cane for Development, San Juan, Puerto Rico, 26–27 March 1979.
- 1982. On the fructose front: The battle for the U.S. sweetener market and its impact on Puerto Rico. Centre for Energy and Development Research, University of Puerto Rico, Rio Piedras, Puerto Rico, 35 p.
- Steed, G.R. 1981. The U.S. sweetener market during the past decades. Paper presented at the international Seminar on International Sugar Marketing for the English-Speaking GEPLACEA [Groupe des pays exportateurs de sucre d'Amérique latine et des Antilles] Members, Guyane, 1981.
- Sugar Research Foundation. 1961. Sucrose ester surfactants. Sugar Research Foundation, New York, NY, USA.
- Takasaki, Y. 1966. *Agricultural Biology and Chemistry*, 30, 1247.
- Takasaki, Y., Kosugi, Y., Kanbayashi, A. 1969. Fermentation advances. Academic Press, New York, NY, USA, 561 p.
- Takasaki, Y., Tanabe, O. 1962a. *Nihhon Nogei Kogaku Kaishi*, 36, 1010.
- 1962b. *Nihhon Nogei Kogaku Kaishi*, 36, 1013.
- Tate and Lyle Ltd. 1976. Annual report. Tate and Lyle Ltd, London, U.K., 37 p.
- 1979. New developments report. Tate and Lyle Ltd, London, U.K., 35 p.
- 1980a. Annual report. Tate and Lyle Ltd, London, U.K., 52 p.
- 1980b. Biotechnology in the 80s. Tate and Lyle Ltd, London, U.K., 17 p.
- 1981. Annual report. Tate and Lyle Ltd, London, U.K., 52 p.
- 1982. Chairman's statement. *In* Interim report. Tate and Lyle Ltd, London, U.K., 6 p.
- 1983. Annual report. Tate and Lyle Ltd, London, U.K., 49 p.
- Tenner, E. 1981. Profits from the laboratory? *Economic Impact*, 3(35), 55–60.
- Terrestrial Biomass Division. 1981. Feasibility study proposal on co-production of syrup and agrifuel as a continuous year-round enterprise. Center for Energy and Environment Research, University of Puerto Rico, Rio Piedras, Puerto Rico (avec la collaboration d'Agrifuel Consultants (NY) et de John H. Payne Inc. (Honolulu)).
- Thomas, Clive Y. 1974. Dependence and transformation. Monthly Review Press, New York, NY, USA, 327 p.
- 1979. Agrarian change in a plantation economy: The case of Guyana. *In* Ghai, D., Khan, A.R., Lee, E., Radwan, S., ed., *Agrarian systems and rural development*. Macmillan, London, U.K., pp. 204–231.
- 1982. From colony to state capitalism: Alternative paths of development in the Caribbean. *Transition*, 5, 1–20.
- 1984a. Plantations, peasants and state: A study of the modes of sugar production in Guyana. University of California, Los Angeles, CA, USA, 214 p.
- 1984b. Guyana: the rise and fall of cooperative socialism. *In* Sutton, A., Payne, A. ed., *Overcoming dependence*. Manchester University Press, Manchester, U.K., pp. 77–104.
- Thor, P.K., Carman, H.G. 1979. High fructose corn syrup: An important new sugar substitute. *California Agriculture*, 1979 (July–August), 13–15.
- Trinité-et-Tobago, Gouvernement de. 1978. Commission of inquiry into the sugar industry. Government Printer, Port of Spain, Trinidad and Tobago, pp. 253–292.

- Tsumura, N., Hagi, M., Sato, T. 1967. *Agricultural Biology and Chemistry*, 31, 902.
- Tsumura, N., Sato, T. 1961a. *Agricultural Biology and Chemistry*, 25, 616.
- 1961b. *Agricultural Biology and Chemistry*, 25, 620.
- USDA (U.S. Department of Agriculture). 1981. Sugar and sweetener report, 6(1), 18. USDA, Washington, DC, USA.
- 1982. Sugar and sweetener report. USDA, Washington. DC, USA.
- Utterback, J.M. 1980a. A dynamic view of innovation in firms. American Chemical Society, Washington, DC, USA. ACS Series 129.
- 1980b. Systems of innovation macro/micro. *In* Smith, W.N. Larson, C., ed., *Innovation and U.S. research: Problems and recommendations*. American Chemical Society, Washington, DC, USA.
- Utterback, J.M., Abernathy, W.J. 1974. Innovation in industry and the diffusion of technology. *Science*, 183, 620–626.
- 1978. Patterns of industrial innovations. *Technology Review*, 80(7), 40–47.
- Utterback, J.M., Brown, J.W. 1972. Monitoring for technological opportunities. *Business Horizons*, 1972 (October), 5–15.
- Vlitos, A. 1977. Sweets for starters. *Chemistry in Britain*, 1977 (September), 340–345.
- 1979a. New product developments for sugar-cane carbohydrates. Paper presented at the Symposium on Alternative Uses of Sugar Cane for Development, San Juan, Puerto Rico, 26–27 March 1979, 13 p.
- 1979b. New products from sugar. F.O. Licht's Sugar Yearbook, 1979, E11–E15.
- Vlitos, A.T., Parker, K.J. 1981. Sucrose as a renewable resource for the chemical industry. F.O. Licht's International Sugar Report, March 1981, 37–49.
- Vuilleumier, S. 1980. Corn sweetener outlook. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, USA.
- 1981a. World corn sweetener outlook. F.O. Licht's International Sugar Report, April 1981.
- 1981b. World corn sweetener outlook. Paper presented to the Annual Meeting of the World Sugar Research Organization, Buenos Aires, Argentina, 1981.
- 1983. World outlook for high fructose syrups. Paper presented to the International Sweetener Colloquium, Phoenix, Arizona, USA, 1983, 27 p.
- Wardrip, E.K. 1971. High fructose corn syrup. *Food Technology* 25(5), 47–50.
- Wen-Pin, C. 1980. Glucose isomerase: A review. *Process Biochemistry*.
- World Bank. 1980. Alcohol production from biomass in the developing countries. World Bank, Washington, DC, USA, 69 p.
- World Sugar Publications. 1980. The future of sugar: Proceedings of the International Sweetener and Alcohol Conference, London, 1 April 1980. World Sugar Publications. London, U.K.
- Yamanaka, K. 1963a. *Agricultural Biology and Chemistry*, 27, 265.
- 1963b. *Agricultural Biology and Chemistry*, 27, 271.
- Yates, R.A. 1981. Renewable energy from agriculture. F.O. Licht's International Sugar Report, March 1981, 49–58.
- Yudkin, J., Edelman, J. 1972. *Sugar*. Butterworths, London, U.K.
- Zaborsky, O.R., Hough, L. 1980. Handbook of biosolar resources III. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Zepp, G.A. 1977. Cane sugar supply response in the United States. Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, USA. Agricultural Economics Report 370.

