

ARCHIV
MANNAR
no. 113717

IODATION DU SEL POUR L'ÉLIMINATION DE LA CARENCE EN IODE



The
Micronutrient
Initiative
L'initiative
pour les
micronutriments
Iniciativa
para los
micronutrientes



**International Council for Control
of Iodine Deficiency Disorders**



unicef



World Health Organisation



**IAC
Internationaal Agrarisch Centrum
International Agricultural Centre**

**IODATION DU SEL
POUR L'ÉLIMINATION DE
LA CARENCE EN IODE**

par

**M. G. Venkatesh Mannar
Directeur exécutif
Initiative pour les micronutriments
Ottawa, Canada**

et

**John T. Dunn
Professeur de médecine
University of Virginia Health Sciences Center
Charlottesville (Virginie) É.-U.**

ISBN 90-70785-13-7

**© Conseil international pour la lutte contre
les troubles de la carence en iode**

1995

Imprimé aux Pays-Bas

Les désignations et la présentation utilisées dans cette publication n'expriment en aucune façon la position du secrétariat de l'Organisation mondiale de la santé, du Fonds des Nations unies pour l'enfance ou du Conseil international pour la lutte contre les troubles de la carence en iode concernant le statut juridique des pays, territoires, villes ou régions dont il est fait mention, ou leurs autorités, ni en ce qui a trait à la délimitation des frontières.

Le fait que certaines sociétés soient spécifiquement mentionnées ne doit pas suggérer que l'Organisation mondiale de la santé accorde à leurs produits une quelconque forme d'appui ou de recommandation de préférence à d'autres de même nature que nous ne mentionnons pas. Sauf erreur ou omission, les produits brevetés se distinguent par la majuscule à la première lettre du nom.

Pour obtenir d'autres exemplaires de ce livret, on en fera la demande par écrit aux bureaux les plus proches de l'Unicef, de l'OMS ou de l'ICCIDD. Certaines des adresses de ces organismes sont données au Chapitre 21 : Ressources. Cette publication ICCIDD/IM/UNICEF/OMS a bénéficié du soutien financier du ministère néerlandais des Affaires étrangères (Direction générale de la Coopération pour le développement).

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE

1.	LES TROUBLES DE LA CARENCE EN IODE	1
2.	ÉLIMINATION DES TCI : JUSTIFICATION DE L'ENTREPRISE	3
3.	ACTION GLOBALE POUR L'ÉRADICATION DES TCI	5
4.	CONSOMMATION DE SEL ET AUTRES UTILISATIONS	7
5.	MÉTHODES ET PRATIQUES DE PRODUCTION DU SEL	11
6.	QUALITÉ DU SEL ET TECHNOLOGIE DU RAFFINAGE	17
7.	CHOIX ET DOSAGE DU COMPOSÉ POUR L'IODATION DU SEL	25
8.	TECHNIQUES D'IODATION DU SEL	33
9.	HISTORIQUE ET STATUT DES PROGRAMMES D'IODATION DU SEL	53
10.	CONTRÔLE DE LA QUALITÉ ET SURVEILLANCE DE LA TENEUR EN IODE DU SEL	59
11.	EMBALLAGE, ENTREPOSAGE ET DISTRIBUTION DU SEL IODÉ	69
12.	INVESTISSEMENTS ET COÛTS DE FONCTIONNEMENT D'UNE INSTALLATION D'IODATION DU SEL	77
13.	ANALYSE DE LA SITUATION DU SEL	81
14.	STRATÉGIE D'ÉLABORATION D'UN PROGRAMME D'IODATION DU SEL	83
15.	PARTICIPATION DE L'INDUSTRIE DU SEL DANS LA LUTTE CONTRE LES TCI	89
16.	CARACTÉRISTIQUES DES PROGRAMMES EFFICACES D'IODATION DU SEL	91
17.	SEL IODÉ POUR LA CONSOMMATION ANIMALE	95
18.	PROMOUVOIR LE SEL IODÉ ET STIMULER LA DEMANDE	97
19.	LÉGISLATION	101
20.	ADMINISTRATION ET COORDINATION DU PROGRAMME	105
21.	RESSOURCES	109
22.	RÉFÉRENCES	115

ANNEXES

1.	LISTE DE VÉRIFICATION POUR UNE ANALYSE DE LA SITUATION DU SEL	117
2.	LABORATOIRE DE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ POUR LE SEL IODÉ	121
3.	TROUSSES DE TERRAIN POUR L'ANALYSE DU SEL IODÉ	127
4.	ASPECTS ÉCONOMIQUES DE L'IODATION DU SEL AU BANGLADESH - ÉTUDE DE CAS	131
5.	MACHINES D'IODATION DU SEL QUE L'ON PEUT ACQUÉRIR PAR L'INTERMÉDIAIRE DE L'UNICEF	133

PRÉFACE

Un milliard et demi de personnes environ, soit près du tiers de la population mondiale, vivent dans des régions où sévit la carence en iode. Au nombre des conséquences que peut avoir ce qu'il est convenu d'appeler *les troubles de la carence en iode* (TCI), il importe de mentionner : l'arriération mentale irréversible; le goitre; la défaillance reproductive; une mortalité infantile accrue; et la stagnation socio-économique. Pour éviter toutes ces afflictions, il suffirait d'introduire suffisamment d'iode dans le régime alimentaire des populations. En fait, il est généralement admis que l'élimination de la carence en iode est l'un des objectifs les plus faciles à atteindre parmi ceux que s'est fixés pour l'an 2000 le Sommet mondial pour les enfants en 1990.

L'iodation du sel est le meilleur moyen de servir les populations qui souffrent de cette carence. Il s'agit d'une intervention physiologique, simple, pratique, et efficace. Le présent ouvrage offre une brève introduction non technique à la production et à l'utilisation du sel iodé. Les premières sections brossent la toile de fond des TCI. Nous décrivons ensuite la production et l'iodation du sel, le contrôle de la qualité, la surveillance, et le marketing. D'autres chapitres traitent du rôle essentiel du sel iodé dans les plans nationaux pour l'élimination des TCI. Ce document est destiné aux producteurs et distributeurs de sel, aux fonctionnaires qui, au sein des secteurs industrie, commerce et santé, sont responsables des programmes de lutte contre la carence en iode, mais également aux organismes nationaux et internationaux pertinents, et enfin à tous les particuliers qui s'intéressent à cette question de carence et de prévention.

Une ébauche de ce manuel a été présentée à l'Atelier international de formation des consultants en matière de sel qui s'est tenu au Centre de conférences de Papendal, aux Pays-Bas, en juin 1994. Nous avons bien profité des suggestions reçues des participants, notamment de M. Pan O. Varghese, M. S. Sundaresan et M. S. Mukerjee.

Nous remercions nos collègues du Conseil international pour la lutte contre les troubles de la carence en iode (ICCIDD), du Fonds des Nations unies pour l'enfance (UNICEF), de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), et de l'Initiative pour les micronutriments, qui nous ont prodigué conseils et soutien dans le cadre de ce projet. Nous avons une dette particulière à l'égard de Basil Hetzel, John Stanbury, et C. S. Pandav de l'ICCIDD, David Alnwick et Velimir Srdanovic de l'UNICEF, Graeme Clugston, Barbara Underwood, et Ken Bailey de l'OMS à Genève, Jenny Cervinkas et Mahshid Lotfi de l'Initiative pour les micronutriments, et MM. Prakash et R. Mohan du Département du Sel du gouvernement indien. Brian Donnelly a produit les dessins et Donna Harris a été d'un précieux secours au secrétariat. Richard Merx du Centre Agricole International (IAC), Wageningen, nous ont fait bénéficier de leur grande compétence à la production et distribution. Enfin, nous sommes reconnaissants à l'ICCIDD, à l'UNICEF, à l'Initiative pour les micronutriments, à l'OMS, au gouvernement italien (dans le contexte de son programme conjoint de support nutritionnel) et au ministère néerlandais des Affaires étrangères (Direction générale de la coopération pour le développement) pour leur soutien financier.

Ottawa, Canada
Charlottesville (Virginie) É.-U.

M. G. Venkatesh Mannar
John T. Dunn

Octobre 1994

1. LES TROUBLES DE LA CARENCE EN IODE

Pour ne pas compromettre son état de santé, l'être humain requiert de l'iode, élément essentiel des hormones thyroïdiennes que sont la thyroxine et la triiodothyronine. L'absence d'une ration adéquate d'iode est responsable d'une insuffisance de production de ces hormones, et a des répercussions sur bien des parties du corps, particulièrement muscles, coeur, foie, reins, et cerveau au stade de développement. Une production inadéquate d'hormones a des effets délétères sur ces tissus, débouchant sur des états de morbidité collectivement appelés troubles de la carence en iode, ou TCI. Parmi ces conséquences, mentionnons : (1) arriération mentale; (2) autres défauts dans le développement du système nerveux; (3) goitre (tuméfaction thyroïdienne); (4) lassitude; (5) atrophie de la croissance; (6) défaillance reproductive; (7) mortalité infantile accrue; et (8) stagnation économique. La plus dévastatrice concerne évidemment le développement du cerveau.

On a dit de la carence en iode qu'elle est la principale cause *évitable* d'arriération mentale au monde. Sa gravité peut varier d'un léger ralentissement intellectuel à une nette condition de crétinisme, ce qui inclut : arriération mentale profonde, surdité et mutisme, petite taille, et divers autres symptômes. Dans les régions à carence sévère, la *majorité* des habitants risquent de souffrir d'un handicap mental d'une forme ou d'une autre. Les répercussions sur le cerveau en développement sont telles que les victimes sont assez mal équipées pour résister aux maladies, apprendre, travailler efficacement, ou se reproduire sans problème.

Outre l'arriération mentale, le goitre constitue l'une des conséquences majeures de la carence en iode. En fait, on peut considérer que la tuméfaction de la thyroïde est une tentative de la part de cette glande pour compenser l'insuffisance hormonale, celle-ci étant elle-même une conséquence de la carence, car l'iode est essentiel à la synthèse des hormones. La glande pituitaire, à la base du cerveau, sécrète sa propre hormone - la thyrostimuline ou TSH - en réponse aux niveaux d'hormone thyroïdienne circulant dans le sang; lorsque cette production est faible, la pituitaire sécrète davantage de TSH. Cette stimulation accrue provoque la tuméfaction de la thyroïde. Le goitre qui en résulte est un indice visible de la carence, et il est particulièrement utile du fait qu'il facilite le diagnostic. Certes, ce sont ces effets sur le cerveau en développement qui représentent la conséquence la plus grave de la carence en iode, mais il demeure que le goitre est également important car il peut entraîner un degré de morbidité non négligeable par suite de la compression de la thyroïde et de l'altération de ses fonctions.

Contrairement à des nutriments comme le fer, le calcium ou les vitamines, l'iode n'est pas produit naturellement dans certains aliments; il est plutôt présent dans le sol et est ingéré par l'être humain qui consomme ce qui y pousse. La carence en iode est le résultat d'une distribution inégale de l'iode dans la croûte terrestre. L'eau des océans contient des quantités adéquates d'iode, et ainsi les personnes qui vivent près de la mer et celles qui consomment du poisson et certains végétaux marins sont plus susceptibles d'absorber une dose adéquate d'iode, mais les produits de la mer ne sont pas accessibles à tous. Les sols de chaînes de montagnes comme l'Himalaya, les Alpes et les Andes, et de régions où les inondations sont fréquentes, sont particulièrement susceptibles d'être déficients en iode. Le problème est aggravé par une accélération de la déforestation et de l'érosion des sols. Cette déficience dans le sol ne peut pas être corrigée. Les cultures alimentaires qui poussent dans des régions déficientes en iode ne peuvent jamais fournir assez d'iode aux populations et au bétail qui y vivent. De nombreuses autres régions du monde sont également caractérisées par une sévère déficience en iode, notamment d'importantes parties d'Afrique centrale. Vivre au bord de la mer ne garantit pas une consommation adéquate d'iode, et l'on a même signalé d'importantes poches de carence en iode aux Açores, à Bombay, à

Bangkok et à Manille, par exemple. Un rapport récent de l'OMS/UNICEF/ICCIDD estime qu'actuellement au moins 1,570 milliard de personnes (soit 29 % de la population mondiale) vivent dans des régions déficientes en iode et requièrent une forme quelconque de supplément. La plupart de ces populations vivent dans les pays en développement d'Afrique, d'Asie, et d'Amérique latine, mais d'importantes régions en Europe sont également vulnérables.

2. ÉLIMINATION DES TCI : JUSTIFICATION DE L'ENTREPRISE

La carence en iode est ainsi d'abord et avant tout le résultat de conditions géologiques plutôt que sociales et économiques. On ne peut pas l'éliminer en modifiant les habitudes alimentaires ou en faisant absorber aux gens des types particuliers d'aliments qui poussent dans la région incriminée. Plutôt, la compensation ne peut résulter que d'un approvisionnement en iode provenant d'une source externe. Il y a deux moyens de s'y prendre : approvisionnement périodique des populations carencées en capsules d'huile iodée ou autres suppléments du même genre; ou en enrichissant à l'iode une denrée communément consommée. Bien que ces stratégies soient toutes deux efficaces, l'iodation du sel représente la solution courante, de longue haleine et durable qui garantit que l'iode atteint la population au complet et qu'il est consommé régulièrement. L'enrichissement du sel a extrêmement bien réussi à éliminer les carences en iode en Amérique du Nord et dans de nombreuses parties de l'Europe. Dans certaines régions précises que l'on ne pense pas pouvoir rapidement approvisionner en sel iodé, il est parfois recommandé de se rabattre sur les suppléments en huile iodée à titre de mesure provisoire.

Pourquoi ioder le sel?

Dans les régions rurales de nombreux pays en développement, où la carence en iode est particulièrement sévère, les populations dépendent essentiellement de nourritures de subsistance. Leur régime alimentaire repose habituellement sur une ou deux céréales, des tubercules ou des légumineuses comme denrées de base. Quand un ménage possède des bestiaux, il lui arrive aussi de consommer des produits laitiers. C'est ce contexte diététique et économique qu'il faut considérer lorsqu'il s'agit de choisir un vecteur pour faire parvenir l'iode à de telles populations.

Au cours des 60 dernières années, dans le cadre des efforts déployés pour introduire un apport régulier d'iode dans l'alimentation quotidienne, plusieurs types de nourriture ont été pris en considération comme véhicules possibles - sel, pain, friandises, lait, sucre et eau. De ce nombre, le sel est devenu le vecteur le plus communément accepté pour toutes sortes de raisons :

- Il s'agit de l'une des rares denrées qui est presque universellement consommée par pratiquement tous les segments d'une population, riches et pauvres. Normalement, le sel est consommé à peu près au même rythme toute l'année durant dans une région donnée par tous les adultes. Ainsi, un micronutriment comme l'iode, lorsqu'il est introduit par l'intermédiaire du sel, rejoindra chaque individu en doses uniformes tout au long de l'année.
- Par comparaison à d'autres denrées dont la production est très espacée, la production du sel est ordinairement limitée à quelques centres. Dans bien des régions isolées du monde, le sel est l'une des rares denrées que l'on doit faire venir de l'extérieur, et il se prête ainsi à une transformation sur une échelle économique et dans des conditions contrôlées. En ajoutant une dose fixe d'un micronutriment comme l'iode au sel dans des lieux centralisés, on peut s'assurer qu'une majorité de la population répartie dans une région ou un pays donné absorbera le nutriment en rations physiologiques continues sans effort additionnel.
- Le mélange d'un composé de l'iode avec du sel est une opération simple qui ne produit aucune réaction chimique nocive. L'équipement requis n'est pas complexe, et il est facile à opérer et à maintenir.

- Une proportion majeure du sel produit dans le monde est extraite de l'eau de mer. L'eau de mer contient de l'iode en plus du sel. Cependant, lorsque l'eau de mer s'évapore, une bonne partie de l'iode reste en solution ou est perdue par évaporation. Seule une petite portion de l'iode est retenue dans le sel. Par conséquent, l'iodation ne fait que restaurer un élément naturel du sel de mer.
- L'adjonction d'iode au sel (ordinairement sous forme d'iodure ou d'iodate de potassium ou de sodium) ne modifie en rien sa couleur, son goût ou son odeur. En fait, on ne peut pas distinguer le sel iodé du sel non iodé.
- Le coût de l'iodation est faible : normalement entre 2 et 7 cents US au kilo, ce qui représente moins de 5 % du prix du sel au détail dans la plupart des pays.

Étant donné que l'iode n'est requis qu'en quantités infimes, de l'ordre de 150 à 200 microgrammes par personne par jour, le dosage de l'iode dans le sel est extrêmement petit. La consommation de sel se situe à entre 5 et 20 grammes par jour dans une région ou un pays donné. Normalement, la concentration d'iode dans le sel est fixée à entre 30 et 100 microgrammes d'iode dans un gramme de sel. Ce dosage est déterminé en tenant compte des éventuelles pertes d'iode durant le transport et l'entreposage. Le sel iodé doit être mis dans des sacs ou des contenants étanches sur lesquels seront inscrits le nom et l'adresse du producteur ainsi que la date de fabrication pour permettre des contrôles efficaces.

Dans certaines parties du monde, il y a des populations qui ne consomment pas de sel provenant d'une source de production régulière. Elles recueillent sur place du sel gemme ou des brindilles salines dont on extrait le sel par ébullition. Parfois, elles font bouillir des saumures pour produire de petites quantités de sel qui suffisent aux besoins du ménage. Il est donc difficile de rejoindre de telles populations au moyen du sel, mais une éventuelle amélioration de leur situation en termes de commercialisation et d'approvisionnement au niveau des denrées alimentaires devrait les encourager à acheter du sel.

Une fois qu'un programme permanent et efficace d'iodation du sel prend pied dans un pays, la carence en iode est éliminée et la ration quotidienne pour tous est assurée, ce qui prévient la récurrence des TCI. En moins d'un an d'approvisionnement répandu en sel contenant la concentration requise d'iode et de consommation généralisée au niveau des collectivités, il cesse d'y avoir des naissances d'enfants souffrant de crétinisme ou des cas d'arriération mentale et de débilité physique attribuables à la carence en iode. Les goitres, chez les petits écoliers et les jeunes adultes, auront commencé à se résorber et parfois même à disparaître complètement. Les enfants seront plus actifs et auront une meilleure performance scolaire. La tuméfaction de la thyroïde chez les adultes cessera de s'aggraver. L'introduction de l'iode par l'intermédiaire du sel a réussi à éliminer le problème de la carence dans plusieurs pays où les programmes se poursuivent depuis plus d'une soixantaine d'années. Le défi aujourd'hui consiste à appliquer les connaissances disponibles à la création de systèmes d'approvisionnement en iode à l'ensemble de la population sur une base autonome et durable.

3. ACTION GLOBALE POUR L'ÉRADICATION DES TCI

Les planificateurs de santé publique et les organismes internationaux se rendent de plus en plus compte que l'élimination de la carence en iode est un but que l'on peut atteindre et qu'elle serait extrêmement bénéfique à énormément de gens. La planification d'une stratégie mondiale de prévention et de lutte en matière de TCI est une mission que s'est donnée le Comité administratif de coordination des Nations unies - Sous-comité de la nutrition (CAC/SCN). En octobre 1985, le CAC/SCN a demandé à l'Organisation mondiale de la santé (OMS) de préparer un programme de soutien international à la lutte contre les TCI. La 39^e Assemblée mondiale de la santé (Genève, 1986) a adopté une résolution qui invitait tous les pays membres à accorder une forte priorité à la lutte contre les TCI et à leur prévention au cours des cinq à dix années à venir, et elle a prié le Directeur général de l'OMS d'accorder tout le soutien possible aux États membres à cet égard. Le Conseil international pour la lutte contre les troubles de la carence en iode (ICCIDD) a été créé en 1986 pour agir à titre de groupe de consultation spécialisé en matière d'évaluation et de lutte contre les TCI, en oeuvrant de concert avec l'OMS et l'UNICEF aux niveaux mondial, régional et national. L'ICCIDD a également formé des groupes de travail régionaux en Afrique, en Asie du Sud-Est et au Moyen-Orient pour définir des stratégies régionales de lutte contre les TCI.

Le Sommet mondial pour les enfants, qui a eu lieu à New York en septembre 1990, a prôné l'élimination virtuelle des troubles de la carence en iode d'ici à l'an 2000. La Conférence internationale sur la nutrition, en décembre 1992, a exhorté les gouvernements - en collaboration avec des organismes internationaux, des ONG, le secteur privé et l'industrie, d'autres groupes d'experts, et les collectivités elles-mêmes - à «...[légiférer pour assurer l'enrichissement des aliments ou de l'eau avec les micronutriments nécessaires... là où la carence en iode représente un problème significatif de santé publique, et où l'iodation du sel est requise pour la consommation humaine aussi bien que dans le fourrage des bestiaux, admettant ainsi qu'il s'agit là du moyen d'action de longue haleine le plus efficace pour corriger la carence en iode]».

La principale stratégie pour parvenir à cet objectif réside dans l'enrichissement universel de tout le sel de catégorie alimentaire consommé par toutes les populations dans les pays à risque d'ici à la fin de 1995. Le sel destiné aux bêtes doit être enrichi également étant donné que ce sel est souvent consommé par les êtres humains et que, de toute façon, l'amélioration de la situation de l'iode chez les animaux améliorera du même coup la reproduction, le lait et la viande, et elle accroîtra la teneur en iode dans les aliments.

Les stratégies dans les pays individuels

En date de 1994, on avait estimé que la carence en iode représentait un problème de santé publique dans plus de 90 pays en développement. Ces pays peuvent être classés en trois groupes en fonction de leur principale source de sel et de la facilité avec laquelle le sel pourrait être enrichi :

- A. Pays où il n'y a pratiquement aucune production locale de sel et où presque tout le sel consommé est importé - la stratégie idéale consistera à ioder convenablement le sel dans le pays d'origine. Comparé aux coûts du conditionnement et du transport, le coût additionnel de l'iodation devrait être faible. Il pourrait être absorbé par les consommateurs ou amorti par l'application d'une politique d'achat plus efficace et concurrentielle. Trente-cinq pays, la plupart d'entre eux petits et enclavés, tombent dans cette catégorie.

- B. Vingt-six pays où la majeure partie du sel est transformée et conditionnée par une poignée de grosses raffineries modernes, ou encore où l'iodation du sel est déjà sur le point d'être massivement appliquée - l'iodation est susceptible d'être simple, directe et acceptable, et elle n'entraînera que des augmentations négligeables de coûts. Il sera surtout nécessaire de promouvoir la consommation, d'exercer des contrôles et d'ouvrir le crédit pour l'achat des équipements. Certains de ces pays sont exportateurs, et en veillant à ce que tout le sel soit iodé, on contribue à réduire les TCI dans les pays importateurs.

- C. Trente pays où la majorité du sel provient d'un grand nombre (plusieurs centaines ou même milliers) de fabricants traditionnels qui produisent un sel de qualité variable sur une base artisanale. C'est dans ces pays-là que l'iodation universelle sera plus coûteuse et difficile à réaliser. Les petits producteurs devront être appuyés et encouragés à distribuer leur sel en passant par des raffineries collectives que l'on pourrait bien gérer et surveiller.

4. CONSOMMATION DE SEL ET AUTRES UTILISATIONS

Le sel a joué un rôle de premier plan dans l'histoire et dans le développement de l'homme : commerce, politique et culture; et ce depuis les temps préhistoriques. Une partie de cette influence déterminante découle de son rôle comme source de sodium et de chlorure, deux constituants chimiques essentiels du corps humain qui ont d'importantes fonctions métaboliques. En outre, cette denrée peu coûteuse et abondante est une matière première capitale pour l'industrie contemporaine au niveau de l'élaboration des composés chimiques qui entrent dans la fabrication des plastiques, de l'aluminium, du papier, des savons et du verre. Directement ou sous forme de dérivés, le sel trouve des applications dans plus de 14 000 procédés.

Histoire et culture du sel

L'utilisation première que l'homme a faite du sel était comme denrée alimentaire essentielle pour lui-même et ses animaux. Le sel est également utilisé depuis les temps préhistoriques pour donner de la saveur aux aliments, les mariner, les préserver, la salaison des viandes et du poisson, et pour la tannerie. Ces caractéristiques ont fait du sel un élément important de la culture et de la civilisation humaines. Comme l'a fait remarquer un auteur : «Que ce soit au niveau des cellules de notre cerveau et de nos os, ou des expressions 'salées' qui donnent de l'épice à notre langage, le sel pénètre dans tous les aspects de notre existence». Des locutions comme «sel de la vie», «salaire», «blague salée», «poivre et sel», et «ajouter son grain de sel» sont utilisées quotidiennement. Différentes cultures ont diversement considéré le sel comme un symbole de divinité, de pureté, de bienvenue, d'hospitalité, d'esprit ou de sagesse. En sanscrit, le terme «lavanya» exprimant grâce, beauté et charme, est dérivé du mot «lavana» qui veut dire sel.

Le sel a également eu son importance au niveau du commerce et de la politique. Nombre de cultures antérieures l'avaient utilisé en guise de monnaie. Certaines tribus primitives payaient en or, poids pour poids, leurs achats de sel. La Ligue hanséatique a connu initialement son essor grâce au commerce du sel. De nombreux pays contrôlaient le sel comme monopole d'État. La taxe sur le sel (gabelle), parmi d'autres irritants, a provoqué la Révolution française. Une taxe analogue sur le sel fut l'un des principaux éléments du mouvement de désobéissance civile de Gandhi contre les Britanniques, qui a fini par mener l'Inde à son indépendance.

Le sel pour la consommation humaine

Dans le corps humain, le sodium est essentiel au mouvement musculaire, y compris celui du cœur, au mouvement péristaltique des voies digestives, et à la transmission des messages par les cellules nerveuses. L'ion du chlorure produit l'acide chlorhydrique nécessaire à la digestion et il est présent dans l'amylase salivaire. L'une des principales fonctions du sel est de réguler la pression osmotique et le mouvement des fluides à travers les membranes cellulaires. Pour une santé normale, la concentration du sel dans le corps ne peut varier que dans de très étroites limites. Le sel perdu doit être remplacé. Il est éliminé du corps essentiellement sous forme de sueur. Mais il est également éliminé à travers les urines, dont le débit est soigneusement gouverné par les reins de façon à maintenir les fluides corporels aux niveaux appropriés. La majeure partie du sel qui se trouve dans les sucs gastriques et dans la nourriture digérée est réabsorbée dans les intestins, mais une motilité accrue des selles et la diarrhée peuvent entraîner une diminution du sel dans le corps.

La privation chronique de sel entraîne la perte de poids et de l'appétit, l'inertie, la nausée et des crampes musculaires. La chaleur excessive - l'été dans le désert - produit un épuisement du sel corporel, ce qui peut déboucher sur un collapsus cardio-vasculaire et même entraîner la mort. Par ailleurs, l'excès de sodium dans le sel et autres aliments peut contribuer à l'hypertension et aux maladies du coeur, du foie et des reins.

Bien que le sel soit sans doute la seule denrée alimentaire, mis à part l'eau, qui soit universellement consommée, les rations ingérées varient considérablement en fonction de facteurs comme le climat, les habitudes culinaires et les activités professionnelles. Les besoins en sel augmentent sous les tropiques, où les étés sont particulièrement chauds, et chez les travailleurs manuels qui font un travail ardu et qui transpirent beaucoup. Les populations qui mangent beaucoup de riz dans le monde consomment également plus de sel (15 à 20 g/jour) du fait que le riz est très fade. Dans les zones tempérées, la consommation est beaucoup plus faible (5 à 8 g/jour).

Le sel pour la consommation animale

Les animaux ont autant besoin de sel que les êtres humains. Une insuffisance de sel retarde la croissance des jeunes animaux et produit, chez les bêtes adultes, lassitude, affaissement de la production de lait et perte de poids. Étant donné que le fourrage et les végétaux contiennent peu de sel, les animaux domestiques doivent recevoir un supplément dans leur alimentation. Dans les fermes modernes, le sel offre également un véhicule pour les suppléments de vitamines et de minéraux qui sont essentiels à la bonne santé du bétail.

Le sel pour la consommation industrielle

Les utilisations et l'importance du sel se sont multipliées avec l'avènement de la civilisation industrielle. Aujourd'hui, 6 % seulement de la production annuelle de sel dans le monde est destinée à la consommation humaine directe. Pour le reste, l'essentiel est utilisé dans l'industrie comme l'un des «cinq grands ingrédients de base» de l'industrie chimique, de concert avec le soufre, le charbon, le calcaire et le pétrole. Le plus grand consommateur est l'industrie des alcalis chlorés, qui produit le chlore, la soude caustique et la cendre de soude pour la fabrication des plastiques, savons, détergents, insecticides, papier et verre. L'industrie alimentaire requiert du sel pour les boîtes de conserve, la cuisson, la transformation de la farine et d'autres aliments, le conditionnement des viandes, le fumage du poisson, les produits laitiers et la salaison. Les autres utilisations industrielles directes sont la tannerie, le dégivrage des routes, les forages pétroliers et la fabrication des colorants et des textiles.

Et il ne s'agit là que de quelques-unes des principales applications. À mesure que s'étendent les frontières de l'industrie chimique, de nouvelles applications pour le sel et ses dérivés sont constamment en train d'être découvertes et promettent un avenir où le rôle du sel ne cessera de croître.

Le sel comme véhicule pour les micronutriments

Étant donné que les êtres humains consomment universellement du sel en petites rations quotidiennes assez constantes, celui-ci constitue un véhicule idéal pour délivrer des quantités physiologiques de micronutriments comme l'iode à l'ensemble de la population. Le concept de l'enrichissement du sel n'est pas nouveau. L'iodation du sel a été mise en pratique avec succès dans plusieurs pays depuis plus de 60 ans. Dans certains pays avancés, le sel pour les bestiaux est également

utilisé comme vecteur de doses infimes de minéraux, notamment le manganèse, le zinc, le cuivre, le fer, le cobalt et le magnésium. Les boulangeries ajoutent à leur pâte des pré-mélanges de sel contenant du fer, de la niacine, de la riboflavine et du chlorhydrate de thiamine (vitamine B₁). Dans certains pays (Suisse et Colombie), le sel est utilisé comme porteur de fluorures de sodium et de calcium, et en Inde, du sel de table enrichi au fer est en train d'être commercialisé à titre d'essai.

5. MÉTHODES ET PRATIQUES DE PRODUCTION DU SEL

La production du sel commun est l'une des industries les plus anciennes et les mieux réparties au monde. Le sel est produit par exploitation de gisements minéraux et par évaporation de l'eau de mer, des eaux lacustres, de l'eau des bassins désertiques et des eaux saumâtres de certaines nappes phréatiques. Sel gemme et sel solaire comptent chacun pour environ 50 % de la production. Les besoins de l'Europe et de l'Amérique du Nord sont satisfaits principalement par le sel des mines alors qu'en Asie, en Afrique, en Australie et en Amérique du Sud, l'évaporation représente la principale source. La composition physique et chimique du sel produit à partir de ces diverses sources varie considérablement selon les techniques utilisées, les conditions climatiques et les procédés adoptés.

Sel des mines

Les gisements de sel gemme sont très répandus en Amérique du Nord, en Europe et en Asie centrale, à des profondeurs allant de quelques centaines de mètres à plus de mille mètres. Là où les gisements sont assez peu profonds, la méthode d'exploitation à sec est préférée. Elle consiste à forer un puits pour atteindre la couche de sel, à le fragmenter à l'explosif et à l'extraire des tunnels en laissant une couche de sel au-dessus et au-dessous avec des piliers de retenue à intervalles réguliers.

Là où le gisement est très profond, la méthode utilisée consiste à dissoudre le sel. On injecte de l'eau à forte pression qui dissout la couche et forme une crevasse. La saumure saturée est ensuite pompée à la surface à travers un tuyau concentrique, où elle est traitée et évaporée dans des cuves à vide, ce qui donne un produit de grande pureté. Parfois, la saumure s'évapore dans des bassins sous l'action du soleil. Les gisements sont souvent très purs et le sel obtenu ainsi nécessite très peu de purification supplémentaire. Le sel gemme contient rarement des impuretés de magnésium. Par contre, il est fréquent qu'on y trouve du gypse et d'autres matières insolubles, mais la séparation ne pose pas de problème. L'humidité du sel gemme est ordinairement beaucoup plus faible que celle du sel solaire.

Sel solaire

On obtient du sel par évaporation solaire de l'eau de mer et de saumures lacustres ou phréatiques depuis des temps immémoriaux. Dans la plupart des pays en développement, cette méthode prédomine toujours. L'extraction du sel de l'eau de mer consiste à graduellement faire évaporer la saumure dans de grands marais salants en exploitant le soleil et le vent. À mesure que s'évapore la saumure, sa concentration augmente, et les éléments salins se cristallisent dans un ordre déterminé. Durant ce processus, la fraction de chlorure de sodium est séparée de la saumure selon une série fixe d'étapes de concentration dans une suite de bassins rectangulaires où il se dépose en croûte uniforme. Ce sel est ensuite «récolté» selon divers procédés qui vont de la simple main-d'œuvre manuelle jusqu'à l'utilisation d'équipements mécaniques pour gratter le sel et le convoier à travers une série de tapis roulants pour entreposage et drainage.

Les principaux sels qui se cristallisent à partir de l'eau de mer en même temps que le chlorure de sodium sont les chlorures et les sulfates de magnésium, calcium et potassium. Le sel récolté sous forme de cristaux humides peut être lavé avec de la saumure saturée afin d'en retirer les matières insolubles comme le sable et l'argile ainsi que les impuretés solubles. On le laisse ensuite se drainer et sécher au soleil avant de le pulvériser en gros sel ou en sel fin selon les besoins. C'est à ce stade-là que l'on ajoute les additifs requis avant l'emballage du sel pour la vente.

Le sel brut produit dans une entreprise convenablement conçue a une pureté de l'ordre de 90 à 95 % de NaCl, 1 % de sels de calcium, de 1 à 2 % de sels de magnésium et 5 à 8 % d'eau. Si le sel est lavé puis séché, sa pureté peut atteindre 99 %.

Étant donné que l'iode est un constituant de l'eau de mer, on s'imagine souvent que le sel de mer contient suffisamment d'iode à des fins nutritionnelles. Au total, les sels en solution dans l'eau de mer contiennent moins de 2 microgrammes d'iode pour un gramme de sel soit l'équivalent théorique d'environ 3 microgrammes d'iode pour un gramme de chlorure de sodium récupéré (3 mg/kg). Et même cette infime quantité d'iode est perdue, pour l'essentiel, dans le fluide résiduel qui est drainé durant le procédé de production et il ne faut surtout pas en tenir compte dans les calculs des suppléments d'iode nécessaires.

Dans la plupart des pays sous-développés, la fabrication solaire du sel se poursuit le long des côtes ou sur le bord des lacs comme activité semi-agricole. Les petites fabriques fonctionnent souvent avec un minimum d'organisation et pratiquement pas de contrôle de la qualité. Les petits marais salants sont éparpillés le long de la côte ou des lacs et ne se prêtent pas très bien à des contrôles de la part du gouvernement. Très souvent, les chiffres précis concernant même leur situation géographique, l'importance des marais et les statistiques de production ne sont pas disponibles. Les producteurs ont des moyens financiers restreints et n'ont pas accès à une quelconque assistance technique ou financière. Il en résulte que le sel produit dans ces fabriques est de mauvaise qualité, avec un degré de pureté de l'ordre de 85 à 90 %, et il est visiblement contaminé.

Production mondiale de sel

La répartition de la production mondiale de sel dans les divers continents figure à la Table 5.1. Certains pays sont totalement tributaires du sel gemme, certains du sel solaire. Dans quelques autres, les deux formes sont produites. Les techniques de fabrication et la qualité du produit varient considérablement : on aura à un extrême des unités de production artisanale extrêmement primitives qui produisent quelques centaines de tonnes par an; et à l'autre, d'énormes usines totalement automatisées qui produisent plusieurs millions de tonnes.

Continent	Production (millions de tonnes)
Europe	73,6
Amérique du Nord	56,2
Asie	36,5
Amérique centrale et Amérique du Sud	6,0
Océanie	5,9
Afrique	3,3
TOTAL	181,5

Table 5.1 - Production approximative courante de sel dans le monde

La demande pour le sel augmente avec l'accroissement de la population et aussi en fonction du développement des industries. Outre la consommation humaine, l'industrie chimique est un énorme consommateur de sel pour la fabrication des alcalis chlorés. Dans les pays avancés, les besoins industriels sont de plusieurs fois supérieurs à ceux de la consommation alimentaire. Aux É.-U., par exemple, près de 97 % de la production totale (environ 40 millions de tonnes) est destinée à des fins non alimentaires. Dans les pays en développement, la tendance vers l'accroissement de la demande industrielle n'est devenue apparente que ces dernières années.

Un bref aperçu de la situation de l'industrie du sel dans le monde est offert ci-dessous.

Europe

Pologne, Allemagne, Tchécoslovaquie, Hongrie et Pays-Bas comptent presque exclusivement sur le sel gemme. La production de la France et de l'Italie se partage entre sel gemme et sel solaire. La Russie et les nouvelles républiques indépendantes, la Bulgarie et la Roumanie ont une production de sel solaire relativement restreinte sur les bords de la Mer Noire et de la Mer d'Azov; le gros de leurs besoins est satisfait par le sel gemme. Grèce, Espagne et Yougoslavie sont presque entièrement tributaires du sel solaire bien qu'elles possèdent aussi des gisements de sel gemme. En Espagne, dans l'intérieur, on produit du sel à partir de certaines sources et lagunes salines. Le Portugal produit du sel gemme et du sel solaire en quantités presque égales.

Amérique du Nord

Une importante proportion du sel produit aux É.-U. et au Canada vient de gisements souterrains exploités par les deux méthodes (sèche et en solution). Sur la côte californienne, en Arizona et dans le Utah, il existe une certaine production de sel solaire.

Asie

Des pays du Moyen-Orient comme la Syrie, l'Irak et l'Iran dépendent presque entièrement du sel gemme et des bassins désertiques. La Turquie est une exception et elle concentre ses efforts sur la production de sel solaire. Ces dernières années, l'exploitation à grande échelle du sel solaire a commencé en Turquie, en Irak et en Iran. Israël et la Jordanie produisent de petites quantités de sel solaire extrait de la Mer Morte.

Dans le sous-continent indien, le Pakistan et l'Afghanistan possèdent d'importants gisements de sel gemme et des sources saumâtres. Inde, Sri Lanka, Bangladesh, Thaïlande et Indonésie satisfont presque tous leurs besoins par évaporation solaire de l'eau de mer, ou d'eau extraite de sources souterraines ou de lacs intérieurs. Dans ces pays, la taille des entreprises varie et couvre toute la gamme : des très petites fabriques artisanales jusqu'aux très grosses usines. En Indonésie, une entreprise d'État compte pour 30 % de la production du pays. Les méthodes de production adoptées au Kampuchea et au Vietnam sont rudimentaires et les entreprises individuelles sont extrêmement petites. Cependant, ces pays se suffisent en matière de sel. En Chine, la fabrication du sel a toujours occupé un rôle important depuis les temps anciens. En dépit d'importants gisements de sel gemme, près de 75 % de la production du pays provient de l'eau de mer. Le reste est extrait des saumures souterraines dans le sud, et des lacs saumâtres dans le nord et le nord-ouest. Aux Philippines, en Corée du Nord et du Sud, et à Taiwan, le sel est entièrement produit par évaporation solaire de l'eau de mer dans de petites et moyennes exploitations. Au Japon, la pression qui s'exerce sur les rares terres disponibles a encouragé la mise au point de techniques sophistiquées d'échange d'ions pour récupérer directement le sel de l'eau de mer. Bien que le pays suffise à ses besoins au niveau du sel comestible, il importe de vastes quantités de sel industriel du Mexique et d'Australie.

Amérique centrale et Amérique du Sud

La production de sel par évaporation solaire de l'eau de mer prédomine au Mexique où l'on retrouve la plus grosse exploitation solaire au monde dans le désert de la Basse-Californie. De petites et moyennes exploitations individuelles ou coopératives fonctionnent également dans ce pays. En Amérique centrale, des pays comme le Costa Rica, le Guatemala, le Nicaragua, le Honduras et Panama produisent de petites quantités de sel solaire. En Amérique du Sud, le Brésil est le plus grand producteur de sel, principalement par évaporation solaire. Le Venezuela aussi possède de grandes exploitations de sel solaire. En Uruguay, des tentatives de production de sel solaire ont été abandonnées. Le Chili et le Paraguay n'ont aucune production importante de sel. En Argentine et au Pérou, tout le sel solaire est produit à partir de sources saumâtres. À Cuba, le sel est produit presque entièrement par évaporation solaire de l'eau de mer. Les Bahamas et les Antilles néerlandaises ont récemment accédé au rang de producteurs de sel marin à grande échelle.

Océanie

L'Australie a d'énormes réserves de sel gemme ainsi que des installations pour la fabrication de sel solaire le long de ses côtes occidentale et méridionale. Dans l'Ouest de l'Australie, cinq grosses compagnies hautement mécanisées produisent de 6 à 8 millions de tonnes de sel solaire principalement destiné au marché japonais. La Nouvelle-Zélande produit de petites quantités de sel solaire pour répondre à ses propres besoins.

Afrique

Les pays nord-africains bénéficient de loin des conditions les plus favorables sur le continent en termes de fabrication de sel solaire. Algérie, Maroc, Tunisie et Égypte ont un certain nombre de producteurs - gros, moyens et petits. Les techniques de production du sel dans la plupart des pays de l'Afrique sub-saharienne (à l'exception de l'Afrique du Sud et de la Namibie) sont conventionnelles et, dans certaines régions, primitives. En Érythrée, il y a deux grosses entreprises d'État qui extraient du sel marin sur la côte de la Mer Rouge, et plusieurs petites et moyennes entreprises privées. Elles satisfont les besoins de l'Érythrée et de l'Éthiopie également. Kenya et Tanzanie produisent du sel de mer et aussi une certaine quantité de sel lacustre ou extrait de nappes phréatiques saumâtres. Mozambique et Angola ont un potentiel de production qui est lentement en train de reprendre de l'élan. Il n'y a pratiquement pas de production de sel dans l'ensemble de la région de l'Afrique centrale et occidentale, sauf pour le Ghana et le Sénégal. Ces deux pays satisfont les besoins de la majeure partie de la région. Des pays comme le Nigéria préfèrent importer le sel de table dont ils ont besoin de l'extérieur de la région. De petites quantités sont également produites au Sierra Leone, au Togo et en Guinée. L'Afrique du Sud et la Namibie sont les principales sources de sel en Afrique sub-saharienne. Il existe de grosses entreprises de sel de mer à Walvis Bay et à Port Elizabeth. Une nouvelle compagnie qui fabrique de la cendre de soude et du sel extraits d'un lac de l'intérieur près de Sua Pan au Botswana pourrait bien émerger comme un exportateur de premier plan.

La majeure partie de la production mondiale de sel (plus de 80 %) est consommée dans le pays de production lui-même. Étant donné que le sel en vrac de catégorie industrielle a une valeur relativement faible, les coûts de transport représentent habituellement une grosse portion du prix de revient à destination. Ceci est un facteur important dans le commerce international. Le Japon est le plus gros importateur mondial de sel de catégorie industrielle. D'importantes quantités de sel traversent les frontières entre les É.-U., le Canada, le Mexique et les Bahamas. En outre, en matière de sel de table fin, les échanges internationaux sont assez répandus.

6. QUALITÉ DU SEL ET TECHNOLOGIE DU RAFFINAGE

Les caractéristiques physiques et la composition chimique du sel varient énormément, en fonction de la composition de la matière première et du procédé de fabrication. Les détails de ces caractéristiques sont donnés à la Table 6.1 pour les variétés de sel d'usage commun. La Table 6.2 énonce les spécifications prescrites pour le sel dans le Codex Alimentarius. Brièvement, pour l'iodation, le sel doit être constitué au moins à 98 % de NaCl (poids), et de moins de 0,2 % de calcium, 0,1 % de magnésium, 0,5 % de sulfate, 0,5 % de particules insolubles, et 3 % d'humidité. Dans les pays moins développés où les TCI sont plus prévalants, le sel communément consommé est ordinairement de la variété cristalline brute (le gros sel).

Type de sel	NaCl	Mg	Ca	SO ₄	Insolubles
Sel pur évaporé sous vide	99,95	0,0001	0,002	0,04	tr
Sel sous vide	99,70	0,01	0,01	0,2	tr
Sel raffiné	99	0,05	0,06	0,2	0,02-0,3
Sel solaire	96-99	0,01-0,17	0,04-0,3	0,11-2,0	0,05-0,6
Sel gemme	90-99	0,01-0,17	0,04-1,1	0,2-1,3	0-5

Table 6.1 - Analyses chimiques classiques de différents types de sel (à sec)

Dans bien des pays en développement, après son extraction (mer, lacs ou gisements), le sel se présente habituellement sous forme d'agrégats bruts ou de granules contenant, outre le chlorure de sodium, du sable, de la boue, d'autres sels et des matières organiques. Sa couleur est généralement d'un blanc cassé ou d'un brun jaunâtre. Il est souvent utilisé sous cette forme à certaines fins industrielles, pour le bétail et, dans certains pays, même pour la consommation humaine.

Procédés de raffinage du sel

Le sel raffiné est très pur (NaCl à 99,5 %), sec, blanc, et d'un grain uniforme (0,3 à 1,0 mm). Selon l'usage, il est vendu avec ou sans additifs tels que :

- des agents antiagglomérants, pour empêcher les grains adjacents de se cimenter et de former une masse solide et dure; agents communément utilisés : ferrocyanure de potassium ou de sodium, de l'ordre de 5 à 15 mg/kg;
- des agents d'écoulement, dont l'action mécanique de lubrification des cristaux facilite leur écoulement fluide et sans entrave; absorbent toute vapeur résiduelle après la fermeture étanche du sac; agents communément utilisés : carbonate de magnésium, silicate de calcium, silico-aluminate de sodium et phosphate tricalcique, de l'ordre de 1 à 2 %; et
- des agents iodants pour lutter contre les troubles de la carence en iode, notamment l'iode ou l'iodate de potassium, de l'ordre de 30 à 170 mg/kg.

CODEX STAN 150-1985

(a) Le sel de catégorie alimentaire est une substance cristalline principalement composée de chlorure de sodium. Il est extrait de la mer, de gisements souterrains de sel gemme ou de saumures naturelles. Cette norme s'applique au sel utilisé comme ingrédient alimentaire, tant pour la vente directe aux consommateurs que pour la fabrication d'aliments. Elle s'applique aussi au sel enrichi (additifs et/ou nutriments).

(b) Sa teneur en NaCl ne sera pas inférieure à 97 % de la substance sèche et à l'exclusion des additifs.

(c) Il peut contenir les additifs alimentaires suivants qui figurent aux pages pertinentes de la Division 3 tels qu'énumérés ci-dessous :

<u>Agents antiagglomérants :</u>	<u>Max. dans le produit fini</u>
■ Carbonates de Ca et/ou de Mg)
• Oxyde de Mg; Phosphate tricalcique;)
Dioxyde de silicium; alumino-Ca, Mg,) 20 g/kg seul ou
Na; ou alumino-silicates de Ca) combiné
• Sels de Al, Ca, Mg, K ou Na des)
acides myristique,)
palmitique ou stéarique)
• Modificateurs de cristaux	10 mg/kg (seul ou en combinaison) de ferrocyanures de Na, K ou Ca, exprimés comme [Fe(CN)6] *Pour les ferrocyanures de Na et de K, la teneur max. peut être de 20 mg/kg dans la préparation de sel «dendritique».
• Polysorbate 80	10 mg/kg
• Diméthylpolysiloxane	10 mg de résidus/kg
 (d) <u>Contaminants :</u>	 <u>Tolérance maximale</u>
• Arsenic	0,5 mg/kg
• Cuivre	2 mg/kg
• Plomb	2 mg/kg
• Cadmium	0,5 mg/kg
• Mercure	0,1 mg/kg

(e) outre les exigences obligatoires que l'on retrouve dans la Norme générale pour l'étiquetage des aliments conditionnés, les spécifications suivantes s'appliquent :

- désignation à afficher : «Sel»;
- «Sel» sera suivi de près de l'une des mentions suivantes : «catégorie alimentaire», «de cuisine» ou «de table»;
- lorsque le sel contient un ou plusieurs sels de ferrocyanure ajoutés à la saumure durant l'étape de cristallisation, le qualificatif «dendritique» pourra être ajouté à la désignation;
- une indication de l'origine ou de la méthode de production peut figurer sur l'étiquette;
- si le sel est porteur d'un ou de plusieurs nutriments, et qu'il est vendu comme tel pour des raisons de santé publique, le nom du produit portera aussi une indication à cet effet, ex. «sel au fluorure», «sel enrichi au fer», etc., ainsi que la date (si l'additif a une durée de vie déterminée).

Table 6.2 - Spécifications du Codex en matière de sel de catégorie alimentaire

Dans bien des pays, le sel brut est souvent broyé directement, mis dans des sacs et commercialisé, ou bien raffiné avant d'être mis en vente pour la consommation humaine ou animale. Il existe plusieurs processus différents pour le raffinage du sel solaire brut. Dans certains pays, les raffineries redissolvent le sel cru et font évaporer la saumure sous vide pour obtenir une fine poudre pure recristallisée qui est séchée et emballée. Un procédé plus courant, adopté de plus en plus à cause de sa faible consommation d'énergie, s'appelle l'hydro-concassage. Chacun des procédés a des avantages et des inconvénients du point de vue technologique et économique. Les deux sont décrits ci-dessous :

Recristallisation - (Fig. 6.1) Il s'agit de la méthode standard pour la production du sel de table et du sel à produits laitiers et à fins industrielles, le sel de table étant une portion «écrémée» par criblage de la production générale et traitée aux antiagglomérants. Le sel brut est dissous dans de l'eau fraîche pour produire une saumure saturée, laquelle est ensuite traitée avec des substances chimiques pour provoquer la précipitation des impuretés de calcium et de magnésium. La saumure saturée, claire après traitement, et à teneur de NaCl de 305-310 g/L, est ensuite introduite dans un système d'évaporateur sous vide à triple effet constitué d'un évaporateur, un échangeur de chaleur à faisceau de tubes, et une pompe de circulation. Tout d'abord, la saumure est chauffée pour forcer l'évaporation de la couche supérieure dans les cristallisoirs, excédant le point de saturation dans la saumure et débouchant sur la formation de cristaux. Pour contrôler la chaleur de plus près durant ce processus de formation, la saumure qui reste à chaque étape est forcée de circuler par une pompe. Elle est chauffée dans l'échangeur de chaleur externe. La première cristallisation est chauffée à la vapeur vive, alors que la deuxième et la troisième sont chauffées par la vapeur issue de l'étape précédente. Le condensat de vapeur vive issu du réchauffeur de la première étape retourne à la chaudière.

Le coulis de sel produit dans les cristallisoirs est pompé des pattes de l'évaporateur dans une cuve. Là, la liqueur mère excédentaire est renvoyée dans le système. La solution épaissie est filtrée et séchée dans un filtre à alimentation par le haut jusqu'à réduction de l'humidité à 0,15 % ou moins. Le sel séché est iodé et arrosé d'antiagglomérants. Le produit fini est passé au crible afin d'éliminer tous agglomérats, et puis il est convoyé vers des silos pour emballage dans des sacs de 50 kg (vrac) en polyéthylène haute densité (PEHD) ou en polypropylène (PP), ou dans des sacs de 1 kg (vente au détail) en polyéthylène basse densité (PEBD).

Le «procédé international» (Fig. 6.2) est une variante : le sel brut est dissous dans un circuit de saumure par de la vapeur vive dans un réchauffeur à mélange, et le coulis chaud est soumis à un refroidissement instantané dans un évaporateur. Avec le refroidissement, la solubilité décroît et la cristallisation en résulte. Cette méthode de cristallisation élimine la nécessité des réchauffeurs tubulaires. Le processus peut être adapté à l'évaporation à effets multiples et il peut également être conçu de façon à utiliser la thermo-recompression. Il est plus économique que le procédé classique de cristallisation sous vide, aussi bien en termes de coûts d'équipement que d'exploitation.

Hydro-concassage - Il s'agit là essentiellement d'un processus d'amélioration physique au cours duquel le sel est broyé et lavé plusieurs fois dans de la saumure saturée. Le produit est comparable sous la plupart des aspects au sel recristallisé et le consommateur ne les distingue pas l'un de l'autre.

Dans ce processus (Fig. 6.3), le sel brut est versé dans un agitateur et il est apporté à un rythme constant par un distributeur à rouleaux et un élévateur à godets dans un hydro-concasseur, dans lequel l'on introduit également la saumure. L'hydro-concasseur broie le sel et le déverse sous forme de coulis dans une cuve dans laquelle l'on introduit ensuite de la saumure. Le gypse et les particules insolubles fines sont séparés par flottation avec formation de mousse dans l'hydro-concasseur. Le coulis de sel est ensuite transporté par pompage dans un épaisseur où il se concentre davantage avant d'être introduit dans une centrifugeuse en continu. Le sel est soumis à un lavage à l'eau fraîche et puis il est concentré dans une centrifugeuse jusqu'à ce que le contenu en humidité tombe à environ 3 %. Après quoi, il passe dans un séchoir à lit fluide jusqu'à ce que l'humidité tombe à moins de 0,15 %, et il est ensuite refroidi. Le cas échéant, l'adjonction d'additifs se fait dans un mélangeur doté d'un transporteur à vis. Enfin, le sel est entreposé dans des silos et il est emballé.

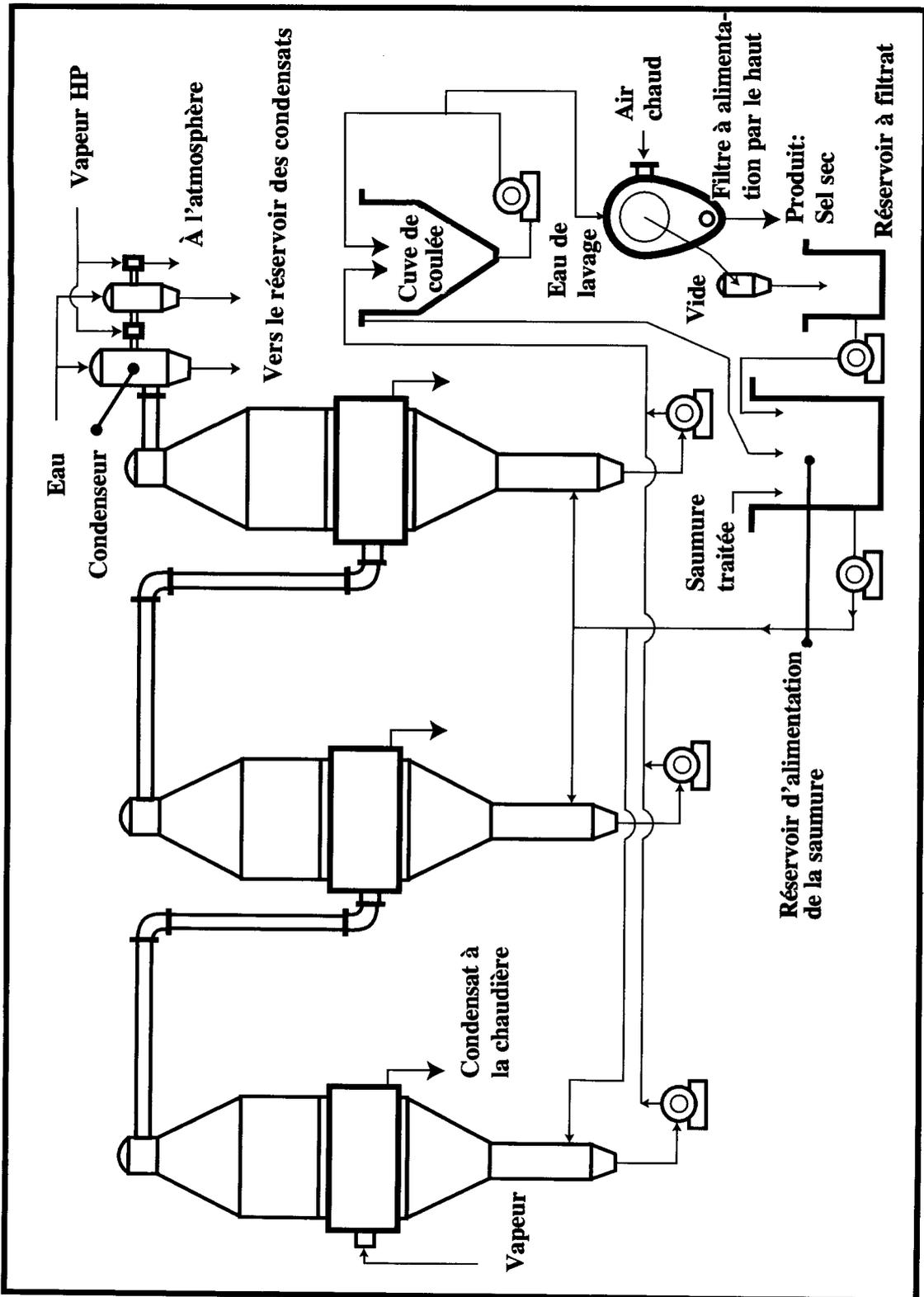


Fig. 6.1 Diagramme du cycle de 'l'évaporateur à triple effet pour la raffinage du sel

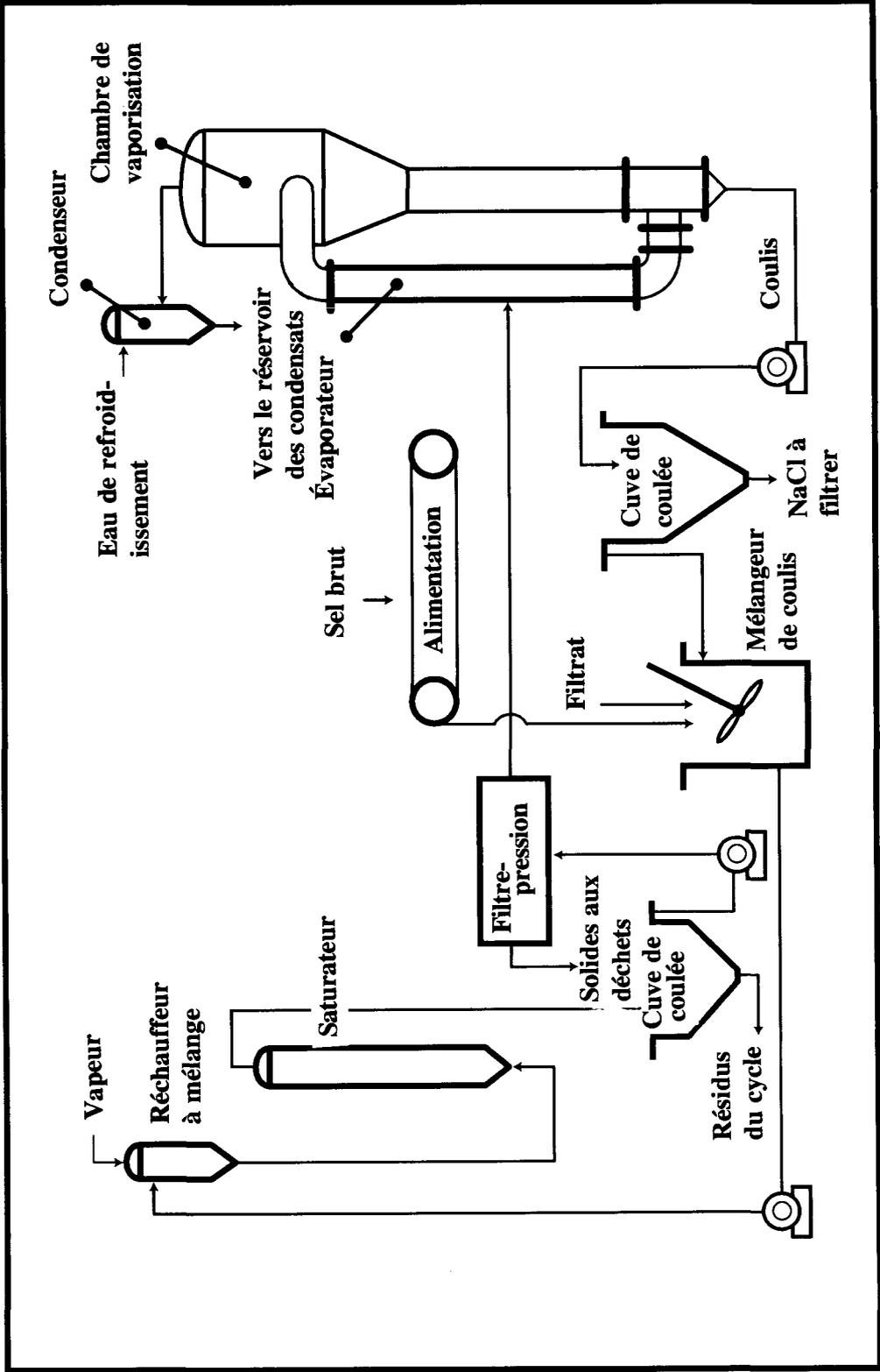


Fig. 6.2 Diagramme du cycle de recristallisation pour le raffinage du sel

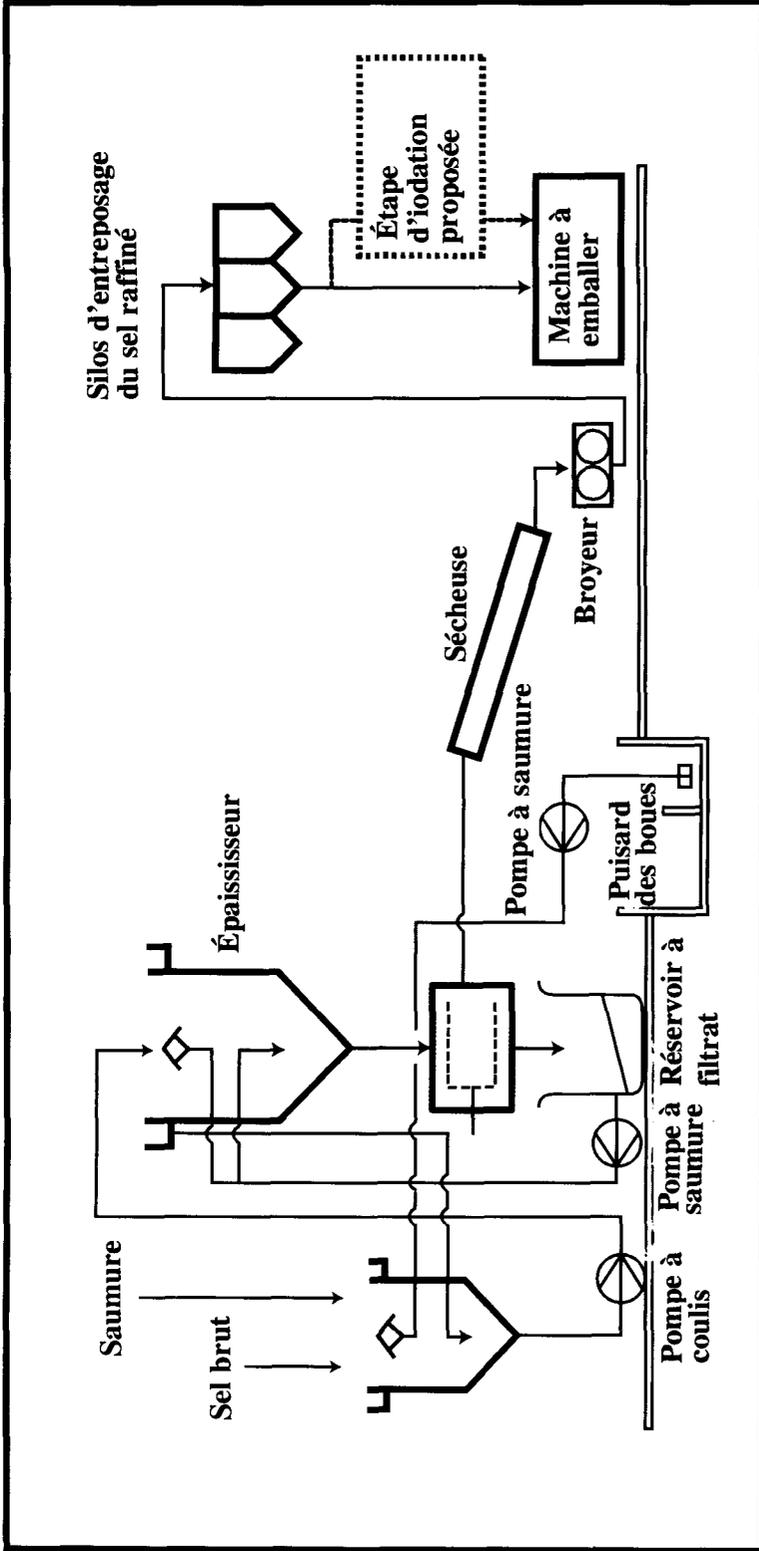


Fig. 6.3 Diagramme du cycle d'un procédé de raffinage du sel (hydro-concassage)

7. CHOIX ET DOSAGE DU COMPOSÉ POUR L'IODATION DU SEL

(La nomenclature relative à l'iode est sanctionnée bien plus par l'usage que par la logique en chimie. Le terme «iode» désigne habituellement l'élément chimique dans un sens général sans préciser sa «forme» chimique, mais il est également utilisé pour parler de la forme I_2 . En anglais, le sel (ou tout autre véhicule contenant de l'iode) était qualifié de «iodated» lorsqu'on y ajoutait de l'iodate de potassium (KIO_3), et l'on réservait le qualificatif «iodinated» lorsque l'iode (I_2) était ajouté à un véhicule comme l'eau. Récemment, l'OMS, l'ICCIDD et l'UNICEF ont recommandé que le terme «iodized» (également épelée «iodised») soit utilisé à l'exclusion de tout autre lorsqu'il y a adjonction d'iode sous l'une quelconque de ces formes. En français, et depuis toujours, seul la qualificatif «iodé» s'utilise.

L'adjonction de l'iode prend normalement la forme d'iodure ou d'iodate de potassium, de calcium ou de sodium. La Table 7.1 illustre quelques-unes des propriétés physiques les plus importantes de ces composés.

Nom	Formule chimique	% d'iode	Solubilité dans l'eau (g/L)				
			0°C	20°C	30°C	40°C	60°C
Iode	I_2	100			0,3	0,4	0,6
Iodure de calcium	CaI_2	86,5	646	676	690	708	740
Iodate de calcium	$Ca(IO_3)_2 \cdot 6H_2O$	65,0		1,0	4,2	6,1	13,6
Iodure de potassium	KI	76,5	1280	1440	1520	1600	1760
Iodate de potassium	KIO_3	59,5	47,3	81,3	117	128	185
Iodure de sodium	$NaI \cdot 2H_2O$	85,0	1590	1790	1900	2050	2570
Iodate de sodium	$NaIO_3$	64,0		25,0	90,0	150	210

Table 7.1 - Propriétés physiques de l'iode et de ses composés

Dans les pays industrialisés, on utilise de façon très répandue l'iodure de potassium (KI) aussi bien que l'iodate de potassium (KIO₃) pour l'iodation du sel de table raffiné. La Table 7.2 est une liste de quelques pays avec indication du composé de potassium utilisé ainsi que les degrés d'iodation :

Pays	Composé d'iode utilisé	Degré d'iodation au niveau de la production (mg d'iode/kg de sel)
Australie	Iodate (de potassium)	65
Cameroun	Iodate	50
Canada	Iodure	77
Chine	Iodate	40
Équateur	Iodure	40
Allemagne	Iodate	25
Inde	Iodate	30
Indonésie	Iodate	25
Kenya	Iodate	100
Nigéria	Iodate	50
Panama	Iodate/Iodure*	67-100
É.-U.	Iodure	77
Zimbabwe	Iodate	50 (au point d'entrée)

* Si le KI est utilisé, il faut garantir qu'il n'y a pas de perte importante d'iode

Table 7.2 - Niveaux d'iodation du sel dans une sélection de pays

La forte solubilité du KI rend possible sa dispersion sous forme de jets atomisés sur des cristaux très sec. Toutefois, le KI dans le sel n'est pas très stable et il peut facilement se perdre par oxydation en iode lorsque le sel iodé est soumis appréciablement à l'une des conditions suivantes : (1) humidité dans le sel; (2) environnement humide ou trop aéré; (3) exposition aux rayons du soleil; (4) exposition à la chaleur; (5) réaction acide dans le sel; ou (6) présence d'impuretés. Il peut également se perdre si les sacs

de sel iodé deviennent humides, provoquant la migration de l'iodure du sel vers la toile, et son évaporation subséquente si la toile n'est pas étanche. Cette forme de perte peut être amoindrie lorsque le sel iodé au KI est très pur (+ 99,5 %) et sec (humidité de moins de 0,1 %), et par l'adjonction de stabilisateurs tel que le thiosulfate de sodium et l'hydroxyde de calcium, et(ou) d'agents asséchants comme le carbonate de magnésium ou de calcium. Cependant, dans la plupart des sels impurs, la stabilité du KI est faible à la fois à cause de l'oxydation et du phénomène migration-ségrégation lorsqu'il y a humidité.

Dans les régions à carence en iode, la plupart des gens utilisent du sel non raffiné que l'on pourrait facilement enrichir au KIO_3 sans adjonction d'agents ou de stabilisateurs. L'iodate est plus stable que l'iodure lorsque les conditions climatiques ne sont pas favorables et il ne requiert pas de stabilisateurs. En outre, il est moins soluble que l'iodure et donc moins susceptible de migrer à travers le sac, et il n'est en fait que faiblement soluble dans l'eau à basse température. Mais des solutions allant jusqu'à 40 g/L (4 % environ) sont faciles à obtenir. Une telle solution est adéquate pour l'iodation du sel, même à des teneurs d'iode de 100 mg/kg. L'adjonction de 0,1 % d'humidité au sel brut, qui en contient parfois déjà de 1 à 5 %, n'a aucun effet délétère. L'iodate de potassium se décompose rapidement dans le corps humain et livre en fait de l'iodure à la thyroïde pour la synthèse de l'hormone. Il n'est pas toxique, et il a été approuvé et recommandé par le Comité conjoint FAO/OMS des experts sur les additifs alimentaires qui ont jugé qu'il était sûr dans les limites de la Ration quotidienne maximale tolérable provisoire (RQMTTP) pour l'iode, de 1 mg de toutes sources. Même aux doses les plus élevées actuellement utilisées, la ration d'iode obtenue dans le sel iodé n'est pas susceptible de dépasser 20 % de cette valeur.

Comme nous l'indiquons à la Table 7.1, l'iode constitue une plus grosse proportion du poids du KI que du KIO_3 . Le KI est également moins cher que le KIO_3 . Toutefois, lorsqu'on utilise dans du sel impur, le coût total d'utilisation du KI peut être plus élevé à cause de sa relative instabilité. (L'iodate de calcium ($\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$) est également stable dans les sels impurs mais il n'a pas beaucoup été utilisé à cause de sa très faible solubilité dans l'eau.)

La Table 7.3 illustre la gravité spécifique des solutions diluées d'iodate de potassium. L'iodate de potassium est un sel lourd et si on le souhaite, on peut vérifier la force des solutions avec des hydromètres de précision.

% d'iodate	Gravité spécifique
1	1,00711
2	1,01572
3	1,02446
4	1,03334
5	1,04236
6	1,05153

Table 7.3 - Gravité spécifique des solutions d'iodate de potassium (dans l'eau, à 18 °C, extrait des «Tables critiques internationales»)

Teneurs en iode dans le sel

La ration quotidienne minimale d'iode recommandée varie de 150 à 200 µg. Pour se faire une idée de ce que représente cette quantité, une particule pas plus grosse qu'une tête d'aiguille est suffisante pour une personne pour tout un mois. Il n'y a pas de prescription universelle quant au niveau d'iode ajouté au sel pour obtenir cette ration recommandée. De nombreux facteurs influencent la sélection d'une teneur appropriée pour une population donnée : (1) consommation de sel par tête dans la région; (2) degré de carence en iode dans la région; (3) pertes en transit; et (4) durée de vie nécessaire à l'étalage. La consommation de sel par tête dans différents pays varie énormément, de quelque 3 à 20 g par jour. La Table 7.4 est un exemple des calculs effectués pour déterminer les niveaux d'iodation du sel :

* On supposera que la ration quotidienne d'iode par personne est de 200 µg;	
* On supposera que la consommation de sel par personne est de 10 g par jour;	
* Le niveau d'iode requis dans le sel est de 200 µg par 10 g (1 g = 1 million de µg) ou 20 mg/kg;	
* On supposera que la moitié de l'iode risque de se dissiper durant le transport et l'entreposage;	
* Le niveau d'iode requis	= 40 mg/kg d'iode;
	= 40 x 1,685 mg/kg de KIO ₃ ;
	= 67 mg/kg de KIO ₃ .

Table 7.4 - Exemple de calcul pour déterminer le niveau d'iodation du sel avec du KIO₃

Étant donné que les niveaux de consommation de sel varient et que la quantité d'iode qui se dissiperait dépend du climat, du matériel d'emballage et de la durée d'entreposage (Fig. 7.1), il ne serait pas réaliste d'établir une norme mondiale quant à la quantité d'iodate de potassium à ajouter au sel. Les niveaux actuels d'iodation dans différents pays varient de 100 mg d'iode par kilo de sel, soit 170 grammes d'iodate de potassium à la tonne (là où la qualité du sel et de l'emballage est très médiocre et où simultanément la consommation de sel est faible) à 20 mg/kg d'iode, ce qui est équivalent à 34 grammes à la tonne (sel de qualité supérieure, bon emballage, consommation élevée). La plupart des pays se sont fixés des niveaux qui se situent aux environs de 50 mg/kg d'iode (ce qui correspond à 85 mg/kg d'iodate de potassium).

Dans un pays donné, le niveau d'enrichissement peut évoluer dans le temps en fonction de changements de la consommation quotidienne moyenne de sel et de la réduction de la dissipation de l'iode durant la distribution et l'entreposage. Les teneurs d'iode recommandées par l'OMS-UNICEF-ICCIDD pour différents niveaux de consommation de sel et selon diverses conditions environnementales et d'emballage sont résumées à la Table 7.5. Les autorités dans chaque pays devront établir des niveaux adéquats en consultation avec l'industrie du sel. La réglementation nationale devra imposer une teneur minimale à la production et une autre plus basse au niveau de la consommation pour tenir compte des pertes durant l'entreposage et le transport, ex. 40 mg/kg (production); et 20 mg/kg (consommation).

Les discussions et réglementations relatives à la teneur en iode devront être absolument spécifiques de façon à savoir si l'on parle du contenu total en iode tout court ou du contenu en termes de l'un de ses composés (KIO₃ ou KI). Comme l'indique l'exemple ci-dessus, 40 mg/kg d'iode équivaut à 67 mg/kg de KIO₃ ou à 52 mg/kg de KI, et l'on peut voir comment cela sèmera la confusion dans les esprits à moins que la forme chimique ne soit clairement indiquée. En général, **nous recommandons que la teneur soit exprimée en termes de contenu en iode tout court**, insistant ainsi sur l'élément physiologiquement important (l'iode) et facilitant la comparaison de ses différentes formes chimiques.

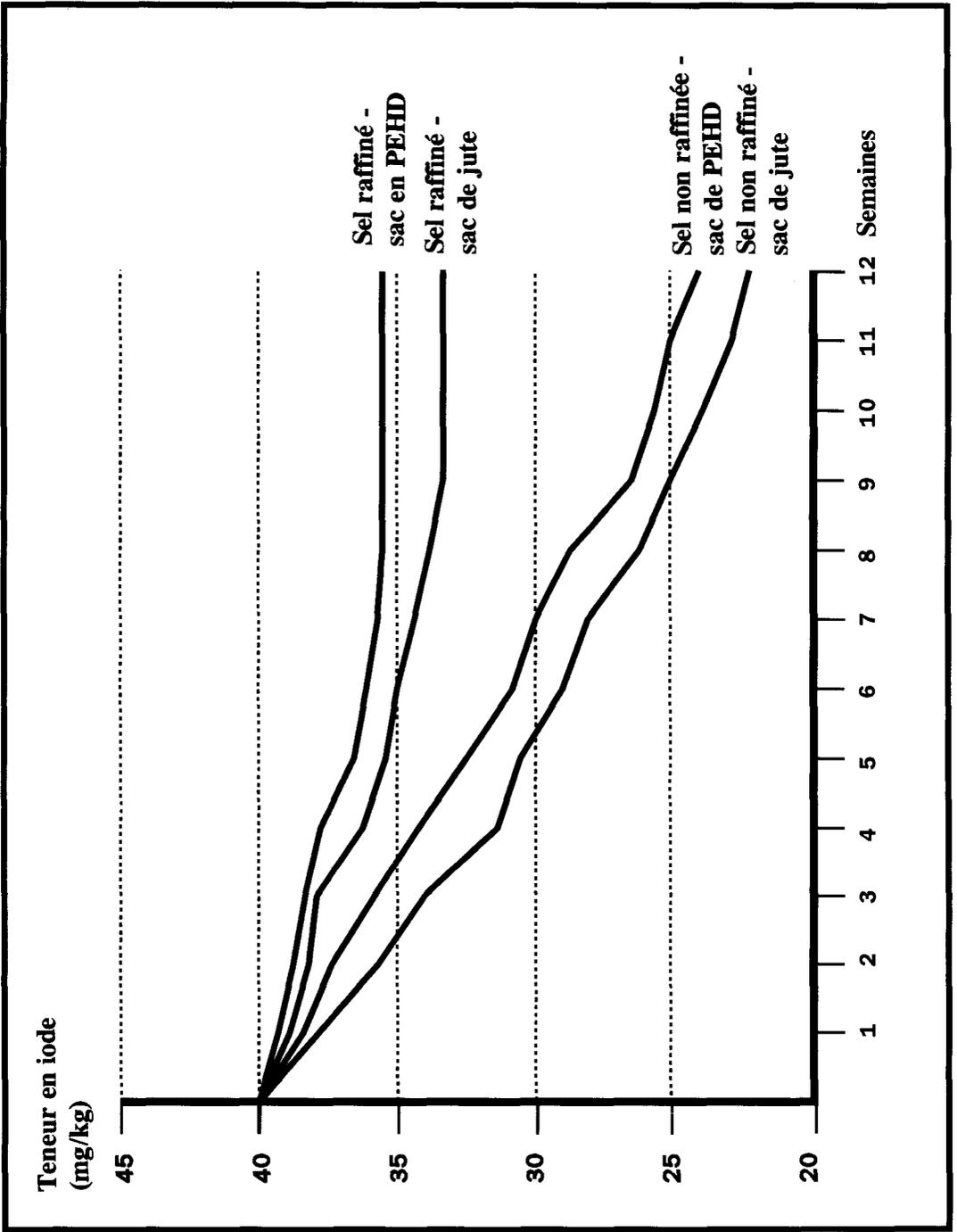


Fig. 7.1 Dissipation de l'iode durant l'entreposage du sel

Climat et consommation quotidienne de sel (g/personne)	Conditionnement			
	Requis à l'usine (externe)		Requis chez les marchands	
	Gros sacs (vrac)	Sacs de plastique (détail)	Gros sacs (vrac)	Petits sacs (détail)
Chaud et humide :	<i>mg d'iode/kg de sel</i>			
5 g	100	80	80	60
10 g	50	40	40	30
Frais et sec :				
5 g	80	60	60	40
10 g	40	30	30	20

Table 7.5 - Teneurs en iode (sel) recommandées par l'OMS-UNICEF-ICCIDD, exprimées en mg d'iode par kg de sel (mg/kg)

Achats d'iode

La production de l'iode dans le monde est limitée à quelques pays. Le Japon et le Chili en sont les principaux producteurs et exportateurs. Le CAF (coût, assurance et fret) actuel (1994) de l'iode élémentaire est d'environ 8 à 8,50 \$/kg. Pour les programmes de lutte contre les TCI, l'iode est ordinairement importé sous forme d'iodate de potassium.

De nombreux fabricants produisent et fournissent de l'iodate de potassium, tant dans les pays avancés que dans les pays en développement. Quelques-uns d'entre eux figurent ci-dessous :

- Helm - Hambourg, Allemagne
- Johnson Matthey - Paris, France
- ACF Chemie - Maarssen, Pays-Bas
- William Blythe Ltd. - Lancashire, Angleterre
- MBI Chemicals - Madras, Inde

Toutefois, la Division des approvisionnements de l'UNICEF a conclu un accord-cadre (contrat de longue durée) pour l'approvisionnement d'iodate de potassium avec le plus gros fabricant d'iode au monde, INQUIM (Chili), pour des raisons de qualité, prix, performance, etc. Le produit est emballé dans de nouveaux fûts en carton-fibre avec un sac étanche et très résistant de polyéthylène de 50 kg de poids net, et il se vend au prix de :

- 7,70 \$(US)/kg, FAB Valparaiso, Singapour ou Anvers.

L'iodate de potassium acheté de l'INQUIM se conforme aux spécifications du U.S. Food Chemical Codex (FCC). Lorsqu'on le commande d'autres sources, il faudra demander la norme FCC ou équivalente. Les

expressions «catégorie comestible» et «catégorie technique» ne devraient pas être utilisées comme une description de la norme.

Normalement, pour acheter de l'iodate de potassium, on adhère aux spécifications du U.S. Food Codex. Les normes de qualité (iodate de potassium) sont spécifiées à la Table 7.6. Si les besoins du pays sont considérables (au moins 30 tonnes/année), il pourrait être plus économique d'importer l'iode élémentaire et de le convertir en KIO_3 .

Conversion de l'iode en iodate de potassium

L'iodate de potassium est produit par la réaction électrochimique de l'iode élémentaire avec de l'hydroxyde de potassium (KOH) :



L'iode est dissous dans une solution d'hydroxyde de potassium, et l'iodure de potassium ainsi obtenu est électrolytiquement oxydé dans une cuve à écoulement annulaire. Au terme de l'électrolyse, l'électrolyte est refroidi et l'on obtient de l'iodate de potassium. Environ 80 % du KIO_3 se cristallise à partir de la mixture de réaction. Après le filtrage, l'électrolyte est recyclé pour réalimenter la cuve. Un kilo d'iode donnera 1,55 kg de KIO_3 . L'investissement total (capitax) pour une usine d'une capacité de 30 tonnes par an a été estimé en Inde à environ 200 000 \$. Pour plus de détails techniques, on pourra s'adresser à la National Research Development Corporation of India (New Delhi).

Pour l'iodation du sel, l'iodate de potassium doit se conformer aux normes suivantes :

1. Apparence physique	: Poudre cristalline allant du blanc à presque blanc
2. Particules retenues dans un crible à mailles 100 (BS)	: 5 % max, p/p
3. Solubilité	: Soluble dans 30 parties d'eau
4. Réaction	: Solution à 5 % dans l'eau, neutre au tournesol
5. Iode (I_2) Max p/p	: 0,005 %
6. Sulfate, Max p/p	: 0,02 %
7. Métaux lourds (ex. Pb)	: Moins de 20 mg/kg
8. Fer	: Moins de 10 mg/kg
9. Bromate, Bromure, Chlorure et Chlorate, Max % p/p	: 0,5
10. Matières insolubles, Max % p/p	: 0,5
11. Perte au séchage à 105 °C, Max % p/p	: 0,5
12. Teneur (à sec)	: 99,0 % d'iodate de potassium (min.)
13. Emballage	: Sacs de plastique ou fûts de papier étanches de 50 kg

Table 7.6 - Normes de qualité spécifiées pour l'iodate de potassium

8. TECHNIQUES D'IODATION DU SEL

L'iode est ajouté au sel sous forme d'iodate de potassium après raffinage et séchage et avant emballage. Souvent, l'iodation peut être liée aux lignes de production et/ou raffinage existantes. Il suffit d'ajouter une solution d'iodate de potassium au sel (méthode humide) ou de poudre sèche d'iodate de potassium (méthode à sec). Dans le premier cas, l'iodate est d'abord dissous dans de l'eau pour obtenir une solution concentrée. Cette solution est appliquée au sel à un rythme uniforme soit par égouttement, soit par aspersion. Dans la méthode à sec, l'iodate est d'abord mélangé avec une «charge» (carbonate de calcium et/ou sel sec) et la poudre est ensuite aspergée sur le sel sec. Dans les deux cas, il importe absolument de bien malaxer après adjonction de l'iodate pour s'assurer d'une répartition convenable. Si le malaxage est insuffisant, certains lots contiendront trop d'iode et d'autres pas assez.

Mélange à sec

L'iodate de potassium est mélangé à un antiagglomérant (carbonate de calcium, phosphate tricalcique, ou carbonate de magnésium) - proportion de 1:9. Cette mixtion est ensuite mélangée au sel (proportion de 1 à 10) pour former le «prémélange» qui est introduit sur un transporteur à vis à un rythme constant (Fig. 8.1). Le sel est également introduit sur le transporteur et le mélange se fait à mesure que les substances se déplacent. Ce procédé convient parfaitement au sel fin et à grains uniformes de moins de 2 mm. Il a été adopté dans plusieurs pays d'Amérique du Sud et centrale - Argentine, Bolivie, Guatemala et Pérou.

En Chine, on a développé une machine de mélange à sec compacte et d'un type particulier. Essentiellement, il s'agit d'un transporteur à vis incliné muni d'une trémie d'alimentation à son extrémité inférieure pour ajouter le sel (Fig. 8.2). Un plateau incliné à l'intérieur de la trémie contrôle le rythme d'adjonction du sel. Un prémélange de KIO_3 et sel (proportion d'environ 1:2000) est préparé séparément puis ajouté au sel à un rythme contrôlé par un bras rotatif à l'intérieur d'un distributeur conique, ou par une vis dans le distributeur à vis (situé près de la trémie d'alimentation du sel au-dessus du transporteur). Le sel et le prémélange se malaxent à mesure qu'ils se déplacent sur le transporteur à vis, et c'est ainsi que l'on obtient la teneur souhaitée. La mixtion est ensuite homogénéisée en passant à travers un broyeur à rouleaux ou concasseur à dents qui la pulvérise en grains uniformes de 1 à 3 mm. Après broyage, le sel iodé est soumis à une deuxième opération de malaxage pour qu'il soit parfaitement mélangé avant emballage.

Adjonction de l'iode par égouttement

Ce procédé est communément utilisé pour l'iodation du sel sous forme de cristaux. Les cristaux sont manuellement introduits dans une trémie qui les libère à un rythme uniforme sur un tapis roulant d'environ 35 à 40 cm de largeur et de 5,5 m de longueur, incliné sur une pente d'environ 20 degrés (Fig. 8.3). Ce convoyeur est équipé d'un dispositif de tensionnement. La trémie a une capacité d'environ 300 kg et le rythme d'écoulement du sel sur le tapis roulant est contrôlé par un «tiroir». Des parois de caoutchouc souple sur trois côtés forcent le sel à former un ruban étroit de 10 à 12 cm de largeur et de 2 cm de profondeur sur le tapis roulant et l'empêchent de se répandre. La solution de KIO_3 est conservée dans deux réservoirs de polyéthylène de 200 litres avec des robinets de vidage au fond pour permettre de remplir deux bombonnes d'alimentation de 25 litres, de manière à assurer une circulation continue de la solution du réservoir principal aux bombonnes. Ainsi, la solution s'écoule en continu sur les cristaux au rythme souhaité. Le sel iodé tombe dans une trémie de décharge pour l'emballage. Le fonctionnement

continu requiert une trémie munie de deux robinets de diversion jumelés. L'expérience a montré qu'une capacité de 5 tonnes/heure est idéale pour un système à égouttement, lequel ne nécessite qu'une faible pression pour maintenir le taux d'écoulement requis. Cette méthode est utilisée dans certains pays asiatiques dont l'Indonésie. Simple et peu coûteux, il est souvent utilisé pour l'iodation des cristaux humides de sel brut et même pour le sel fin.

En Inde, une version simplifiée fait intervenir le dispositif d'égouttement au point d'alimentation du broyeur de sel. Un tel système donne souvent une répartition régulière de l'iodate (Fig. 8.4).

Aspersion-mélange

Il est fréquent qu'il soit nécessaire d'intégrer l'iodation à des systèmes existants de production et de raffinage du sel. Dans une opération type, le coulis de saumure provenant d'un épaisseur est déshydraté par essorage dans une centrifugeuse puis introduit dans un séchoir rotatif ou à lit fluide. Un capteur installé dans l'épaisseur envoie un signal à la pompe de dosage de la solution qui asperge l'iodate à un rythme proportionnel à celui de l'écoulement des solides arrivant à la centrifugeuse (Fig. 8.5).

Dans des situations plus classiques où l'on ne dispose pas d'équipements de raffinage, on est obligé de se doter de dispositifs d'iodation. Dans sa forme cristalline, le sel est broyé en poudre grossière dans un concasseur à rouleaux et il est manuellement introduit dans une trémie d'alimentation munie dans sa partie supérieure d'un crible ou d'une râpe pour empêcher le passage d'agglomérats trop épais (Fig 8.6). Une deuxième tige à quatre lames est adaptée à la sortie de la trémie et elle règle le débit d'écoulement sur un tapis roulant incliné. Les deux axes sont gouvernés par un système d'entraînement à vitesse variable et le taux de rotation est ajusté pour donner le débit voulu.

Le ruban de sel qui se décharge du convoyeur dans la chambre d'arrosage est aspergé d'une fine solution atomisée d'iodate de potassium à partir de deux gicleurs, à une pression de 1,4 kg/cm². Les gicleurs sont conçus de façon à envoyer un brouillard uniforme qui s'étale également sur toute la largeur de la mouture. La concentration de la solution et les taux d'arrosage sont ajustés pour distribuer le dosage requis. La solution est tenue sous pression dans deux fûts d'acier inoxydable, chacun d'une capacité d'environ 80 litres. La pression est maintenue constante par un compresseur à air doté d'un régulateur. Le sel enrichi tombe dans un transporteur à vis de 20 à 25 cm de largeur et de 2,5 à 3 m de longueur. Le parcours au travers de la vis produit l'uniformité du malaxage. Le transporteur se décharge par deux becs jumelés à l'étape du remplissage des sacs. L'équipement d'aspersion-mélange peut fonctionner à l'électricité ou entraîné par moteur diesel. Toutes les composantes en contact direct avec le sel sont faites d'acier inoxydable pour réduire au minimum les risques de corrosion. Il est également possible d'en faire un dispositif mobile lorsque cela convient sur le plan opérationnel. Une installation de type aspersion-mélange construite conformément aux spécifications de l'UNICEF fonctionne actuellement et elle a un débit de 6 tonnes/heure, soit environ 12 000 tonnes par an. Cette méthode est de plus en plus populaire en Asie, en Amérique du Sud et en Afrique.

La configuration du dispositif standard d'aspersion-mélange décrite ci-dessus est simplifiée à la Figure 8.7 par élimination du tapis roulant et par illustration d'un transporteur à vis incliné.

Une version pour opérations par lots (Fig. 8.8) a été développée en Inde pour les petits fabricants qui n'ont pas les moyens ou n'éprouvent pas le besoin de se procurer le modèle à opération en continu. Il s'agit d'un mélangeur à rubans équipé dans sa partie supérieure d'un dispositif d'égouttement ou d'aspersion. Une quantité de sel pré-pesée est introduite dans le mélangeur puis une dose prédéterminée d'iodate est aspergée par des gicleurs situés au-dessus (pompe à bras ou compresseur) pendant que procède le mélange. Après iodation, le lot est déchargé et mis dans des sacs.

Les Tables 8.1 à 8.4 décrivent les éléments opérants des dispositifs d'aspersion-mélange avec dose prédéterminée de KIO_3 dans divers contextes.

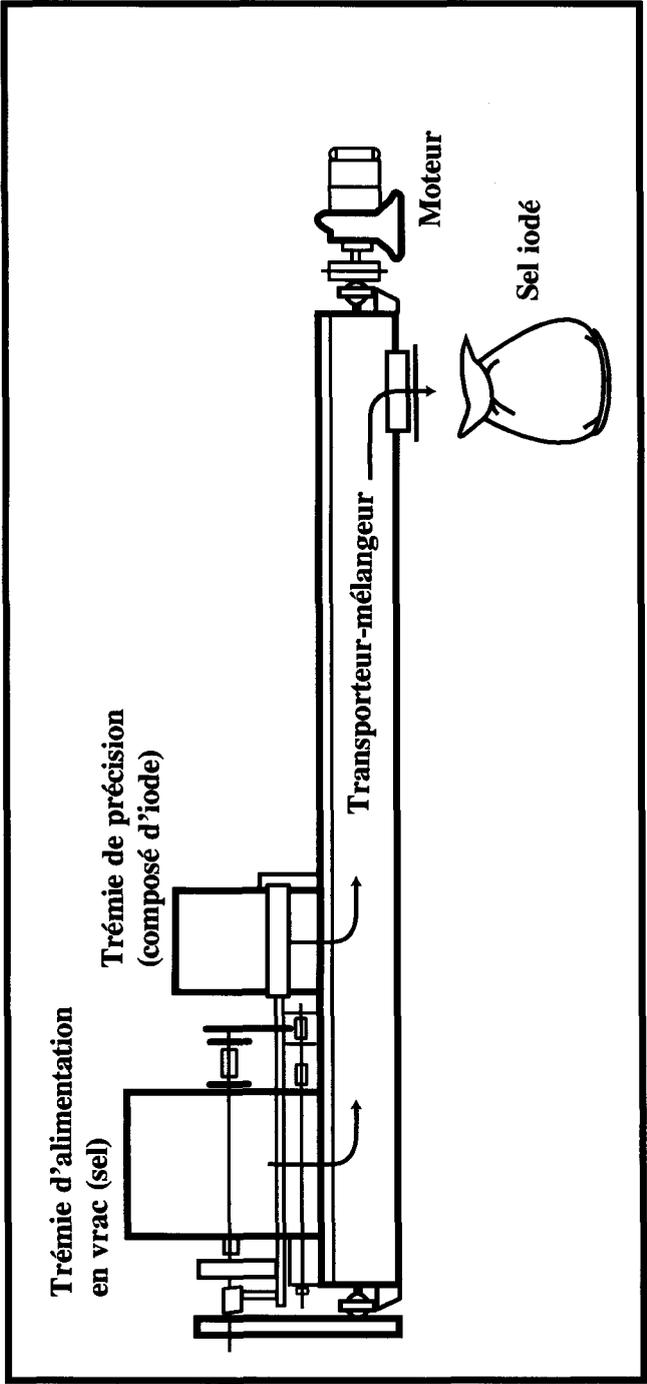


Fig. 8.1 Dispositif de mélange à sec

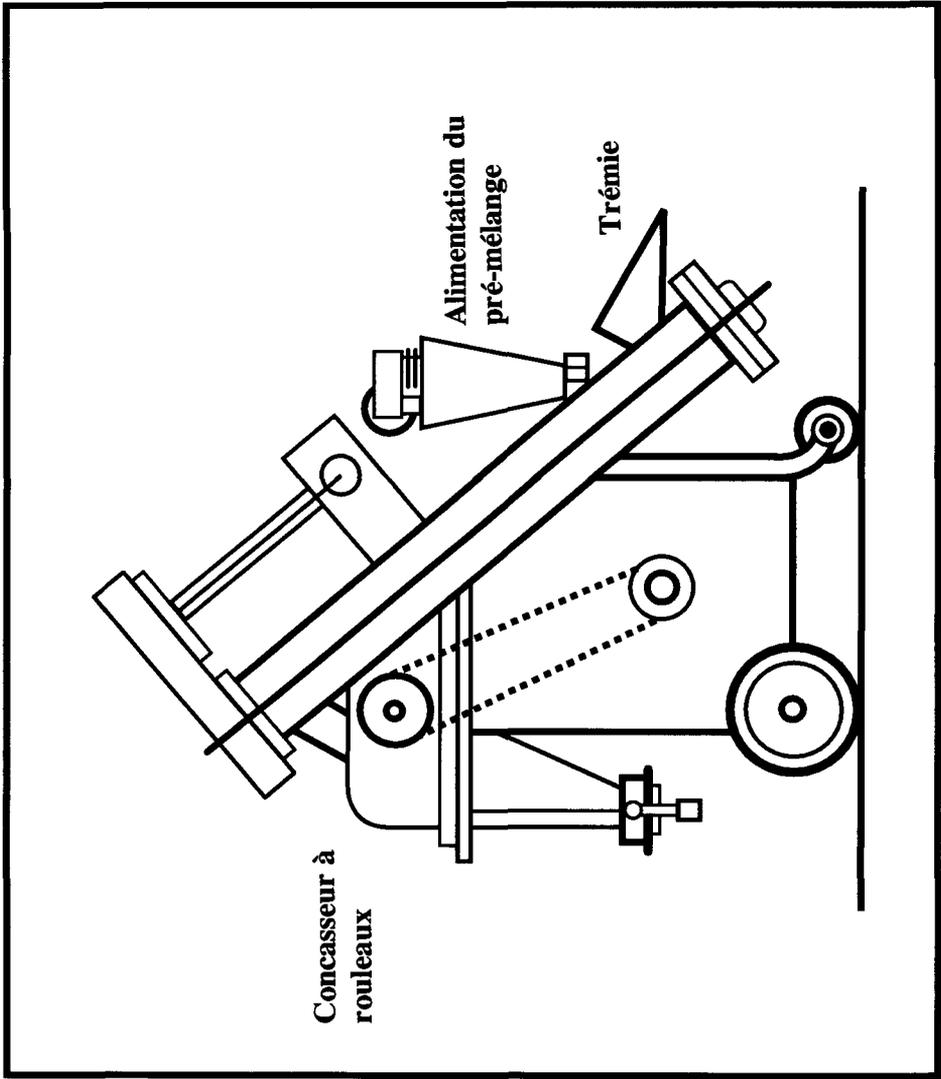


Fig. 8.2 Appareil portatif de mélange à sec-iodation du sel (Chine)

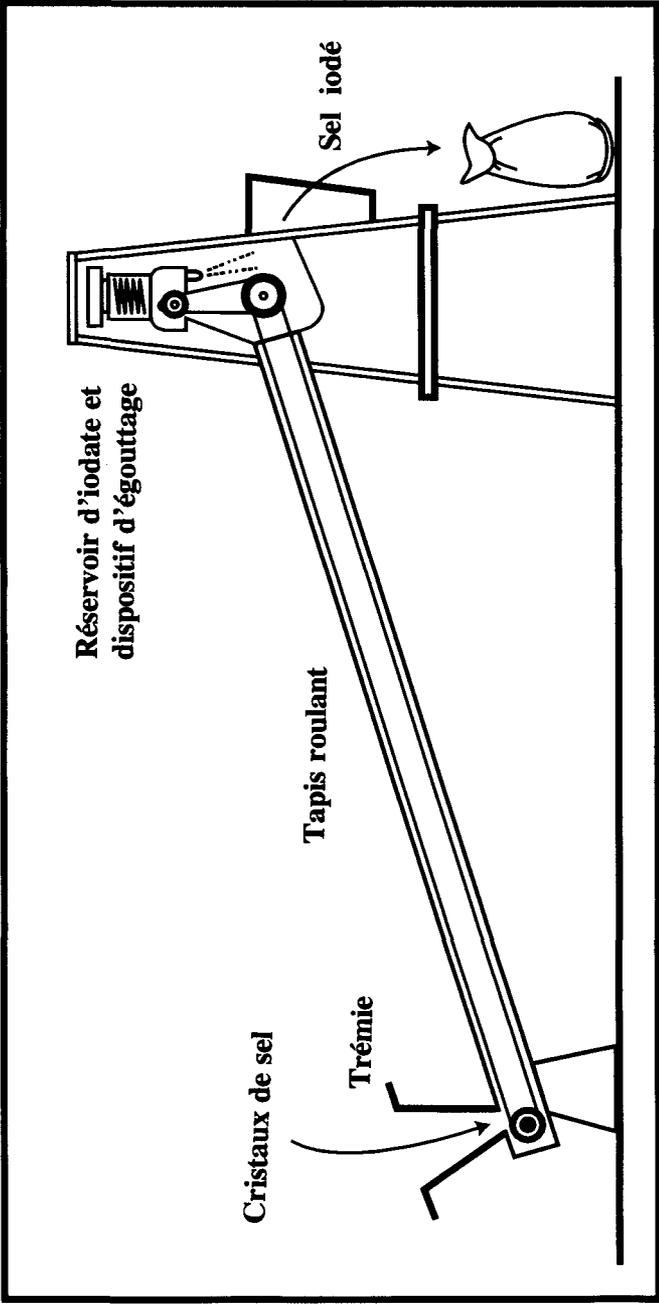


Fig. 8.3 Dispositif d'alimentation par égouttage

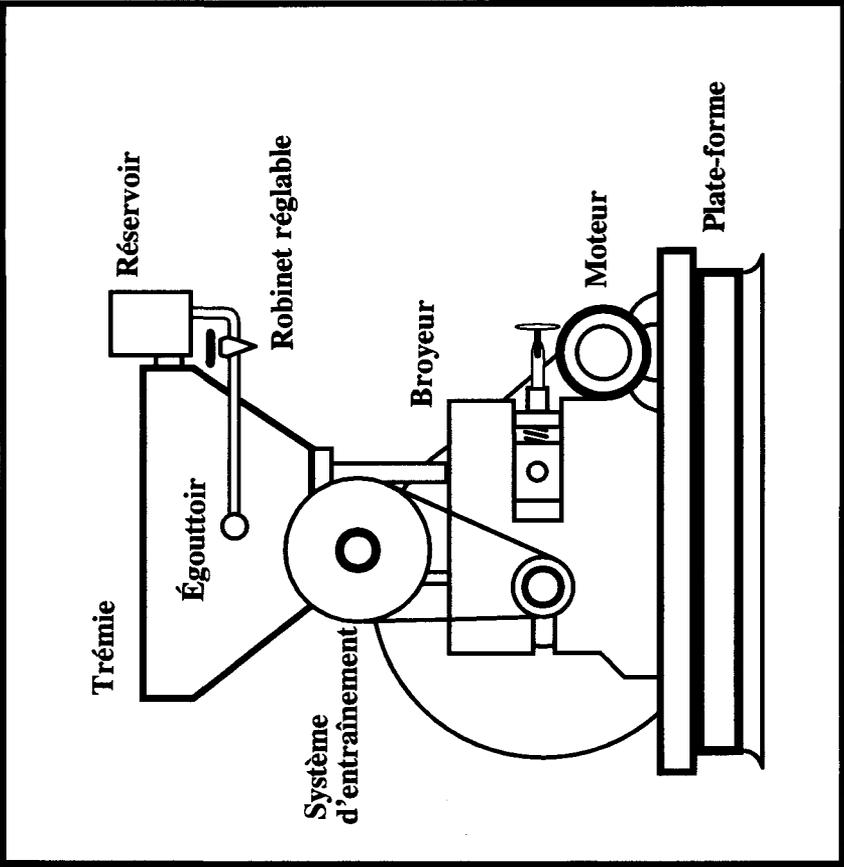


Fig. 8.4 Broyeur de sel avec dispositif d'égouttage

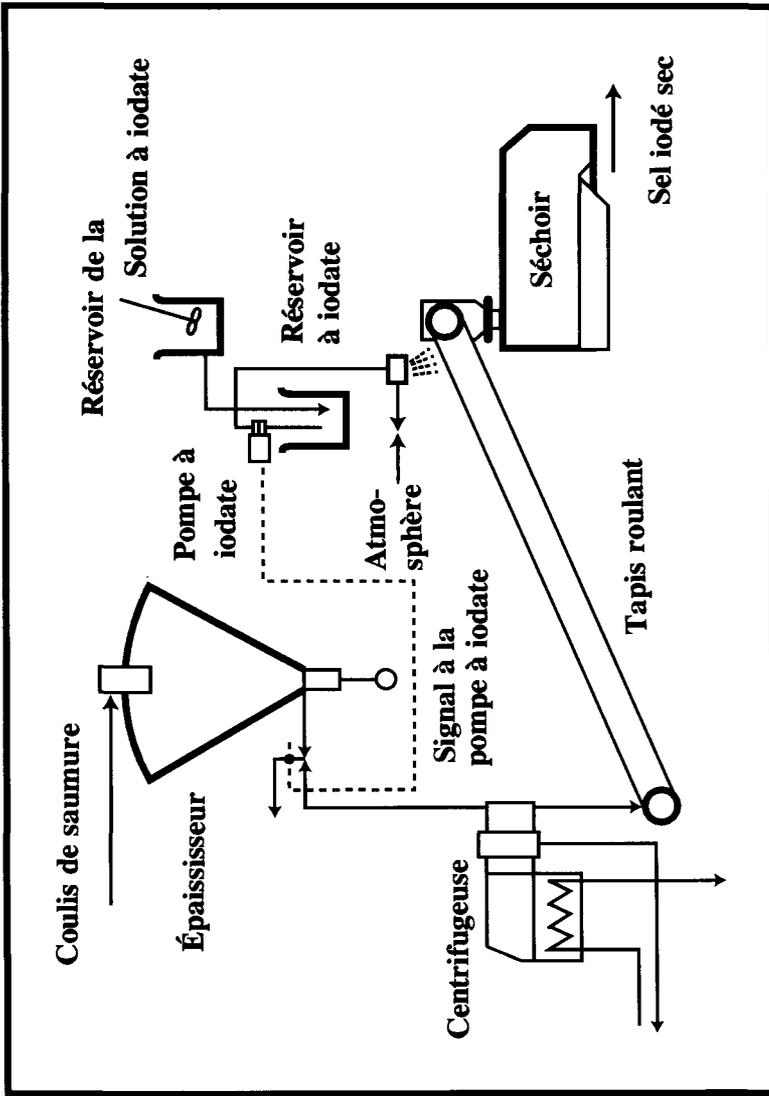


Fig. 8.5 **Processus d'aspersion entièrement automatique pour iodier le sel**

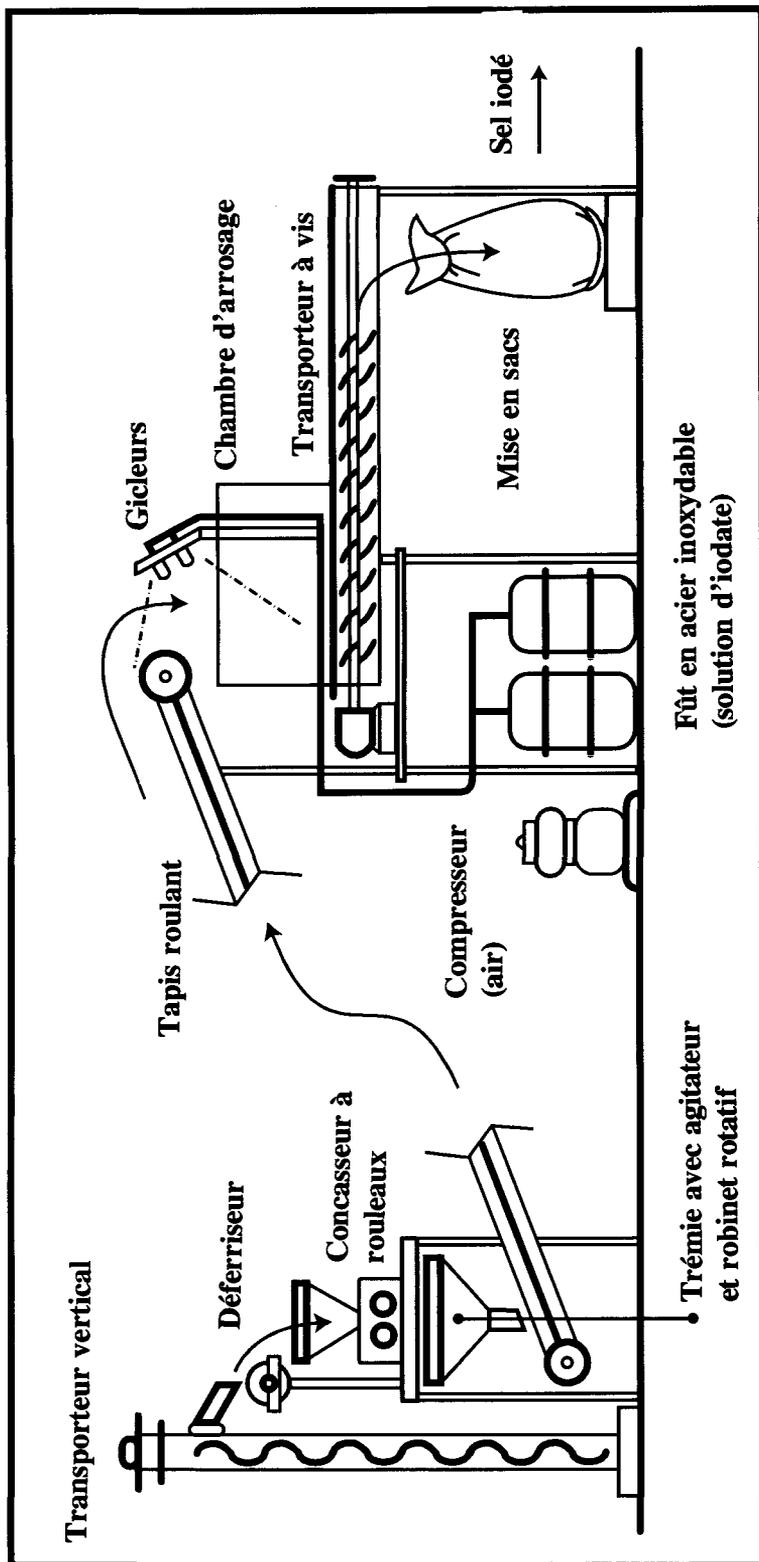


Fig. 8.6 Dispositif d'aspersion-mélange pour ioder le sel (pré-concassage)

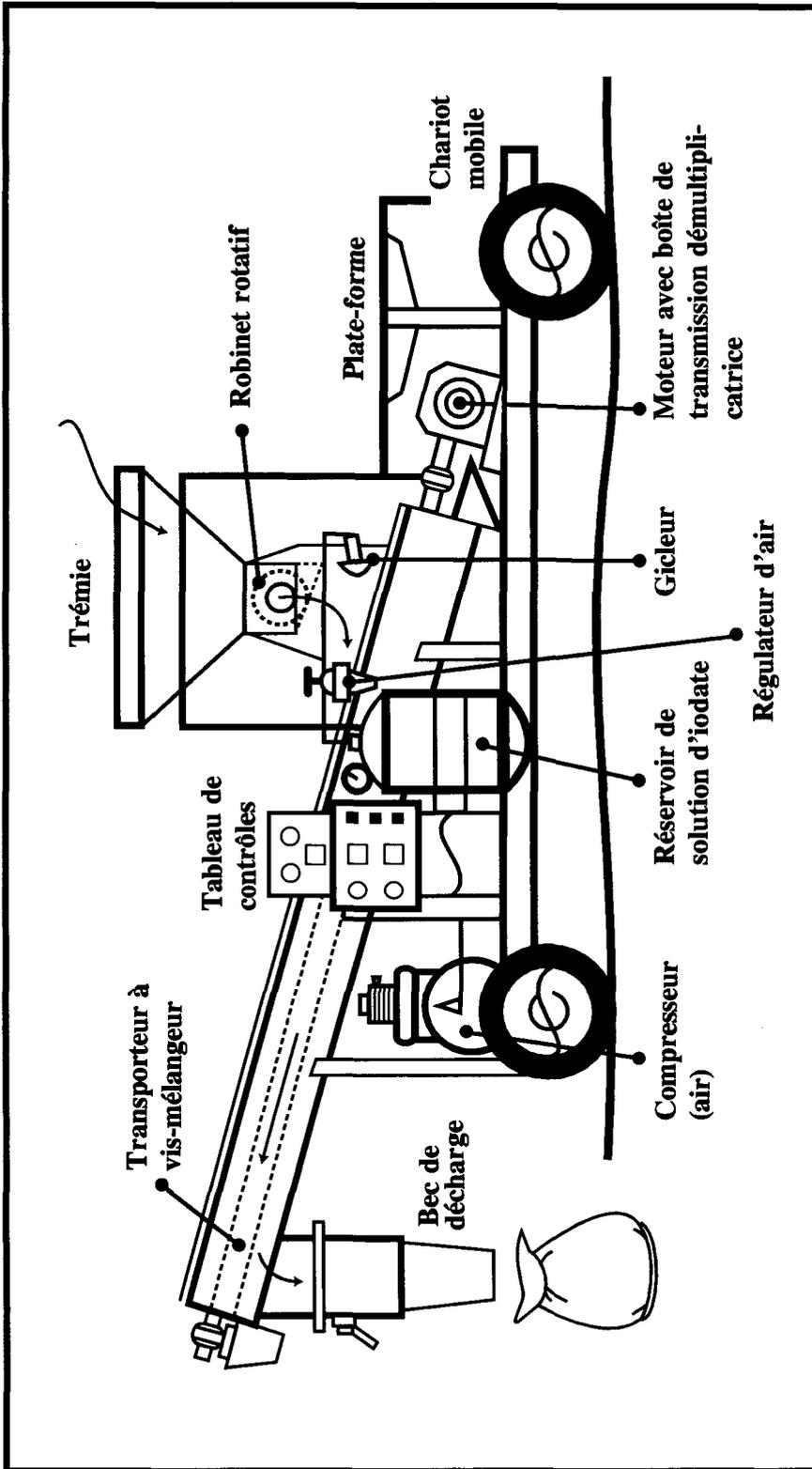


Fig. 8.7 Dispositif mobile d'iodation par aspersion

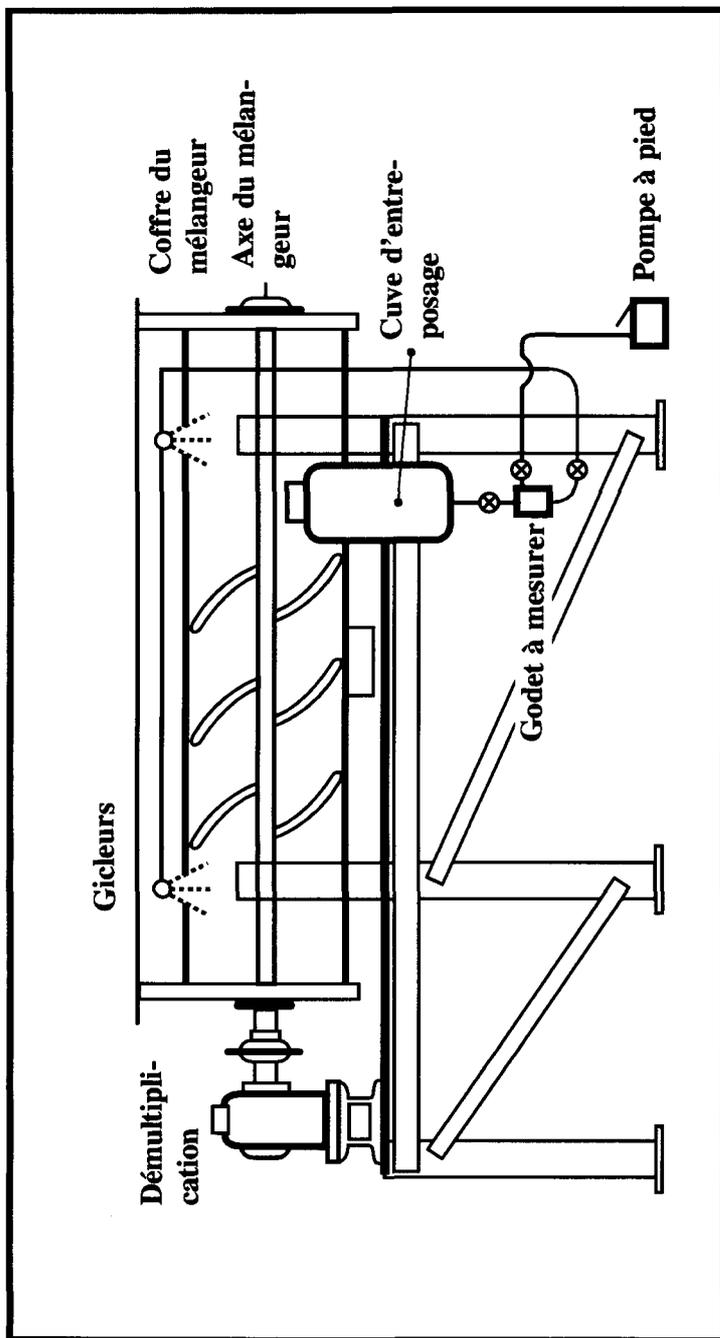


Fig. 8.8 Dispositif d'iodation du sel par lots

Les mélangeurs utilisent des moteurs électriques adéquats ou des moteurs diesel. La démultiplication de la rotation est obtenue par une boîte de transmission destinée à livrer une vitesse de 20 à 30 tours/minute. Les vitesses et les exigences de puissance de mélangeurs de différentes capacités sont données ci-dessous :

Capacité (lots)	Puissance tirée	Puissance requise
125 kg	2,2 KW	3 CV
250 kg	3,7 KW	5 CV
500 kg	3,7+1,5* KW	5+2* CV

*Pour le transporteur vertical qui alimente le mélangeur en sel. Dans les petits mélangeurs, le sel est introduit à la main.

Table 8.1 - Vitesses et besoins de puissance pour le procédé avec le mélangeur par lots

La quantité de sel qu'un mélangeur par lots peut produire est déterminée par la durée du cycle et par la capacité des lots. En prenant pour hypothèse :

- * chargement : 3 min.;
- * mélange : 10 min.;
- * décharge : 2 min.; et
- * temps d'arrêt : 5 min.;

- * total : 20 minutes,

il y aura 3 cycles par heure. Sur cette base, ce qui suit représente les capacités quotidiennes d'iodation en 8 heures :

Capacité (lots)	Capacité de production/h	Capacité de production/quarter	Capacité de production/an. (250 jours)
125 Kg	0,375 tonne	3 tonnes	750 tonnes
250 Kg	0,750 tonne	6 tonnes	1 500 tonnes
500 Kg	1,500 tonne	12 tonnes	3 000 tonnes

Table 8.2 - Capacités de production du processus de mélange par lots (sur la base d'un seul quart de travail par jour)

La capacité augmentera évidemment si les mélangeurs fonctionnent pendant un plus grand nombre d'heures ou si l'on produit davantage de lots par heure.

Cette méthode est simple à appliquer pour une capacité allant de 0,5 à 3 tonnes/heure. Elle est déjà utilisée en Inde, au Pérou et au Vietnam, et elle pourrait également être applicable dans plusieurs autres pays qui ont besoin de petits dispositifs d'iodation à proximité des sites de production du sel ou à des endroits stratégiquement répartis à travers le réseau de distribution.

Le système d'aspersion atomise la solution d'iodate et la disperse uniformément sur les cristaux de sel, assurant ainsi une bien meilleure répartition qu'avec le système par égouttement pour tous les types de sel. Il est vrai que les exigences en matière d'équipement et de maintenance pour le système d'aspersion sont un peu plus complexes.

Niveau d'iodation	g KIO ₃	Concentration de la solution de KIO ₃		
		10 g/L	20 g/L	30 g/L
20 mg/kg	100	10,0	5,0	3,3
30 mg/kg	150	15,0	7,5	5,0
40 mg/kg	200	20,0	10,0	6,7
50 mg/kg	250	25,0	12,5	8,3
60 mg/kg	300	30,0	15,0	10,0
70 mg/kg	350	35,0	17,5	11,7
80 mg/kg	400	40,0	20	13,3
90 mg/kg	450	45,0	22,5	15,0
100 mg/kg	500	50,0	25,0	16,7

Table 8.3 - Quantité de solution de KIO₃ en L/h pour un dispositif de mélange-aspersion d'une capacité de 5 tonnes/h

Capacité (lots)	Concentration de la solution de KIO ₃		
	10 g/L	20 g/L	30 g/L
125 Kg	625	313	208
250 Kg	1250	625	416
500 Kg	2500	1250	833

Table 8.4 - Quantité de solution de KIO₃ requise (ml) pour introduire une proportion de 50 mg/kg dans un lot de sel

Comparaison des méthodes

La Table 8.5 compare les différentes méthodes avec avantages et inconvénients respectifs. Le mélange à sec du sel avec le KIO₃ n'est possible que si le sel est sec et finement broyé. Autrement, le KIO₃ (particules plus fines - et plus lourd que le sel) se déposera au fond du contenant. Cette méthode n'est donc pas recommandée pour le gros sel non raffiné communément utilisé dans les pays en développement.

Le système d'alimentation par égouttage est le plus simple et le moins coûteux. Il convient à du gros sel fait de particules uniformes dont la taille peut aller jusqu'à 1 cm et dont la teneur en humidité peut aller jusqu'à 5 %. Cependant, lorsque la taille des grains est très fine (moins de 2 mm), le système d'alimentation par égouttage ne convient pas car il ne disperse pas la solution d'iodate avec uniformité suffisante. Dans de tels cas, la méthode aspersion-mélange est préférable car elle atomise la solution d'iodate et l'asperge comme un brouillard, ce qui donne un mélange uniforme avec le sel. La méthode d'aspersion est également préférable à celle de l'égouttage lorsque la taille des particules et la teneur en humidité du sel varient, comme cela est souvent le cas lorsque l'usine d'iodation reçoit son sel d'un certain nombre de sources différentes.

L'Annexe 5 donne les spécifications et les prix de divers types de machines à ioder le sel que l'on peut obtenir par l'intermédiaire de l'UNICEF.

Critères		Égouttage	Aspersion	Mélange à sec
T y p e d e s e l	Poudre sèche raffinée	++	+++	+++
	Poudre sèche non raffinée	++	+++	+++
	Poudre non raffinée, humide	++	++	++
	Cristaux non raffinés, secs	++	++	+
	Cristaux non raffinés, humides	+	++	+
C o û t s	Capitalisation	Moyens	Moyens	Élevés
	Fonctionnement	Moyens	Moyens	Élevés
	À la consommation	Moyens	Moyens	Élevés

Performance : + Médiocre; ++ Convenable; +++ Bonne

Table 8.5 - Comparaison des principales méthodes d'iodation du sel

Le choix de la méthode d'iodation dépend des conditions prévalantes dans un lieu particulier. Les pays moins développés sont souvent handicapés par un approvisionnement en sel dont le degré de pureté et d'humidité n'est pas uniforme et par des emballages peu sûrs, et il sera ordinairement préférable pour eux d'adopter la méthode du concassage du sel suivi de l'iodation au KIO_3 par aspersion-mélange. Les petits producteurs devraient soit créer de petites installations d'iodation par lots, soit former des coopératives pour centraliser l'iodation et l'emballage. Il leur conviendrait également d'envisager la possibilité de petites unités d'iodation portatives et ambulatoires à déplacer d'un site à l'autre.

Méthodes simples d'iodation du sel au niveau des villages

L'iodation du sel, comme la plupart des procédures industrielles, est à son maximum d'efficacité lorsqu'elle fonctionne à grande échelle (méthodes que nous venons de décrire). Une grosse installation de production peut se doter d'équipements complexes, optimiser l'activité des employés, consolider les laboratoires et autres outils du contrôle de la qualité, et faciliter l'emballage et le transport. Chacune de ces étapes favorise l'efficacité, la sûreté, et l'économie. Étant donné que la production de sel est ordinairement concentrée dans un nombre restreint de sites, la plupart des interventions d'iodation seront situées près de ces sites.

En dépit des avantages que présentent les installations décrites dans les précédents paragraphes, il arrive occasionnellement que l'iodation artisanale du sel au niveau des villages soit utile, et nous aborderons donc brièvement le sujet ici-même.

La méthode la plus simple est sans doute celle du mélange à sec du chlorure de sodium avec du KIO_3 , ou du KI. Pour une teneur de 50 mg/kg (1:20 000), il est nécessaire d'ajouter 84 mg de KIO_3 par kilo de chlorure de sodium. Il est préférable que l'adjonction se fasse lentement pendant que le chlorure de sodium sec est en train d'être mélangé dans une cuve. La quantité de KIO_3 que l'on ajoute est minuscule par comparaison au volume du sel, de sorte que même avec un malaxage manuel soutenu et une agitation incessante, la distribution du KIO_3 dans le chlorure de sodium sera toujours quelque peu inégale. Le sel et le KIO_3 peuvent être malaxés simplement avec une grande cuiller de bois, et il serait préférable de transvaser le mélange à plusieurs reprises d'un contenant à l'autre, si possible. Ce processus est inefficace autant que peu sûr, et nous ne le recommanderions pas, sinon comme mesure temporaire, lorsqu'il n'existe aucun autre moyen d'iodation. Étant donné que la quantité de KIO_3 est tellement petite, il faudra que ce composé soit fourni en paquets pré-pesés car les villages qui choisissent cette approche ne disposent presque jamais de balances exactes.

Selon d'autres méthodes, on asperge manuellement la solution de KIO_3 sur le sel pendant le malaxage, lui-même fait à la main. L'approche de la bombonne d'aspersion permet une plus grande dispersion de l'iodate qu'il n'est possible d'obtenir par malaxage manuel à sec. Dans un système développé par le professeur Romsai Suwanik dans le nord de la Thaïlande, 24 g de KIO_3 (contenant 14,2 g d'iode) sont dissous dans 725 ml d'eau distillée, pour donner une concentration de 2 mg d'iode/ml. Pour l'aspersion, 60 ml de cette solution concentrée de KIO_3 sont dilués jusqu'à atteindre un volume de 240 ml dans une bombonne d'aspersion, et l'aspersion-mélange se fait à la main avec 24 kg de sel dans une cuve de plastique. L'uniformité de distribution de l'iode dans le sel en vertu de cette procédure dépendra de la constance de l'aspersion et de la vigueur du malaxage.

Une procédure manuelle à plus grande échelle a été développée et appliquée dans le nord de la Thaïlande par le professeur Romsai. Elle fait usage d'une plate-forme d'aspersion-mélange munie de deux grandes cuves contenant le sel qui peuvent être vidées par le fond. Les bombonnes d'aspersion fonctionnent manuellement au rythme de 50 kg en dix minutes, soit 300 kg/heure. Grâce à cette technique, quelque 18 tonnes de sel peuvent être iodées en 20 journées de travail. Les coûts d'équipement sont minimes, soit essentiellement la plate-forme qui coûte environ 50 \$ (US). Tout comme pour le procédé décrit ci-dessus, le succès de ce processus dépendra de la constance de l'aspersion et de la vigueur du malaxage.

Ces méthodes artisanales ne coûtent presque rien en équipement et elles permettent à chaque village d'avoir le contrôle direct de ses propres opérations. En revanche, il ne faut pas perdre de vue les réalités suivantes : difficulté d'une distribution uniforme de l'iodate dans le sel; inefficacité de la main-d'oeuvre (de règle dans ces petites installations); et dépendance à l'égard d'une opération dont on doit constamment vérifier la fiabilité. Ces programmes doivent sans doute être considérés principalement comme un moyen peu coûteux de s'initier à l'iodation et d'éveiller l'intérêt de la collectivité comme prélude à un programme plus classique et durable, appliqué à une aire géographique plus vaste.

Locaux nécessaires

L'équipement pour l'iodation peut bien souvent être installé dans un entrepôt de sel existant par une réallocation de l'espace disponible ou en ajoutant une salle distincte. Toutefois, s'il faut ajouter une nouvelle structure, on devra procéder sur une base très fonctionnelle. Pour une installation d'une capacité de 5 tonnes/h qui fonctionnerait 8 heures par jour, l'approvisionnement quotidien en sel est de 40 tonnes. Si l'on fait le compte de stocks de sel brut de 15 jours et de stocks de produit fini de 15 jours également, la capacité totale d'entreposage devra être de 1 200 tonnes. Sur cette base, la superficie de la structure est donnée à la Table 8.6 (estimations). Nous proposons à la Figure 8.9 une disposition des locaux pour une station d'iodation.

But	Superficie (m ²)
Entreposage du sel, 1 200 tonnes (4 tonnes/m ²)	300
Circulation et passages (ajouter 30 %)	90
Installation d'iodation et salle de transformation	100
Bureaux	16
Magasins pour les pièces, etc.	16
Salle de commutateurs et contrôles	6
Laboratoire	9
Baie de chargement	150
SUPERFICIE TOTALE	687 m²

Table 8.6 - Estimation de la superficie des locaux pour une capacité de 5 tonnes/h - un seul quart de travail

Contrôle des opérations - Procédé aspersion-mélange (lots ou continu)

Le succès du procédé d'aspersion-mélange dépend de la constance du déroulement ininterrompu du convoyeur portant le sel (tapis roulant). L'aspersion doit couvrir toute la largeur du ruban de sel qui s'écoule dans le dispositif. Le mouvement du tapis roulant doit être égal et la vitesse uniforme. Son tensionnement doit être vérifié pour s'assurer que le débit ne fluctue pas advenant un relâchement et des glissements du tapis. Il faut également veiller à ce que la pression de l'air soit maintenue au niveau souhaité (25 lbs/po.²).

Pour préparer la solution de KIO₃, on dissout une quantité pré-pesée de poudre d'iodate dans de l'eau (de préférence distillée) et on la filtre à travers un tissu fin pour éviter de boucher les gicleurs avec des cristaux non dissous ou des corps étrangers, et puis on analyse le résultat pour vérifier la

concentration. Pour une vérification rapide, la concentration peut également être mesurée avec un hydromètre de précision. La concentration recommandée est de 25 à 30 g/L. L'évaporation de la solution et l'encroûtement des becs risquent de boucher les gicleurs. Il faut donc les vérifier tous les jours et les nettoyer au besoin (mais au moins une fois par semaine) en les plongeant dans de l'eau distillée en ébullition pendant 30 minutes. Il est parfois nécessaire de remplacer les becs une fois par an.

Le chimiste doit prélever des échantillons de sel iodé à intervalles réguliers au stade d'écoulement en fin de processus. Il devra les analyser immédiatement pour en vérifier la teneur en iode et aviser le responsable de l'installation advenant qu'il doive prendre des mesures correctives (ajustement du débit du sel et/ou de l'aspersion). Cette analyse doit se faire très promptement pour que les contrôles soient efficaces à tous les niveaux.

Le sel iodé devra être recueilli directement dans des sacs au moment même de l'écoulement pour éviter qu'il ne tombe sur le sol car tous cristaux un tant soit peu humides risquent d'être contaminés.

Maintenance de l'équipement d'iodation

Tous les éléments de l'installation qui ne sont pas faits d'acier inoxydable devront être régulièrement nettoyés avec des chiffons afin d'en éliminer les particules de sel qui restent et ils doivent périodiquement recevoir une couche de peinture anti-corrosive comme nous l'expliquons ci-dessous.

Le badigeonnage de maintenance est nécessaire pour protéger l'équipement d'acier doux (au carbone) de la corrosion saline. On apprête la surface et on badigeonne. Le soin accordé à la préparation de la surface et à l'application de la couche est tout aussi important à la durée de vie utile du badigeonnage que la couche de peinture elle-même. Sans préparation adéquate de la surface, la couche la plus résistante ne tiendra pas le coup. Après nettoyage de l'acier à la main pour éliminer les écailles, la saleté et la graisse, la surface doit être soumise à des jets de sable répétés jusqu'à ce que le métal devienne presque blanc (fini n° 2 selon les normes de la NACE - National Association of Corrosion Engineers). Lorsqu'il s'agit d'une petite surface, il faut la décaper complètement avec une brosse d'acier.

Pour le badigeonnage, on recommande une peinture à base d'époxydes, néoprène, chloroprène, caoutchouc chloré, chlorure de polyvinylidène, ou chloroacétates de polyvinyle. La bonne procédure de badigeonnage commence par deux couches primaires d'apprêt : une première couche à 2 éléments - époxyde à base de résine chémpolymérisable avec du chromate de zinc, de couleur grise; et une deuxième couche identique mais à laquelle on aura ajouté une teinte bleutée. L'épaisseur totale des deux couches ne sera pas inférieure à 80 microns. On appliquera ensuite deux couches de peinture à deux éléments et à base d'époxyde chémpolymérisable.

Tous les roulements doivent être bien graissés pour maintenir l'efficacité opérationnelle du dispositif. Roulements enrayés et tapis roulants qui se ralentissent donnent une iodation sans uniformité.

Connexions électriques et points de contrôle doivent être périodiquement inspectés pour éviter des courts-circuits dus à la corrosion.

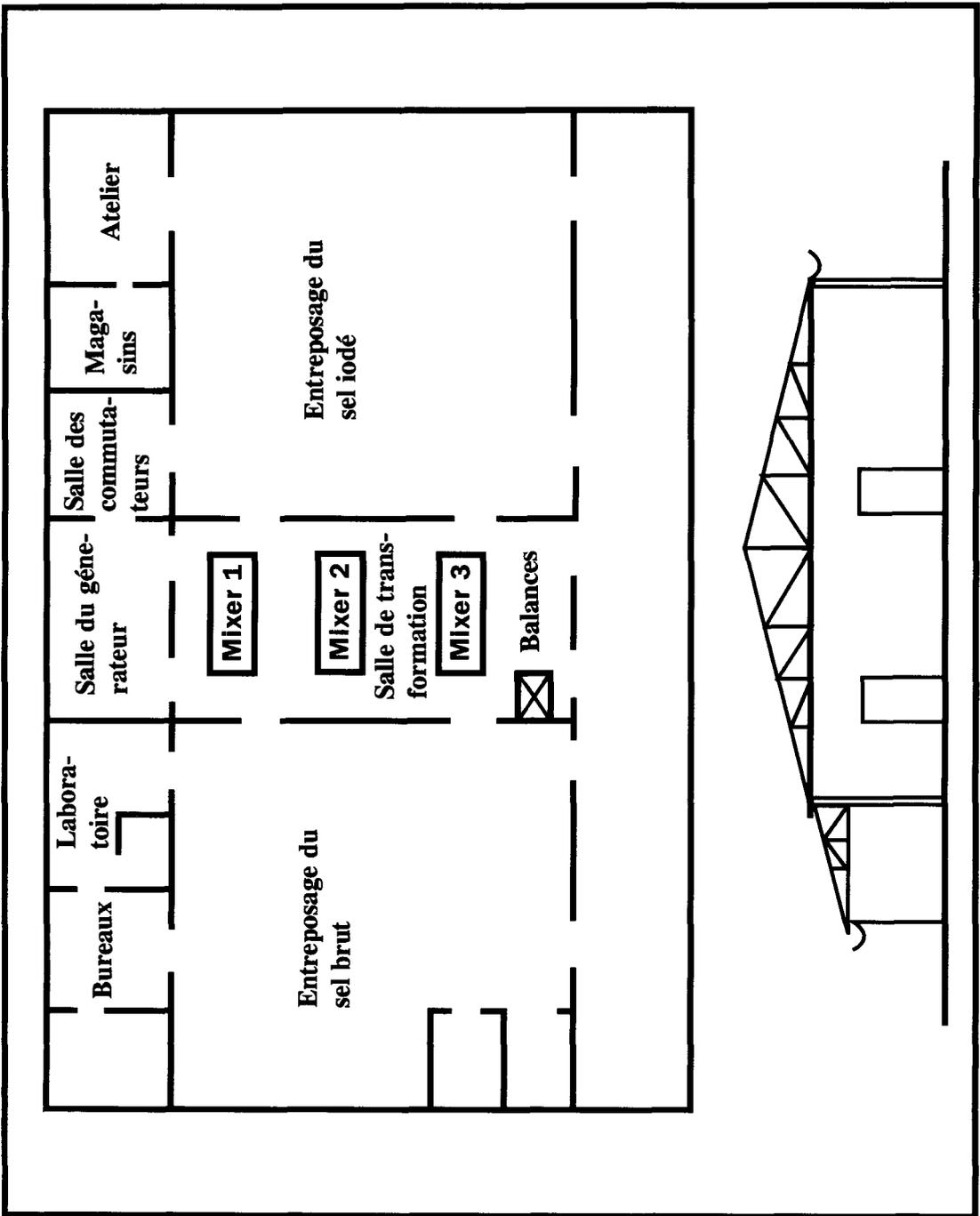


Fig. 8.9 Disposition classique d'une station de malaxage-iodation du sel

9. HISTORIQUE ET STATUT DES PROGRAMMES D'IODATION DU SEL

Historique

C'est pendant les années 1920, aux É.-U. et en Suisse, que l'on a commencé à utiliser le sel comme véhicule pour l'iode. Au cours de la décennie précédente, à Akron (Ohio), les travaux de David Marine, pionnier en la matière, avaient montré que l'administration de tablettes d'iode étalée sur plusieurs jours, deux fois par an, produisait une diminution dramatique du goitre chez les adolescents. De son côté, l'industrie du sel découvrait qu'il lui était relativement facile d'ajouter de l'iode au stade final de transformation du sel, juste avant l'emballage. L'idée ayant assez rapidement gagné en popularité, la plupart des fabricants des É.-U., du Canada, d'Australie et de certains pays européens comme la Suisse ont commencé à ioder leur sel. La pratique se poursuit encore aujourd'hui.

Avec le transfert du concept aux pays en développement, on a d'abord cru que le problème serait réglé avec la même facilité. Donc, à la fin des années 50, des programmes d'iodation étaient mis en oeuvre dans plusieurs pays d'Amérique latine. Et alors que certains pays de la région faisaient de remarquables progrès, des goulots d'étranglement persistaient dans d'autres, notamment en Amérique centrale où on avait cru le problème éliminé, jusqu'à la réapparition des TCI dans certains pays dont les gouvernements n'avaient pas su montrer la constance voulue dans les engagements qu'ils avaient pris à l'égard de leurs propres programmes de lutte et de contrôles. Mais au début des années 1990, des pays comme l'Équateur et la Bolivie, pourtant affligés de problèmes logistiques, ont systématiquement identifié et surmonté ces problèmes.

En Asie, et en dépit d'initiatives prises dès les années 50 et 60, les progrès furent minimes jusque vers la fin des années 70. Par la suite, avec une sensibilisation accrue aux TCI et à leurs conséquences, plusieurs gouvernements ont réévalué leurs programmes et ont enfin procédé à l'identification systématique des goulots d'étranglement et à une dynamisation des programmes d'iodation. Depuis le début des années 80, la Chine a introduit avec succès un programme ciblant les régions endémiques (quelque 300 millions de personnes) et elle a récemment pris la décision de l'étendre à l'ensemble du pays. Quant à l'Inde, elle a adopté en 1984 une politique d'iodation universelle de la totalité du sel dans le pays. Actuellement, plus de 500 millions de personnes vivant dans des régions endémiques en Inde reçoivent du sel iodé. L'Indonésie est confrontée à des contraintes dans son programme d'iodation à cause du grand nombre de petits producteurs éparpillés dans ses nombreuses îles. Plusieurs autres pays comme le Bangladesh, les Philippines et la Thaïlande sont en train d'installer des dispositifs d'iodation dans toutes leurs fabriques de transformation du sel. Au Bhoutan, le programme a réussi à surmonter un problème extrêmement grave de carence en iode dans l'ensemble du pays.

En Afrique, la prise de conscience est assez récente; soit depuis moins de six ans. Par conséquent, des programmes ont été lancés ou renforcés en Éthiopie, au Kenya, en Tanzanie, au Nigéria et au Cameroun. Plusieurs autres pays - Zaïre, Zambie, Ghana, Zimbabwe et Malawi notamment - prévoient l'introduction de programmes de lutte. En Afrique sub-saharienne, nombre de pays ne produisent pas leur propre sel et comptent partiellement ou entièrement sur les importations. Cette situation a mené à la définition d'une stratégie régionale visant à s'assurer que tout le sel est iodé aux sources mêmes de production (Afrique du Sud, Namibie, Mozambique, Érythrée, Soudan, Ghana et Sénégal). Des pays dans différentes régions du continent sont également en train de coopérer pour établir des normes communes de pureté du sel, de teneur en iode, d'emballage et d'étiquetage. La situation des programmes d'iodation dans différentes régions du monde est résumée à la Table 9.1.

Région	Situation des programmes
Amérique du Nord et certains pays d'Europe occidentale	Continus et efficaces
Autres pays d'Europe occidentale	Persistence des problèmes de TCI. Nécessité d'une législation pour assurer l'iodation.
Amérique centrale et du Sud	Efficaces dans plusieurs pays; problèmes persistants dans d'autres où les contrôles sont inadéquats.
Asie du Sud et du Sud-Est dont la Chine	Plusieurs pays se dirigent vers l'iodation universelle; une priorité - dynamisation et surveillance.
Moyen-Orient	Évaluations achevées et programmes lancés dans plusieurs pays.
Afrique du Nord	Efficaces dans plusieurs pays. Persistence de problèmes dans d'autres.
Afrique sub-saharienne	Stratégie régionale en voie d'introduction avec spécifications et réglementations normalisées; une priorité - réorganisation et modernisation de l'industrie du sel en Afrique occidentale.
Europe de l'Est et Asie centrale	Pas d'évaluation complète de la situation du sel; nécessité de programmes d'iodation universelle dans plusieurs pays.

Table 9.1 - Situation de l'iodation du sel dans différentes régions du monde

Entraves aux programmes d'iodation du sel

Aujourd'hui, les programmes d'iodation du sel se déroulent convenablement dans plusieurs pays et font maintenant partie du système de production et de distribution du sel à un tel point que les contrôles ne sont pratiquement plus nécessaires, mais des goulots d'étranglement persistent dans plusieurs pays en développement, causant l'échec de certains programmes et faisant que d'autres ne sont que marginalement efficaces.

Si l'on passe en revue les systèmes de production et distribution du sel dans divers pays en développement, on constate des tendances et des contraintes communes dans la mise en application des programmes d'iodation. Ces similitudes offrent une base d'évaluation, planification et mise en oeuvre pour les nouveaux programmes ou de renforcement pour les programmes existants. Certaines des contraintes communes sont les suivantes :

- Prise de conscience insuffisante de la part des décideurs, de l'industrie du sel et du grand public quant à l'ampleur du problème (TCI) et à la possibilité de l'atténuer par l'iodation du sel;
- Multiplicité des sites de production de sel et diversité des types de sel sur le marché;
- Méthodes primitives de production, d'où la mauvaise qualité du sel, ce qui contribue à l'absorption d'humidité et à la migration de l'iode par suintement;
- Emballage inadéquat, aggravant les pertes d'iode durant le transport, la manutention et l'entreposage;
- Modèles erratiques de distribution du sel avec approvisionnement inadéquat en sel iodé dans les zones où le transport est déficient;
- Infiltration interne et contrebande externe de sel non iodé;
- Sel iodé vendu plus cher que sel non iodé; ce qui oblige pauvres et nécessiteux à choisir l'article le moins coûteux;
- Non conformité avec les lois sur l'iodation; souvent, les dispositions juridiques sur l'iodation ne couvrent pas le sel pour la consommation animale; et
- Coordination et contrôles inadéquats du programme, et attention insuffisante aux activités de l'industrie du sel et à certains autres aspects : production, transport, iodation, conditionnement, distribution et marketing.

Ces contraintes sont regroupées ci-dessous sous les rubriques : sensibilisation; production; marketing; enrichissement en iode; facteurs économiques; organisation, coordination et gestion du programme; et politiques existantes. Sous chaque rubrique, les critères importants relatifs à chaque contrainte sont énumérés.

A. Sensibilisation et attitudes des consommateurs

1. Sous-estimation, même parmi les praticiens, de la prévalence et de la gravité des TCI, et surtout de l'ampleur et des conséquences de l'hypothyroïdisme néonatal.
2. Appréciation inadéquate, au niveau des prises de décisions et du grand public, de l'ampleur et de la gravité des TCI et de leurs conséquences, tant pour l'individu que pour le développement social, et de la faisabilité ainsi que des coûts relativement modestes des mesures préventives.
3. Manque de compréhension de la part des planificateurs de programmes et des responsables de leur application quant à la nécessité du maintien de normes impeccables dans l'exécution convenable des tâches - par ailleurs fort simples - d'iodation, emballage, entreposage, transport et distribution du sel.
4. Perceptions erronées quant à savoir quel secteur ou organisme serait le plus apte à jouer le rôle de principal agent en matière de direction, supervision et contrôle des programmes de prévention.
5. Non reconnaissance de la nécessité d'«éduquer» les consommateurs de façon à promouvoir la consommation de sel iodé partout où du sel non enrichi est simultanément présent sur le marché (souvent à un prix inférieur).
6. Conscience inadéquate - à l'échelle mondiale - de l'étendue, de la gravité et des conséquences des TCI, et de la chance inouïe que l'on a aujourd'hui de lutter efficacement contre ce fléau.

B. Production, qualité et rétention de l'iode

1. Existence d'un trop grand nombre de petits producteurs de sel non organisés et aux moyens limités.
2. Technologie primitive de production et transformation du sel.
3. Absence de toute aide technique et financière, surtout à l'intention des petits producteurs.
4. Absence d'installations, d'équipements et de fournitures convenables pour la transformation, l'entreposage, la manutention et le transport du sel.
5. Modèles de propriété des champs et mines de sel : trop souvent monopolistes; ou régimes de propriété à distance.
6. Contrôles inadéquats de la qualité de l'iodation à l'usine.

C. Processus d'iodation

1. Manque d'organisation au niveau de la création de systèmes d'iodation socialement, économiquement et techniquement adéquats.
2. Faibles connaissances techniques relativement à la préparation, à la transformation et à l'iodation du sel.
3. Résistance des producteurs à toute augmentation des coûts de production et à l'égard du processus industriel lui-même.
4. Humidité excessive et contamination du sel.
5. Accès restreint à une assistance technique et financière en matière d'iodation, surtout chez les petits producteurs.
6. Maintenance préventive inadéquate en termes de réparation ou de remplacement des équipements obsolètes.

D. Emballage, entreposage et marketing

1. Manque d'information sur les tendances actuelles du négoce du sel et quant aux études de faisabilité portant sur l'éventuelle modification des flux existants.
2. Personne ne semble entreprendre des études sur la production et le marketing du sel.
3. Résistance des producteurs à l'augmentation des coûts de production et au processus industriel lui-même.
4. Humidité excessive et contamination du sel.

E. Facteurs économiques

1. Aucune définition des mécanismes financiers requis pour maintenir le programme; et même quand ceux-ci sont spécifiés, on n'y adhère pas.
2. Augmentation disproportionnée du prix du sel iodé.
3. Marché noir pour le sel non iodé.
4. Vente pour la consommation humaine de sel non iodé destiné aux bestiaux.

Prendre en considération les éléments ci-dessus représenterait un bon point de départ lors de la mise sur pied d'un programme; mais il ne faut surtout pas perdre de vue le fait que chaque pays est caractérisé par un système de production et de distribution du sel qui lui est propre et qu'il subit des contraintes qui lui sont particulières. Dans ce contexte, les programmes doivent être spécifiques à

chaque pays et ils devront comporter des solutions faites sur mesure. Même s'il appartient aux gouvernements individuels et à l'industrie locale de s'attaquer à ces problèmes, il demeure que des apports techniques et(ou) financiers externes seront nécessaires à l'occasion.

Contraintes dans la production et la distribution du sel

Quelques considérations clés :

- Il n'est pas rare que les producteurs soient essentiellement un groupe hétérogène constitué d'entreprises privées, de coopératives et de particuliers qui opèrent parfois en dehors de toute structure juridique ou administrative;
- les petits producteurs sont nombreux et les modèles de distribution erratiques, ce qui rend difficile la gestion du programme;
- méthodes de production primitives qui donnent un sel de mauvaise qualité; par exemple, les impuretés visibles poussent la ménagère à laver son sel avant de cuisiner, entraînant la perte de pratiquement tout l'iode;
- emballage inadéquat - en jute, par exemple, au lieu d'être de polyéthylène haute densité - d'où pertes d'iode encore plus graves durant le transport, la manutention et l'entreposage.

On peut ioder la plupart des types de sel et il est certain que l'iodation puisse être faite à très petite échelle, mais un programme efficace nécessitera toujours des procédures très rigoureuses de contrôle de la qualité. Les producteurs et/ou raffineurs doivent être formés de façon à maîtriser les procédés d'iodation et à se familiariser avec les procédures correctes de contrôle de la qualité et de tenue de registres auxquels devront avoir accès les inspecteurs du gouvernement. En principe, dans les pays où la majeure partie de l'approvisionnement en sel est déjà assurée par une industrie moderne, l'introduction de l'iodation se fera sans accrocs et de façon simple et acceptable; et elle n'entraînera que de très légères augmentations de coûts. Mais dans les pays où le sel est toujours produit dans une multitude de petites installations artisanales, l'iodation (avec les contrôles et la supervision nécessaires) sera beaucoup plus difficile. Certes, il serait plus efficace de promouvoir et d'appuyer la modernisation et le regroupement de l'industrie - de façon à ce que le terrain soit occupé par un nombre relativement restreint de grands producteurs ou raffineurs qui se feraient la concurrence pour produire du sel bien emballé et de bonne qualité - que d'équiper des centaines de petits producteurs en leur fournissant des dispositifs d'iodation. Ces derniers pourraient être encouragés à se joindre à des coopératives ayant leur propre raffinerie centrale pour ioder, emballer et distribuer leur sel. De tels regroupements sont susceptibles d'être bien gérés et contrôlés. Il y a de nombreux avantages à raffiner et à commercialiser le sel dans de petits sacs étanches (1 kg) clairement étiquetés «Sel iodé». Dans bien des pays en développement où la situation socio-économique s'améliore rapidement, le sel raffiné et convenablement emballé est progressivement en train de gagner la faveur populaire. Dans les pays où il n'y a pratiquement pas de production locale et où la quasi totalité du sel est importée, la stratégie idéale consisterait à le faire ioder convenablement à la source. Par comparaison avec les coûts d'emballage et de transport, les frais additionnels de l'iodation devraient être modestes, et ils pourraient être facilement absorbés par les consommateurs ou amortis par des politiques d'achat plus efficaces et concurrentielles.

10. CONTRÔLE DE LA QUALITÉ ET SURVEILLANCE DE LA TENEUR EN IODE DU SEL

La surveillance de la teneur en iode du sel est importante à plusieurs égards :

- i) Pour s'assurer que le sel fabriqué ou importé dans un pays respecte certaines normes - exigence statutaire;
- ii) Pour veiller à ce que le sel qui rejoint le consommateur contienne de l'iode pour assurer la prévention des TCI - exigence physiologique;
- iii) Pour vérifier si un certain laxisme ne s'est pas glissé au niveau de la production ou de l'importation;
- iv) Pour garantir le maintien durable du programme, et pour veiller à ce que toute déviation par rapport aux niveaux prescrits soit immédiatement signalée pour que l'on prenne des mesures;
- v) La surveillance continue de la teneur en iode est l'un des meilleurs et des plus simples moyens de surveillance globale du programme d'élimination des TCI lorsque l'on a opté pour l'iodation du sel comme stratégie d'intervention; et
- vi) L'omission de contrôles convenables a toujours été la principale cause de défaillance des programmes de lutte contre les TCI dans le passé.

Méthodes pour mesurer l'iode dans le sel

Deux techniques s'offrent pour mesurer la teneur en iode du sel :

- i) *Méthode standard de titrage* - effectuée en laboratoire. Cette méthode est décrite à l'Annexe 1. Une quantité donnée de sel est traitée à l'acide sulfurique concentré, provoquant une libération d'iode. L'iode libre est titré avec du thiosulfate de sodium, en utilisant de l'amidon comme indicateur. Le résultat du titrage donne une estimation quantitative exacte de la teneur en iode dans le sel. Cette méthode est préférable pour une vérification précise des lots de sel produits dans les usines et, en cas de contestation, pour régler les différends. L'équipement de laboratoire requis pour cette analyse n'est ni compliqué ni coûteux (environ 1 000 \$ au total) et on peut l'obtenir sous forme de trousse standard par l'intermédiaire de la Division des approvisionnements de l'UNICEF, Copenhague (voir Annexe 2).
- ii) *Trousses de tests sommaires* - Elles sont constituées de flacons de solution d'amidon (stabilisée) dont une seule goutte est placée dans le sel. L'intensité de la teinte de bleu qui se manifeste donne une indication de la teneur approximative en iode. Une seule ampoule de réactif (10 ml) suffira pour 80 à 100 tests. Une boîte de 3 ampoules coûte 0,40 \$. On trouvera des détails concernant ces trousse à l'Annexe 3.

Le rôle de chaque type d'analyse est comme suit :

- i) **Méthode de titrage** : Utilisée lorsqu'il est nécessaire de connaître avec grande précision la teneur en iode. On y a recours lorsqu'il y a un différend ou pour faire une recherche opérationnelle afin d'établir, par exemple, la concentration d'iode dans le sel à diverses étapes du système de distribution.
- ii) **Tests ponctuels** : On propose que cette méthode soit appliquée comme une routine, notamment au siège du programme dans chaque district. Ce test relèverait normalement de la responsabilité des inspecteurs de la santé dont les tâches normales comportent déjà le contrôle de la qualité des denrées alimentaires. Dès qu'un échantillon est en-dessous de la norme, on l'enverra à un laboratoire central pour contre-vérification. Le test pourrait également s'appliquer au terme de l'iodation du sel, juste avant l'emballage. On peut également y avoir recours pour contrôler les sacs de sel aux points d'importation dans le pays.

Ainsi, un système de contrôles réguliers du sel doit être instauré afin de vérifier périodiquement les niveaux d'iode à toutes les étapes du cycle - de la production à la consommation. La responsabilité globale du contrôle de la qualité à l'intérieur du pays devra incomber aux ministères concernés (Industrie, au niveau de la production; Santé, au niveau de la consommation). À la Table 10.1, nous donnons un résumé des critères que doit satisfaire un programme adéquat (sur la base des recommandations issues de la Consultation conjointe OMS/UNICEF/ ICCIDD). Voici ce que devrait être la procédure pour le contrôle de la teneur en iode du sel :

À l'usine : Les contrôles chez les fabricants sont les plus importants. Le producteur doit instaurer sa propre surveillance interne. On recommande des tests horaires en cours de production, préférablement par titrage dans un labo, ou du moins avec une trousse de tests sommaires capable d'une certaine sensibilité au changement de couleur. Il faut insister auprès des producteurs pour qu'ils engagent une personne spécifiquement préposée au contrôle de la qualité. La surveillance externe du contrôle de la qualité au niveau de la production doit être assurée par des fonctionnaires du gouvernement (ministère de la Santé ou Bureau des normes) pour justifier l'exactitude des dossiers du fabricant. Une fois par semaine (ou peut-être une fois par mois ultérieurement), des contrôles externes devraient être exercés de manière aléatoire et sans préavis. Si le sel n'est pas adéquatement iodé au niveau de la production, le lot tout entier devra être interdit de distribution et ré-iodé.

Au niveau du distributeur et du grossiste : Les principaux distributeurs devront être sensibilisés et on leur fournira des trousse de tests sommaires pour vérifier la présence d'iode dans le sel avant d'en autoriser la vente au détail. Il serait souhaitable de procéder à des contrôles réguliers à des intervalles de trois mois. Les départements de la santé dans les districts ou circonscriptions devront être avisés de toute défaillance.

Au niveau du consommateur : La responsabilité globale pour le contrôle de la qualité dans la périphérie, à l'intérieur du pays, devrait être impartie au ministère de la Santé par l'intermédiaire de son Département des soins de santé primaire, et plus particulièrement des départements de la santé dans les régions, provinces et districts, et des inspecteurs de la santé publique ou des infirmiers au niveau de chaque district (note : district désigne ici le plus petit échelon de l'administration auquel tous les principaux ministères sont représentés). Le but est de vérifier que des concentrations adéquates d'iode sont obtenues dans le sel, principalement au niveau du consommateur; et lorsque la teneur n'est pas adéquate à ce niveau, il faut remonter le circuit de distribution (commerce de détail et de gros) pour découvrir l'étape où se produisent des pertes d'iode éventuellement excessives.

Indicateur du processus	Critère de satisfaction
<p>A. Au niveau de l'usine</p> <p>1. Pourcentage du sel de catégorie alimentaire qui est censé être iodé</p> <p>2. Pourcentage du sel de catégorie alimentaire qui est effectivement iodé</p> <p>3. Caractère adéquat du processus de surveillance interne</p> <p>4. Caractère adéquat du processus de surveillance externe*</p>	<p>100 %</p> <p>≥90 %</p> <p>≥90 %</p> <p>10 à 12 vérifications mensuelles par producteur par an</p> <p>Mesures correctives systématiquement prises dans les 3 heures, dans 90 % des cas, selon la méthodologie d'assurance de la qualité des lots</p>
<p>B. Au niveau des districts et des consommateurs</p> <p>1. Pourcentage des sites de surveillance où le sel est adéquatement iodé</p> <p> i) ménages (ou écoles)</p> <p> ii) sièges de districts (y compris les principaux marchés)</p> <p>2. Caractère adéquat du processus de surveillance**</p>	<p>Adéquat dans 90 % des échantillons</p> <p>90 % ou plus</p>

**Surveillance effectuée dans 90 % des circonscriptions, dans chaque district, tant au niveau des ménages que des districts

Table 10.1 - Critères pour évaluer le caractère adéquat des programmes d'iodation du sel (source : Consultation conjointe OMS/UNICEF/ICCIDD sur les indicateurs pour la lutte contre les TCI)

Procédures

A. Au niveau de l'usine :

Pour les indicateurs A1 et A2 à la Table 10.1, on compilera une liste des producteurs ou importateurs individuels de sel destiné à la consommation humaine qui transforment plus de 500 tonnes par an et qui iodent effectivement tout le sel distribué selon les normes nationales.

Pour ce qui est des indicateurs A3 et A4, une surveillance adéquate comportera les deux mesures suivantes :

- i) importateurs et producteurs qui manutentionnent plus de 500 tonnes par an seront encouragés à se doter d'un système interne de surveillance et de tenue de dossiers que pourront examiner les inspecteurs de l'État; et
- ii) les inspecteurs prélèveront tous les mois un minimum d'échantillons de sel à l'usine ou au point d'importation et les soumettront à une analyse standard en laboratoire. Au moins un échantillon devra être prélevé par mois dans chaque usine et chez chaque importateur.

B. Au niveau de la collectivité et du district

Le contrôle des échantillons de sel au niveau du consommateur peut se baser sur les enquêtes dans les marchés, ménages ou écoles.

Les agents de santé publique (inspecteur de la santé ou infirmier) dans tous les districts du pays devraient, au terme d'une formation adéquate, recevoir pour instructions de se rendre une fois tous les six mois dans 10 villages isolés, d'inspecter 4 maisons dans chaque localité, et de tester sur place des échantillons en utilisant la trousse de tests sommaires. (Dans chaque village, quatre ménages à faible revenu sont sélectionnés, un par secteur, en traçant des lignes nord-sud et est-ouest pour départager le site.) Le district devrait être subdivisé en régions éloignées et non éloignées sur la base de critères de distance et d'accessibilité. Si l'on sait que les TCI sont plus endémiques dans une zone particulière du district, les tests devraient se concentrer sur des villages dans cette zone. Une nouvelle sélection de villages est faite tous les six mois. Les tests se feraient normalement dans ces villages à l'occasion d'une autre visite, ex. dans le cadre de programmes de vaccination. Advenant qu'il ne soit pas possible de procéder immédiatement ainsi dans tous les districts, on concentrera les efforts sur les régions où les TCI sévissent le plus et où l'on a des raisons de croire que plus de 10 % du sel fourni par de petits producteurs-importateurs (manutentionnant moins de 500 tonnes par an) échappe aux contrôles prévus en vertu des procédures indiquées à la Partie A.

Pour ce qui est de promouvoir la participation communautaire, il serait judicieux de se servir du véhicule qu'offrent les écoles primaires. Les enquêtes dans les écoles sont en outre plus faciles à structurer. Si l'on peut fournir des trouses aux maîtres d'écoles, on pourrait également les former à effectuer les tests dans les villages, lesquels auront été sélectionnés comme précédemment expliqué; les élèves pourraient apporter à l'école des échantillons de sel de chez eux. Pour ce qui est des écoles de 100 à 1 000 élèves, au moins 35 échantillons de sel devront être recueillis et testés; 4 échantillons à faible teneur en iode, ou plus, indiqueraient que plus de 20 % de la population consomme probablement du sel mal iodé.

Les tests au niveau des districts devraient être faits régulièrement, de préférence à l'arrivée de chaque nouveau stock de sel. Au moins 40 échantillons par 6 mois devraient être testés. Au niveau du consommateur, il y a certains avantages à ce que les contrôles soient exercés par des gens du pays du fait que cela engendrera des discussions et une prise de conscience plus vive, ce qui sert bien les fins de communication du programme.

C. Besoins additionnels de surveillance aux étapes intermédiaires

Si les contrôles au niveau du district révèlent régulièrement des teneurs inadéquates d'iode, des tests ponctuels devront être faits successivement à chacun des paliers supérieurs pour cerner l'étape où se produisent des pertes excessives d'iode.

Dans les grands pays, ou encore dans les situations où le transport implique de longs délais entre production et consommation, il est parfois nécessaire de contrôler régulièrement aux étapes intermédiaires (distributeurs et grossistes), ex. à trois intervalles mensuels, pour une rétroaction plus rapide et établir si la teneur en iode est adéquate à ces niveaux.

Suivi

Dès que l'on constate que la teneur en iode est régulièrement insuffisante, on doit décider des mesures à prendre pour remédier à la situation. Leur mise en oeuvre procédera comme suit :

i) Pour ce qui est des mesures pour réduire les pertes d'iode (ex. transport - stocks trop exposés aux éléments) :

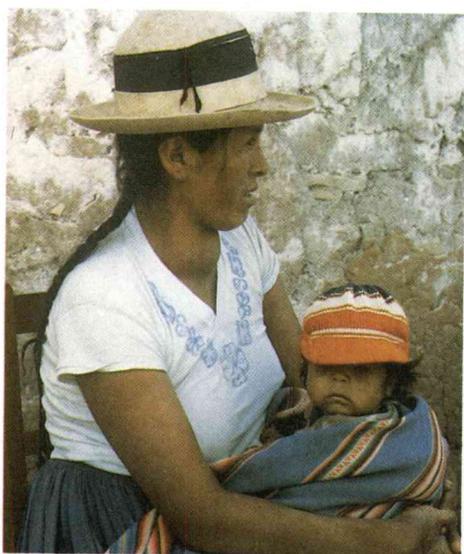
- réduire la durée du transport;
- réduire le contact avec la lumière/humidité;
- meilleur emballage;

ii) Augmenter la teneur en iode prescrite dans la loi.

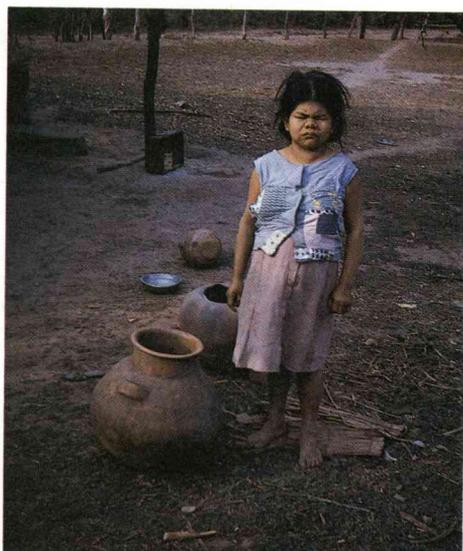
Administration

L'administration générale des mesures de surveillance du sel doit ainsi être confiée à une sorte de comité national de nature technique qui serait chargé de la lutte contre les TCI (ou à une entité équivalente). Ce comité aurait également à prendre en considération les constats des évaluations biologiques, surtout des analyses de l'iode dans les urines, sur la base d'un échantillon démographique adéquat, avant de proposer ou d'introduire des changements de teneur en iode.

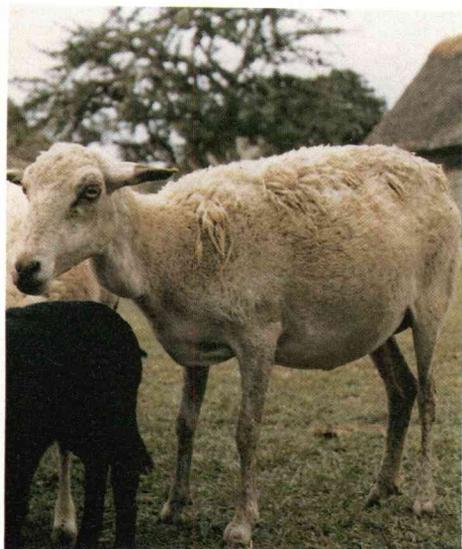
Étant donné le rôle capital que jouent le personnel de l'industrie dans la surveillance de l'iode en cours de production, et les inspecteurs de la santé pour ce qui est de l'iode qui subsiste dans le sel au niveau de la périphérie, il serait opportun de veiller à ce que ces intervenants clés soient adéquatement formés et motivés pour exercer les contrôles et assurer le suivi. L'industrie du sel ainsi que le service environnemental du ministère de la Santé devraient être représentés au Comité national de lutte contre les TCI.



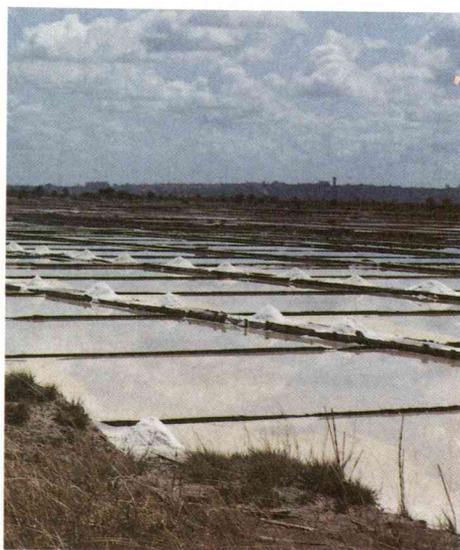
(Chapitre 1) - Femme et enfant en région déficitaire en iode. Son goitre résulte de la carence en iode; les enfants d'une telle mère risquent l'arriération mentale (photo D. Havron)



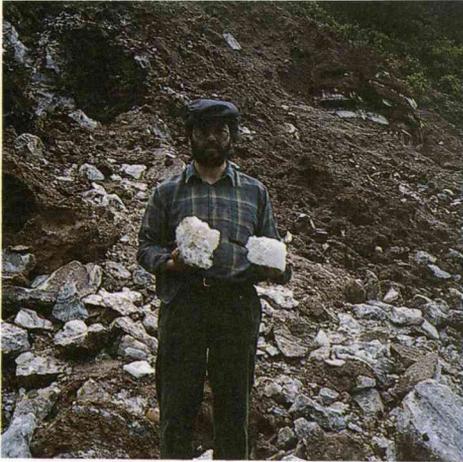
(Chapitre 1) - Adulte souffrant de crétinisme - région déficitaire en iode. Arriération mentale grave, surdité, très petite taille - indices classiques de sévère carence en iode durant la petite enfance (développement).



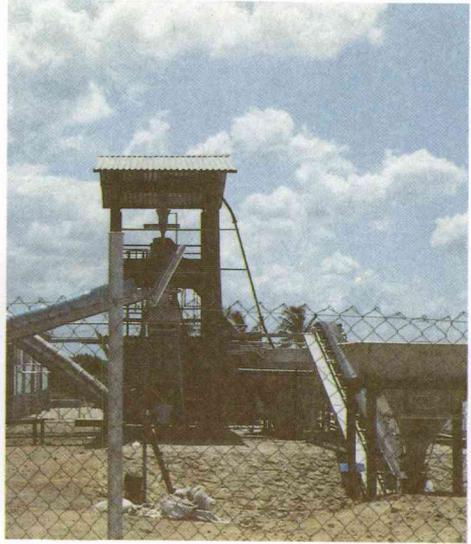
(Chapitre 17) - Mouton avec goitre en région déficitaire en iode. La carence animale a des conséquences analogues aux symptômes chez les humains et entrave la productivité agricole et l'économie rurale (photo E. Cabezas)



(Chapitre 5) - Production de sel dans un champ solaire. L'eau s'évapore de la solution de sel, et l'on récolte ensuite le sel séché.



(Chapitre 5) - Gros éclat de sel gemme dans une carrière.



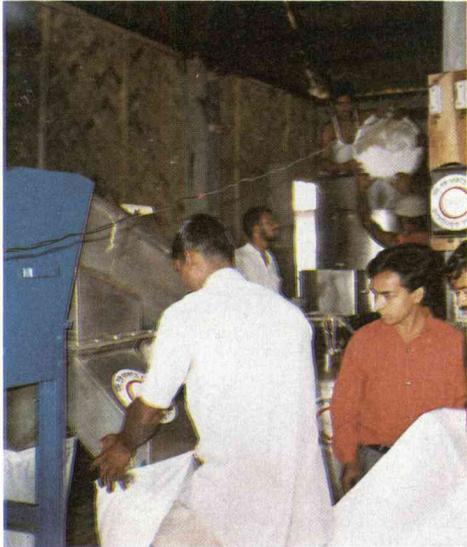
(Chapitre 6) - Raffinerie de sel (hydro-concassage).



(Chapitre 8) - Installation rudimentaire d'iodation du sel - méthode d'égouttage.



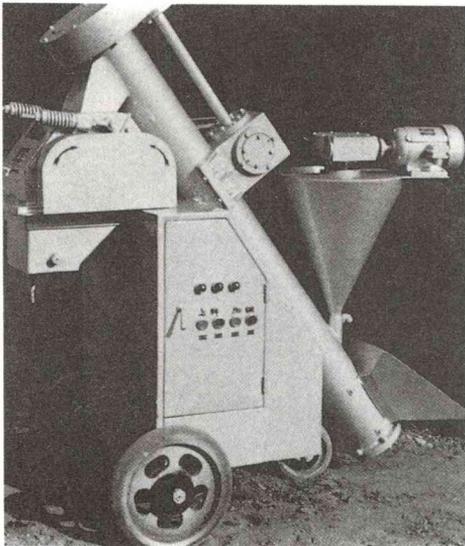
(Chapitre 8) - Intégration du procédé d'iodation dans une usine existante.



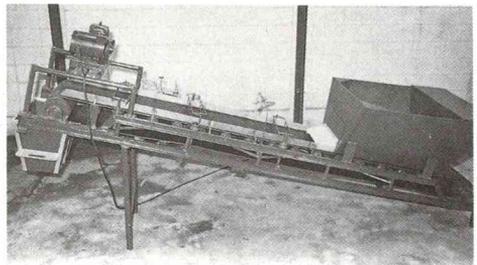
(Chapitre 8) - Installation stationnaire d'iodation exploitant la méthode d'aspersion-mélange en continu.



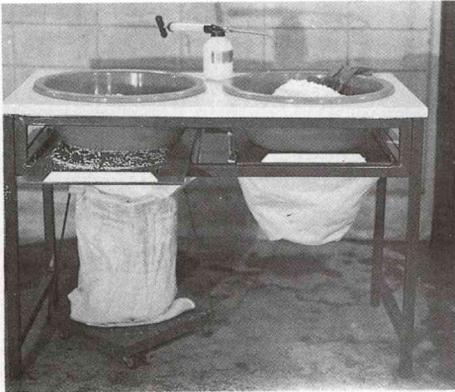
(Chapitre 8) - Unité mobile d'iodation par aspersion-mélange.



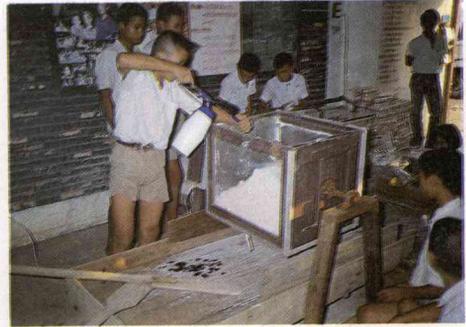
(Chapitre 8) - Petit dispositif rudimentaire et portatif d'iodation du sel.



(Chapitre 8) - Petite unité rudimentaire d'iodation du sel, type stationnaire, convient à une utilisation locale (photo : Romsai Suwanik).



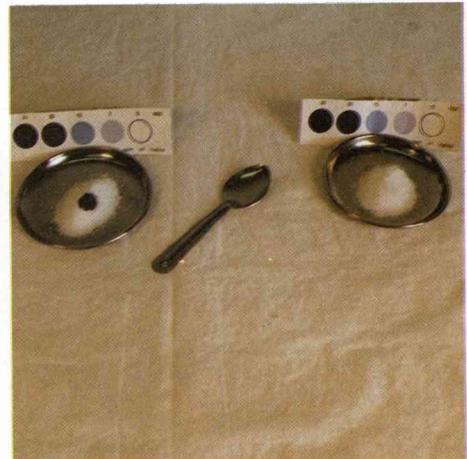
(Chapitre 8) - Appareil d'iodation entièrement manuel; aspersion à la main d'une solution d'iodate; utilisation locale (photo : Romsai Suwanik).



(Chapitre 8) - Iodation rudimentaire (école de village) avec aspersion manuelle de la solution d'iodate. Opération entièrement réalisée par des écoliers supervisés par le maître d'école; fournit du sel iodé à leur village.



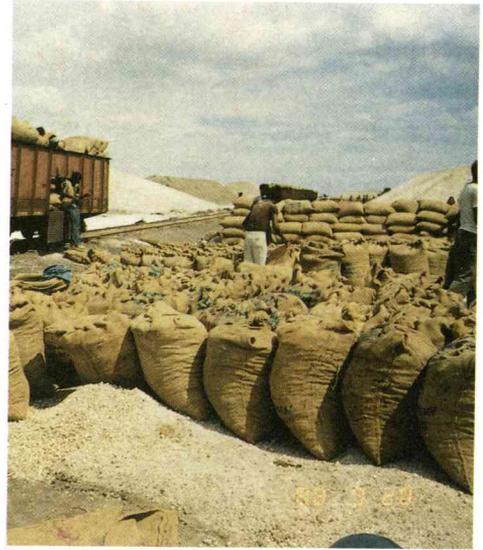
(Chapitre 10) - Équipement pour l'analyse en laboratoire de la teneur en iode du sel.



(Chapitre 10) - Résultats de tests avec la trousse de terrain. La tâche sombre dans le sel à droite révèle le contenu en iode, alors que le sel à gauche n'a donné aucune couleur, indiquant l'absence d'iode.



(Chapitre 11) - Machine d'emballage du sel.



(Chapitre 11) - Exemple de mauvais emballage et entreposage du sel. Dans de telles conditions, d'importantes pertes d'iode peuvent se produire.

11. EMBALLAGE, ENTREPOSAGE ET DISTRIBUTION DU SEL IODÉ

Emballage du sel

Le principal objectif de tout programme d'iodation du sel est de s'assurer que celui-ci contient la proportion recommandée d'iode au stade de la consommation. La rétention de l'iode dans le sel dépend du composé utilisé, du type d'emballage, de la mesure dans laquelle les sacs sont exposés aux éléments, et du laps de temps qui s'écoule entre iodation et consommation. Le sel iodé est souvent consommé dans des régions très éloignées des centres où il est produit et il importe de veiller à ce qu'il atteigne le consommateur alors qu'il possède toujours une teneur spécifique en iode. Étant donné que le sel est hygroscopique à des humidités relatives supérieures à 76 %, tout sel iodé mal emballé et transporté sur de longues distances alors qu'il fait humide, attire l'humidité et devient trempé, ce qui provoque la migration de l'iodate vers le fond du sac. Même lorsque l'humidité est inférieure à 76 %, le sel peut dégager de l'humidité de surface, et cela aussi peut entraîner une certaine perte d'iode. Si le sac est poreux, le composé d'iode peut couler de sorte qu'il ne restera que très peu ou pas du tout d'iode au moment de la consommation.

Pour éviter ces pertes, il faut prendre les précautions suivantes :

1. Le sel iodé doit être emballé dans des sacs étanches de polyéthylène haute densité (PEHD) ou de polypropylène (PP) (laminé ou non laminé) ou dans des sacs de jute doublés de PEBD (sacs de jute 1803 DW doublés d'une feuille de polyéthylène - jauge 150). Dans bien des pays, cela impliquera une transition massive par rapport aux matières d'emballage conventionnelles de paille ou de jute. Les coûts de l'adjonction d'une plus forte proportion d'iode - pour compenser les pertes dues à des matières d'emballage de qualité moindre - devront être comparés aux frais qu'entraînerait une transition vers des matières d'emballage plus coûteuses.
2. Les gros sacs (vrac) ne devront pas être d'un poids supérieur à 50 kg (conformément aux conventions de l'Organisation internationale du travail - OIT) pour éviter l'utilisation de crochets pour les soulever.
3. Les sacs déjà utilisés pour emballer d'autres articles comme engrais, ciment, substances chimiques, etc. ne devront pas être réutilisés pour emballer du sel iodé.
4. Le circuit de distribution devra être dynamisé afin de réduire le délai entre iodation et consommation.
5. Pour identifier son contenu à des fins de contrôle, chaque sac devra porter l'étiquette suivante (Table 11.1) :

SEL IODÉ

1. Nom du fabricant : _____
2. Mois/Année de fabrication : _____ Lot n° _____
3. Agent iodant : iodate / iodure de potassium
4. Teneur en iode : _____ mg/kg
5. Date d'expiration : _____
(12 mois à partir de la date de fabrication)
6. Poids net : _____ kg
7. Prix : _____ /sacs

Avvertissement : Conserver dans un lieu frais et sec

Table 11.1 - Étiquette pour les paquets/sacs de sel iodé

Équipement pour l'emballage

Emballage des gros sacs (vrac)

Les gros sacs (vrac) d'une capacité de 20 à 50 kg peuvent être remplis et emballés de deux manières :

- (i) *Manuellement* : Remplissage manuel suivi d'une couture faite avec une brocheuse tenue à la main et dotée d'un dispositif de suspension à ressort à boudin (coût approximatif : 2 500 \$ US).
- (ii) *Remplissage et brochage automatique* (Fig. 11.1) : Le sel iodé est transféré à une trémie par un tapis roulant. Des quantités déjà mesurées de sel sont versées de la trémie dans un sac, lequel est ensuite broché par machine (coût approximatif : 25 000 \$ US). Le sac se déplace sur un convoyeur horizontal à chaîne et à bec de sécurité (longueur de 2 à 2,5 m) qui est synchronisé avec la tête de brochage et un couteau à opération manuelle ainsi qu'avec un dispositif de contrôle à pédale. Le sac est introduit dans la tête de brochage qui se met alors automatiquement en marche, effectue le brochage, coupe le fil et s'arrête de nouveau en attendant le prochain sac.

Le sel emballé est ensuite déposé en entrepôt. Pour ce qui est de l'empilement et de la disposition des sacs, on peut procéder manuellement ou utiliser un chariot élévateur à fourche.

Emballage des paquets pour la vente au détail

Il y a une nette tendance à emballer le sel iodé dans des paquets de polyéthylène de 1/2 ou de 1 kg pour la vente au détail. Remplissage et fermeture étanche peuvent être faits de l'une des manières suivantes :

- (i) *Machine semi-automatique de remplissage et de fermeture étanche* (Fig. 11.2) : L'emballage peut comporter deux étapes :

- (a) trémie et bec de remplissage à pédale (coût approximatif : 5 000 \$ US); d'un coup de pédale, on obtient une pesée prédéterminée; capacité d'environ 10 à 15 paquets/min., soit 600 à 750 kg/h; et
- (b) machine de fermeture étanche des paquets, dotée d'une pédale à contrôle électrique (coût approximatif : 2 000 \$ US).
- (ii) *Machine automatique de remplissage et de fermeture étanche* (Fig. 11.3) : Comporte un dispositif d'alimentation volumétrique et un épaulement pour donner forme à la pellicule d'emballage, ainsi qu'un fût de remplissage dans lequel la pellicule de polyéthylène est pliée et scellée verticalement en forme de tube. Ce dispositif livre un volume spécifié par la machine. La pellicule, tirée vers le bas à la longueur voulue, est remplie de sel, puis le rebord supérieur est fermé hermétiquement. Ce même mouvement scelle aussi le fond du paquet suivant (encore vide). La taille du paquet peut être ajustée en cours d'opération. Les paquets pleins sont transportés sur un petit convoyeur vers une table d'emballage où ils sont disposés à la main dans des boîtes de carton. L'exactitude du remplissage est de +1 %. Capacité : 35 à 40 paquets/min., soit 2 à 2,5 tonnes/h. Coût : environ 20 000 \$.

Il importe absolument de prendre en considération la fluence (fluidité de dispersion) du matériel au moment de sélectionner la machine. La fluence du produit aura un impact sur la vitesse d'emballage, qu'il s'agisse de gros sacs (vrac), de petits paquets (vente au détail), du remplissage des boîtes de carton, etc.; et peu importe que le fonctionnement soit manuel ou automatique.

Distribution du sel

Selon la description que nous en avons déjà donnée, le sel est produit dans la plupart des pays par de nombreux petits fabricants et par une poignée de grands ou de moyens établissements, et il est transporté par toutes sortes de voies : routière, ferroviaire, maritime, fluviale, etc. Les sacs doivent être protégés de l'humidité, de la poussière et de la chaleur durant le transport. Les producteurs-raffineurs expédient le sel en vrac dans de gros sacs de 50 ou de 75 kg (ou cartons de 20 à 25 paquets de 1 kg ou de 1/2 kg) aux grossistes qui, à leur tour, le distribuent aux marchands.

Manutention, transport et entreposage du sel iodé : lignes directrices

1. Aux étapes d'entreposage, transport et vente, le sel iodé ne sera pas exposé à la pluie, à l'humidité excessive ou directement à la lumière du soleil.
2. Il ne sera transporté, entreposé et proposé à la vente que dans son contenant d'origine.
3. Les contenants seront entreposés uniquement dans des salles couvertes ou semi-sous-sols adéquatement aérés.
4. Le meilleur moyen d'empiler les contenants consiste à les disposer sur des palettes de bois à au moins 10 cm du sol et ils ne doivent pas être en contact direct avec les murs de l'entrepôt.
5. En manutentionnant les contenants on n'utilisera ni crochets ni instruments acérés.

6. Ils seront toujours convenablement empilés et séparés de tout sel non iodé; et l'on tiendra un registre des stocks portant numéro du lot et dates de réception et d'expédition.
7. Les contenants seront expédiés, distribués et vendus en stricte application du roulement chronologique des stocks.
8. Agents, distributeurs et détaillants devront coopérer avec toute personne officiellement désignée par l'État pour inspecter les stocks et prélever des échantillons; tout contenant ouvert pour prélèvement sera immédiatement refermé avec une brocheuse.
9. Agents, distributeurs et détaillants ne retireront jamais le sel iodé de son contenant d'origine à des fins d'entreposage, distribution ou vente.
10. Les consommateurs devraient être avisés de tenir le sel iodé à l'abri de l'humidité, de la chaleur et de la lumière du soleil.
12. Les contenants ne peuvent être entreposés dans une aire ouverte que pour être offerts à la vente au détail, et ils devraient rester couverts ou être refermés immédiatement par la suite.
13. Les marchands devront exposer de façon bien évidente les certificats d'approbation du gouvernement, les affiches promotionnelles et les placards publicitaires relatifs au sel iodé.

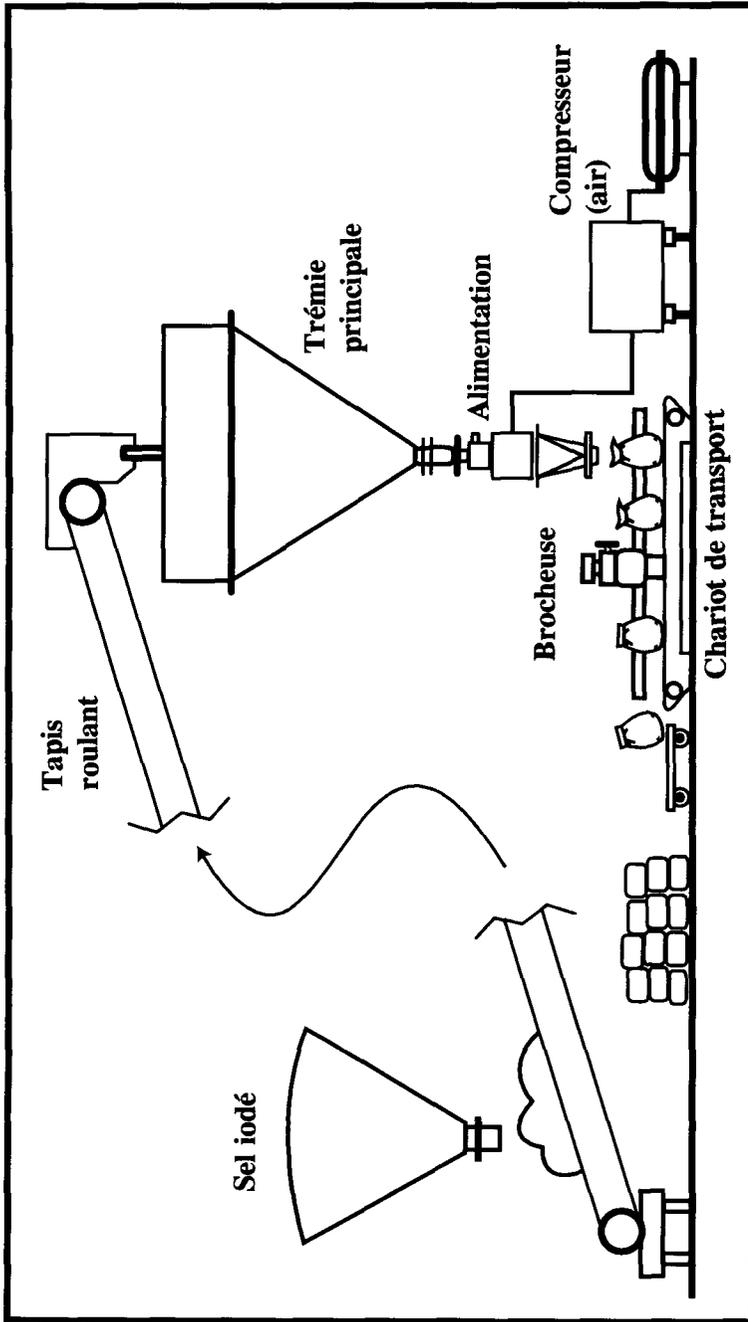


Fig. 11.1 Chaîne d'emballage des sacs de sel (vrac)

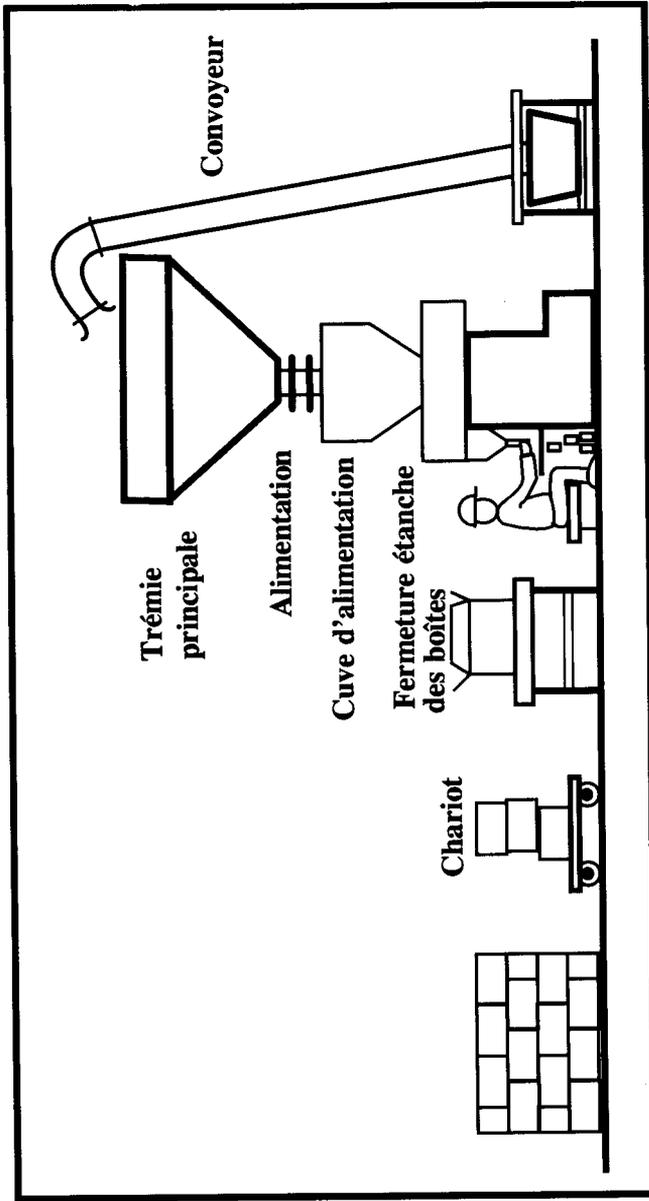


Fig. 11.2 Processus manuel d'emballage, remplissage et fermeture étanche des paquets (vente au détail)

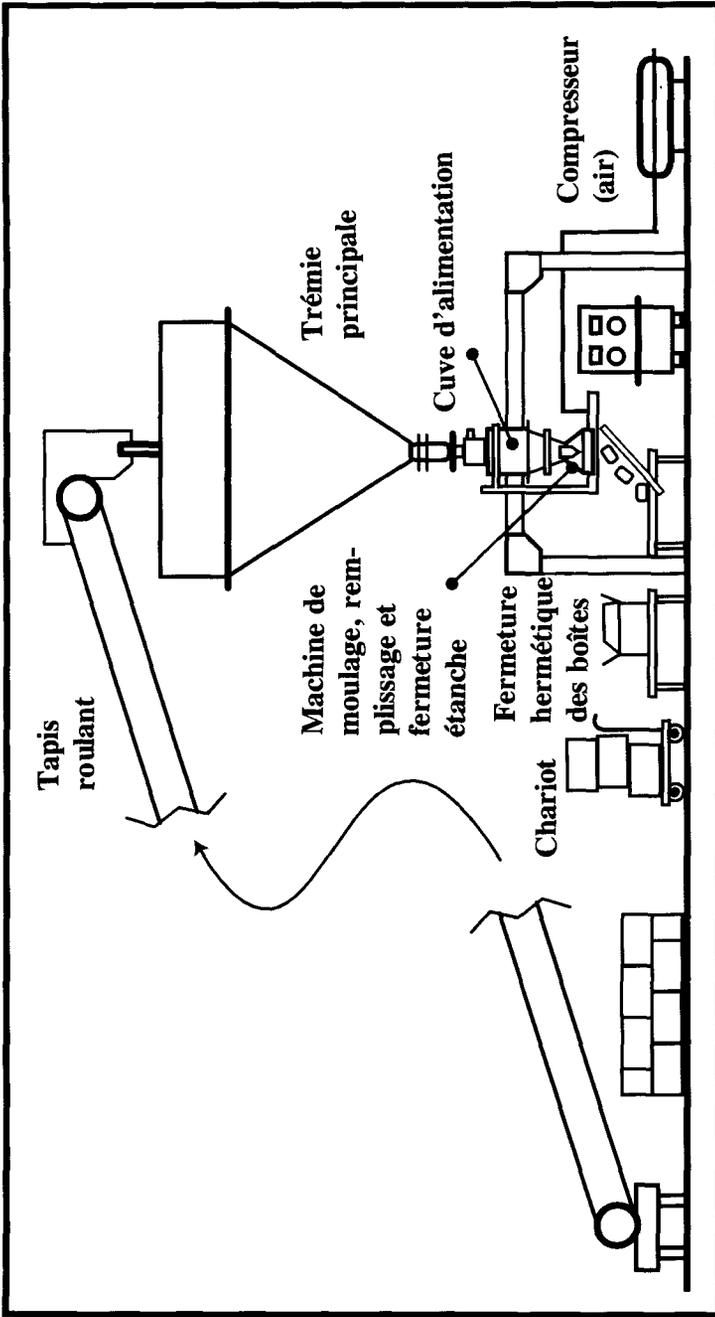


Fig. 11.3 Chaîne d'emballage automatique pour paquets de sel iodé
(vente au détail)

12. INVESTISSEMENTS ET COÛTS DE FONCTIONNEMENT D'UNE INSTALLATION D'IODATION DU SEL

Les investissements (capitaux) pour une installation d'iodation dépendront du type, de la capacité et du nombre d'unités qu'elle contiendra et, par conséquent, des dimensions de la structure nécessaire pour l'abriter ainsi que ses dépendances et les aires d'entreposage de sel brut et de sel iodé. Il est habituellement plus économique d'établir les installations de grande capacité dans des sites centralisés, de préférence à l'usine de production ou à proximité d'un important point de distribution. Les coûts d'investissement et de fonctionnement sont optimisés lorsque l'installation est située dans les entrepôts d'un champ (ou mine) de sel où les infrastructures existent déjà.

La structure elle-même représente une portion majeure du capital étant donné qu'il faut prévoir de l'espace pour entreposer sel brut et sel iodé, et pour loger dispositifs d'iodation, atelier, bureau et laboratoire. Dans la mesure du possible, il faudra donc exploiter des aires d'entreposage existantes. Par ailleurs, les dispositifs d'iodation portatifs pourraient fonctionner à l'extérieur durant la période sèche de l'année, à condition que le sel soit emballé immédiatement après iodation. La Table 12.1 résume la fourchette des coûts relatifs à plusieurs éléments du procédé. Quant à la Table 12.2, elle présente les investissements et coûts de fonctionnement pour une installation d'aspersion-mélange à fonctionnement en continu, d'une capacité de 20 000 tonnes par an, et construite sur un site tout neuf. Les estimations se fondent sur les coûts du matériel et des services dans plusieurs pays d'Asie et d'Afrique. Pour ce qui est de la Table 12.3, elle offre des estimations analogues, mais concernant une installation à fonctionnement par lots et d'une capacité de 4 000 tonnes par an.

Les coûts associés à l'iodation couvriront

- composés chimiques
- procédé de transformation
- administration
- coûts supplémentaires d'emballage, et
- amortissement de l'installation.

Coûts des composés chimiques - Dépendront du dosage d'iode choisi. Aux prix courants de l'iodate de potassium (8 \$/kg), chaque tranche de 10 mg/kg d'iode (16 mg/kg d'iodate de potassium) ajoute 0,13 \$ au prix de la tonne de sel. Par conséquent, pour une teneur en iode de 40 à 100 mg/kg, le coût correspondant pour les composés chimiques varierait entre 0,50 \$ et 1,30 \$ la tonne de sel, soit une moyenne de 0,90 \$.

Coûts de transformation - Couvrent : main-d'oeuvre, supervision, maintenance, pièces de rechange, énergie, substances chimiques et accessoires de laboratoire. Les estimations pour la main-d'oeuvre et supervision varient considérablement selon les salaires en vigueur localement, et il faut s'attendre à ce qu'ils se situent entre 2 \$ et 4,50 \$ la tonne. Maintenance et pièces de rechange pour une installation standard d'aspersion-mélange d'une capacité de 5 tonnes/heure coûtent de 0,20 \$ à 0,50 \$. Les coûts d'énergie varient de 10 à 20 cents selon que le sel doit être concassé avant iodation ou pas. Substances chimiques et accessoires de laboratoire (analyse) coûtent de 5 à 10 cents la tonne. Ainsi, le coût global de transformation varie entre 2,35 \$ et 5,50 \$, soit une moyenne de 4 \$. Si l'on utilise déjà des sacs doublés de PEHD ou de PEBD, il n'y aura pas d'augmentation des coûts d'emballage. Autrement, l'introduction de sacs de polyéthylène entraînera un accroissement de l'ordre de 4 \$ à 5 \$ la tonne.

On estime que **les frais généraux pour l'administration** représentent le tiers des coûts de main-d'oeuvre et de supervision; ils varient de 0,60 \$ à 1,50 \$, pour une moyenne de 1 \$.

L'amortissement comprend la «dépréciation» relative aux immobilisations et l'intérêt sur l'investissement en capitaux. Pour une installation dont les éléments critiques sont faits d'acier inoxydable, la durée de vie utile dans des conditions normales de service peut être établie sans difficulté à 10 ans, et celle des immeubles de «Classe I» à 30 ans. Si la totalité de l'investissement est obtenue sous forme de subvention, il n'y aura pas de frais d'intérêt. Autrement, ces frais pourraient compter pour 2 \$ la tonne sur un prêt commercial. Les charges d'amortissement varieront alors de 0,50 \$ à 2,50 \$ la tonne, pour une moyenne de 1,50 \$. La Table 12.1 donne un résumé des coûts estimatifs.

Ainsi, le coût total de l'iodation du sel varie entre 3,95 \$ et 14,80 \$ la tonne, pour une moyenne de 7,40 \$, en utilisant le mode d'emballage existant, ou 11,40 \$ avec un nouveau matériel d'emballage. Cela revient à entre 0,4 et 1,2 cent au kilo, soit de 1 à 6 cents par personne par an, sur la base d'une consommation annuelle dont l'estimation varierait de 3 à 5 kilos. Le prix au détail du sel en cristaux pour utilisation domestique varie entre 0,25 \$ et 1 \$ au kilo. À partir de ces estimations, on peut conclure que l'iodation augmente le prix de la vente au détail d'un facteur de 1 à 24 %.

Élément	Fourchette (\$US/TONNE)		Moyenne (\$US/TONNE)
Composé (Iodate de potassium)	0,50	1,30	0,90
Transformation	2,35	5,50	4,00
Matériel d'emballage	0,00	4,00	..
Frais généraux	0,60	1,50	1,00
Amortissement	0,50	2,50	1,50
Total	3,95	14,80	7,40

Table 12.1 - Éléments du coût de l'iodation

Type d'installation : Unité mobile de mélange-aspersion en continu
 Capacité : 5 tonnes/h (20 000 tonnes/an, 2 quarts/j. x 250 jours ouvrables/an)

A. Coûts en capitaux : \$ (US)

1. Installation comprenant : trémie d'alimentation, chambre d'aspersion, transporteur à vis, fûts (acier inox.), compresseur (air), conduites et pièces de rechange	15 000
2. Chariots manuels et balance	2 000
3. Équipement et produits chimiques de laboratoire	1 000
4. Transport, autorisations, expédition, installation, sous-traitance	5 000
5. Immeuble de 60 m x 20 m = 1200 m ² @ 300 \$ (US)/m ² , murs de brique avec toiture de feuilles de CA (ciment asphaltique), y compris clôture, éclairage, tuyauterie, drainage	360 000
6. Équipements de bureau et d'atelier	5 000

Investissement total en capitaux 388 000

B. Coûts de fonctionnement :

1. Coût des composés chimiques : 50 mg/kg de KIO ₃ , 1 000 kg @ 8 \$ (US)/kg	8 000
2. Coûts de transformation :	
a) Main-d'oeuvre et supervision	
Directeur 1 500 \$ (US)/mois	6 000
Chimistes de quart 2 300 \$ (US)/mois	7 200
Contremaîtres de quart 2 300 \$ (US)/mois	7 200
Préposés 8 150 \$ (US)/mois	14 400
Ouvriers 30 100 \$ (US)/mois	36 000
Gardiens 6 150 \$ (US)/mois	10 800
b) Maintenance, pièces de rechange et lubrifiants	
2 % sur immeubles et travaux d'ingénierie	3 600
5 % sur dispositif, équipement et accessoires de labo	900
c) Énergie (concassage et iodation);	
10 kW/h = 40 000 kW/h @ 0,10 \$ (US)	4 000
3. Frais généraux d'administration : 1/3 de 2(a)	27 200
4. Amortissement :	
3 % sur immeubles et travaux d'ingénierie	10 800
10 % sur dispositif et équipement	1 800
Coût total d'iodation de 20 000 tonnes de sel	<u>137 900</u>

Coût de l'iodation à la tonne = 6,90 \$

Table 12.2 - Coûts d'immobilisation et de fonctionnement pour une installation d'iodation du sel en continu

Type d'installation : Dispositif de mélange-aspersion par lots
 Capacité : 1 tonne/h (lots de 250 kg; 4 lots/h) = 4 000 tonnes/an (2 quarts/j; 250 jours ouvrables/an)

A. <u>Coûts en capitaux :</u>	\$ (US)
1. Dispositif constitué d'un malaxeur à rubans avec aspersion par le haut, fût (acier inox.), pompe à bras, tuyauterie et pièces de rechange	6 000
2. Chariots manuels et balance	1 500
3. Équipement de laboratoire et substances chimiques	750
4. Transport, installation, sous-traitance	2 500
5. Immeuble de 20 m x 12 m = 240 m ² @ 300 \$ (US)/m ² . Murs de brique avec toiture de feuilles de CA	72 000
6. Équipement de bureau et d'atelier	2 000
<u>Investissement total en capitaux</u>	<u>84 750</u>
B. <u>Coûts de fonctionnement :</u>	
1. Coût des composés : 50 mg/kg de KIO ₃ , 200 kg @ 8 \$ (US)/kg	1 600
2. Coût de transformation :	
a) Main-d'oeuvre et supervision	
Directeur-chimiste 1 400 \$ (US)/mois	4 800
Contremaître 1 300 \$ (US)/mois	3 600
Préposés 4 150 \$ (US)/mois	7 200
Ouvriers 10 100 \$ (US)/mois	12 000
Gardiens 3 150 \$ (US)/mois	5 400
b) Maintenance, pièces de rechange et lubrifiants	
1 % des immeubles et ouvrages d'ingénierie	720
5 % du dispositif, équipement et labo	413
c) Énergie/carburant :	
Coût de l'énergie - concassage et iodation	
5 kW/h = 20 000 kW/h @ 0,10 \$ (US) du kW/h	2 000
3. Frais généraux d'administration 1/3 de 2(a)	750
4. Amortissement :	
3 % sur immeuble et travaux d'ingénierie	2 160
10 % sur dispositif et équipement	825
	2 985
Coût total d'iodation pour 4 000 tonnes de sel	<u>41 468</u>

Coût de l'iodation à la tonne = 10,37 \$

Table 12.3 - Coûts d'immobilisation et de fonctionnement d'un dispositif d'iodation par lots

13. ANALYSE DE LA SITUATION DU SEL

Introduction et but

Chaque pays possède son propre modèle de production, distribution et consommation de sel. Pour réussir, un programme d'iodation doit pouvoir s'intégrer à ce système avec le moins de perturbation possible dans le but de fournir aux populations la ration requise d'iode. Tous les pays où la santé publique est menacée par un problème de TCI devraient tout d'abord procéder à une analyse de la situation du sel - les flux à partir des points de production-importation, en passant par les circuits de distribution, et jusqu'à la consommation au niveau des ménages - et établir une «cartographie du sel». La Fig. 13.1 illustre de cette façon la situation qui prévaut au Bangladesh.

Une première étape consisterait à préparer une liste des principaux producteurs-importateurs, recueillir les statistiques de production-importation-exportation, ainsi que toute information concernant la qualité du sel, emballage, formats des sacs, transport et entreposage, méthodes de marketing (commerce de détail), prix pratiqués, et consommation dans les ménages. Ces données devront être mises à jour périodiquement selon la situation du pays, ex. tous les deux ans. L'analyse devra également signaler les aspects du processus d'iodation qu'il faudra éventuellement contrôler.

Le sel est produit par évaporation solaire de l'eau de mer, de nappes salines ou de lacs saumâtres. Il est également extrait de gisements naturels souterrains - méthode à sec ou en solution (on dissout le sel avec de l'eau fraîche puis on fait évaporer la saumure). Le sel brut est parfois vendu directement sous forme de sel gemme ou bien il est raffiné-séché-pulvérisé avant d'être emballé. L'iodation est normalement intégrée à l'une des étapes de production-raffinage, de préférence à celle qui précède immédiatement l'emballage pour la vente au détail.

Les modèles de distribution varient eux aussi d'un pays à l'autre. Le sel passe par une série de paliers entre commerce de gros et vente au consommateur. Il est fréquent que le sel qui arrive en vrac dans de gros sacs de 50 ou 75 kg remonte à un palier dans le circuit de distribution où il est transvasé dans de petits paquets pour la vente au détail. Et il y a plusieurs exemples où le sel est directement vendu à la pesée à partir des gros sacs (vrac). La Fig. 13.2 illustre un système de distribution typique dans un pays donné.

Différents pays en sont à diverses étapes de planification et d'introduction de leur programme d'iodation du sel. En fonction du statut qu'il a au stade de planification de l'analyse de la situation, un programme d'iodation dans un pays (région) pourra être caractérisé ainsi :

- inexistant;
- existe mais nécessite d'importantes modifications;
- existe mais doit être renforcé; ou
- existe et fonctionne efficacement.

La méthodologie à adopter pour analyser la situation du sel dépendra du statut du programme d'iodation dans le pays. Les étapes à suivre dans différentes situations sont résumées à la Table 13.1. L'Annexe 1 présente l'information requise pour procéder à une analyse de la situation du sel.

Statut du programme d'iodation du sel	Action recommandée
A. Inexistant	L'analyse doit comporter une enquête sur la portée et la gravité du problème par région, une étude des modèles de production et de distribution du sel, et l'identification du meilleur point pour l'iodation. En fonction de ces données, on pourra dresser un programme de mise en application.
B. Existe mais requiert d'importantes modifications	On devra examiner les modèles de production, distribution et consommation du sel afin de cerner les goulots d'étranglement qui entraveraient la réussite des programmes de contrôle. La modification du programme peut comporter des mesures de soutien plus efficaces : contrôle de la qualité, publicité, encouragements, législation et pouvoirs exécutoires.
C. Existe mais doit être renforcé	Le programme doit être examiné périodiquement afin de s'assurer que son élan est maintenu. Pour éliminer définitivement la carence en iode, l'iodation du sel doit devenir partie intégrante du système de production et de distribution, et continuer sur sa lancée au terme d'une période initiale de soutien et de contrôles.
D. Existe et fonctionne bien	Contrôles périodiques de la teneur en iode aux sites de production et au niveau de la consommation.

Table 13.1 - Action recommandée pour différentes situations d'iodation du sel

14. STRATÉGIE D'ÉLABORATION D'UN PROGRAMME D'IODATION DU SEL

Les chapitres précédents ont offert une description de la technique d'iodation du sel. À présent, nous abordons l'intégration de sa technologie à un programme efficace de prophylaxie par l'iode. Tout examen des systèmes de production et de distribution du sel dans différents pays en développement révélera des contraintes et des modèles communs au plan de l'application des programmes d'iodation. Ces similitudes permettent de tracer quelques lignes directrices de nature générale pour le renforcement du programme et pour surmonter les contraintes, comme nous le décrivons ci-dessous :

1. Évaluation des conditions prévalantes

Une analyse de la situation du sel doit être faite pour établir le statut du programme et pour identifier les goulots d'étranglement ou les principaux secteurs qu'il faudra renforcer. Les procédures d'une telle évaluation ont été énoncées au chapitre précédent.

Selon une estimation de l'UNICEF, les quelque 90 pays en développement qui souffrent d'un problème de santé publique en matière de carence en iode peuvent être classés dans trois groupes selon leur principale source de sel et la facilité relative avec laquelle celui-ci pourrait être enrichi :

- i) Trente-cinq pays, nombre d'entre eux étant petits et enclavés, où il n'existe pratiquement pas de production locale et où presque tout le sel est donc importé - la stratégie idéale consistera à ioder le sel convenablement dans le pays d'origine. Comparés aux coûts d'emballage et de transport, les frais additionnels occasionnés par l'iodation devraient être faibles; et ils pourraient être absorbés par les consommateurs ou amortis grâce à une politique d'achat plus efficace et concurrentielle. Les coûts du programme concerneraient donc principalement les efforts de promotion du sel iodé et les contrôles.
- ii) Vingt-six pays où la majeure partie du sel est transformée et emballée dans un petit nombre de grosses raffineries modernes, ou bien dont le programme d'iodation universelle est déjà bien lancé. Dans ces pays, les coûts essentiels du programme serviront à la promotion du sel iodé et aux contrôles; et peut-être aussi au financement des équipements. Nombre de ces pays sont des exportateurs de sel, et lorsqu'on s'assure que tout le sel exporté est iodé, cela contribue à réduire les TCI dans les pays importateurs.
- iii) Trente pays où la majeure partie du sel est produite par un très grand nombre (des centaines ou même des milliers) de petites entreprises traditionnelles ou artisanales, sur une petite échelle. C'est dans ces pays là que l'iodation universelle sera particulièrement onéreuse en termes de difficulté et de coût. Les petits producteurs auront besoin d'être soutenus et encouragés à vendre leur sel par l'intermédiaire de raffineries «coopératives» ou d'installations d'iodation plus faciles à gérer convenablement et à contrôler.

2. Organisation de la production, iodation et distribution du sel

Dans la plupart des pays, les unités de production du sel sont concentrées autour de quelques zones, ordinairement fort éloignées des régions déficitaires en iode. Le sel est expédié des centres de production aux zones de consommation par différents moyens de transport. Les modèles de distribution sont complexes et erratiques, ce qui fait qu'il est difficile de réglementer un double marché de sel iodé et non iodé ou de réaliser concrètement un programme ciblé d'expédition de sel iodé uniquement vers les

régions endémiques. La seule solution à long terme, dans la plupart des cas, demeure l'iодation universelle (à l'échelle du pays tout entier) du sel destiné à la consommation humaine et animale.

Pour être efficace, un programme d'iодation doit bénéficier de la participation de tous les producteurs. Dans les pays où une industrie moderne assure déjà l'essentiel de l'approvisionnement, l'iодation est susceptible de se dérouler sans accrocs, selon des normes acceptables, et avec des augmentations de coûts qui ne seront que marginales. Dans bien des pays, le sel raffiné et convenablement emballé est déjà en train de devenir populaire pour toutes sortes de raisons. Cette tendance devra être encouragée et même accélérée. Dans les pays où le sel est toujours produit par une multitude d'entreprises artisanales, l'iодation - avec contrôles de qualité et supervision nécessaires - sera beaucoup plus difficile à introduire. Dans un tel cas de figure, il serait beaucoup plus efficace de promouvoir et d'appuyer la modernisation de l'industrie - de façon à ce qu'un nombre relativement restreint de gros producteurs ou raffineurs se fassent la concurrence et produisent du sel de bonne qualité et convenablement emballé - que de fournir des dispositifs d'iодation à des centaines de petites entreprises. Les petits producteurs pourraient être encouragés à se joindre à des coopératives opérant avec une raffinerie centrale qui se charge d'ioder et de distribuer leur produit. Quand cela n'est pas faisable, tout au moins l'iодation et le marketing du sel iодé pourraient se faire sur une base coopérative. Les petits producteurs devraient être inscrits et tenus de signaler périodiquement aux autorités compétentes les données pertinentes concernant leur exploitation aux fins des contrôles : importance et emplacement du site de production, quantités de sel produit et expédié, et circuits de distribution.

Un programme efficace d'iодation requiert des mesures adéquates de contrôle de la qualité du produit et de l'emballage afin de s'assurer que l'iode demeure dans le sel jusqu'à ce qu'il atteigne le consommateur. L'aide d'experts devrait être offerte aux responsables de la planification et de la modernisation de la production, tout comme une technologie adéquate pour faciliter l'iодation. Dans les régions où la production de sel occupe une place importante, les gouvernements devraient créer des stations expérimentales servant de modèle et où les petits exploitants pourront acquérir des méthodes de production adéquates à l'occasion de brefs stages dispensés par des instructeurs compétents. Les personnels des stations expérimentales pourront aussi rédiger en langue locale des manuels clairs et simples portant sur les méthodes de production, le contrôle de la qualité et les techniques d'iодation. L'objectif premier d'une telle station sera d'améliorer la qualité du sel produit par les petits exploitants de sorte qu'il se prête davantage à l'iодation. Chaque station expérimentale pourra également créer une installation modèle d'iодation par lots, de type rudimentaire, adaptée aux conditions locales, et elle pourra former les petits producteurs pour qu'ils sachent exploiter un tel dispositif et en assurer la maintenance.

Les producteurs ou raffineurs auront besoin d'être formés en matière de bonnes techniques d'application, de se procurer et de constituer des stocks d'iodate de potassium du type voulu, et ils devront tenir des registres accessibles aux inspecteurs du gouvernement.

3. Emplacement des sites d'iодation

Dans le cadre de la stratégie globale d'un programme de prophylaxie, il faut particulièrement veiller au mouvement du sel, du site de production ou d'importation jusqu'au consommateur. Il s'agit de déterminer les étapes où il serait pratique d'introduire l'iодation dans le système, tel qu'il existe, de la manière la moins onéreuse. Pour les pays producteurs, l'étape la plus indiquée pour l'iодation se situe immédiatement après la production ou le raffinage et juste avant l'emballage. Pour les pays importateurs qui font leur propre raffinage, cette étape se situe entre raffinage et emballage. Pour les pays

importateurs où il n'y a qu'un seul point d'entrée et un seul gros importateur, le meilleur site d'intervention est précisément le point d'entrée, où le sel est invariablement réemballé. Pour certains autres pays importateurs qui s'approvisionnent à une seule source et où les importateurs sont multiples, il est préférable de préciser que le sel sera iodé à la source et selon la teneur prescrite.

Il est parfois utile d'adopter des éléments de plusieurs stratégies. Il y a des avantages et des inconvénients à situer les installations d'iodation sur le site de production ou à proximité des zones de grande consommation. Dans le premier cas, le degré de manutention est négligeable mais les risques de perte en transit et en entreposage augmentent. Dans le deuxième cas, les pertes d'iode sont sans doute moindres mais les multiples étapes de manutention et d'entreposage risquent d'en faire un choix peu économique. Autre difficulté : ces installations situées près des centres de consommation, quel type d'entité en serait le propriétaire-exploitant, et qui accepterait d'assumer les frais additionnels de manutention? En général, on a tendance à préférer le site de production ou de raffinage pour que l'iodation se fasse juste avant l'empaquetage du sel. On a constaté que dans de bonnes conditions d'iodation et d'emballage, le sel conserve au moins 75 % de son iode même au bout de 9 mois d'entreposage. Une fois que l'iodation à la source est faite selon la teneur statutaire et que le sel est emballé convenablement, les chances sont bonnes que l'iode atteigne le consommateur aux doses prescrites.

4. Encouragements économiques et en matière de marketing

Une question qui vient immédiatement à l'esprit concernant l'iodation est de savoir si elle entraîne une augmentation du prix du sel, et de combien; doit-elle être subventionnée par le gouvernement, absorbée par le producteur-importateur ou répercutée sur le consommateur? La réponse dans le cas de chaque pays nécessite une analyse des étapes qui occasionnent une augmentation du coût, dont celles du raffinage, de l'iodation et de l'emballage.

Au Chapitre 12, nous présentions une estimation selon laquelle une tonne de sel iodé coûte de 0,50 \$ à 1,30 \$ rien que pour ce qui est de l'adjonction de l'iode; de 2,35 \$ à 5,50 \$ pour la transformation, et de 4 \$ à 5 \$ pour le matériel d'emballage. Ainsi, abstraction faite du coût du matériel d'emballage, l'iodation peut ajouter de 3,95 \$ à 14,80 \$ au prix de la tonne, soit de 4 à 12 cents au kilo de sel. Souvent les coûts sont déjà engagés à l'une quelconque de ces étapes, et il peut simplement s'agir d'ajouter l'iode au stade approprié. Ici il faut bien comprendre que le raffinage du sel (convertir le sel brut ou sel gemme en sel de grande pureté qui s'écoule librement) est un procédé coûteux indépendamment de l'iodation, et qu'il comporte aussi du matériel d'emballage qui coûte cher. Le raffinage du sel, bien qu'il soit souhaitable, n'est pas inclus dans les calculs que nous présentons ici.

Il faudra toujours quelques années pour parvenir à l'iodation universelle dans le cadre d'un programme de prophylaxie. En attendant que ce but soit atteint, les planificateurs des programmes sont confrontés à plusieurs difficultés. Les différences de prix ont tendance à chasser du marché le sel iodé qui est plus cher en faveur du sel non iodé moins coûteux. La sensibilisation nutritionnelle pour encourager les consommateurs à préférer le sel iodé est souvent lente à démarrer. Le problème se complique du fait que les consommateurs à risque élevé sont habituellement ceux qui vivent à la fois dans les pires conditions de misère et dans les régions les plus éloignées, où le prix du sel est le plus élevé, et où l'écart entre les prix est particulièrement étendu. Il s'agit souvent de gens qui n'ont aucune instruction et qu'il est le plus difficile de rejoindre avec des messages promotionnels.

La disponibilité simultanée du sel non iodé - moins cher - est probablement le problème le plus tenace auquel sont confrontés les programmes de prophylaxie dans les pays en développement, et cette situation exige des solutions efficaces et durables. Il s'agirait de subventionner directement ou indirectement le coût de l'iodation au stade de la production afin que le sel iodé trouve sa place sur le marché à un prix qui ne sera pas supérieur à celui du sel non iodé. Par conséquent, il est recommandé d'offrir des encouragements économiques aux producteurs de sel iodé pour garantir l'égalité des prix. Les incitatifs classiques consistent à offrir des prêts sans intérêt pour l'achat de l'équipement d'iodation, une provision gratuite d'iodate de potassium, une subvention à la transformation, et surtout au transport du sel iodé vers les régions éloignées, et l'exemption fiscale de l'iodate et de l'équipement d'iodation (taxes ou droits d'importation). Une fois que l'objectif d'iodation universelle est atteint et que seul le sel iodé subsiste sur le marché, les subventions peuvent alors être progressivement réduites, jusqu'à ce que les coûts supplémentaires occasionnés par l'iodation finissent par être intégralement répercutés sur le consommateur.

Le matériel d'emballage compte souvent pour une différence considérable dans les prix du sel. L'utilisation de sacs de plastique pour toutes les catégories de sel pourrait devenir obligatoire en vertu d'une législation et le coût supplémentaire serait répercuté sur le consommateur.

5. Mise en oeuvre des programmes

Le personnel national des programmes, bénéficiant le cas échéant de l'assistance technique d'organismes et d'experts internationaux, devrait définir des interventions spécifiques en vue d'accroître la portée et l'efficacité des programmes d'iodation du sel dans leur pays, et plus précisément en s'engageant dans les activités suivantes :

- A. Procéder à une analyse détaillée de la situation du sel et dresser un plan d'intégration du processus d'iodation dans le système de production de façon à s'assurer que tout le sel destiné à la consommation humaine et animale soit adéquatement iodé.
- B. Énoncer une stratégie de communication portant principalement sur une compréhension accrue du fait que les TCI en général et le goitre en particulier sont des désordres extrêmement répandus, et visant une sensibilisation croissante du fait qu'il est possible de prévenir ces affections par l'iodation du sel, et insistant enfin sur les vertus du sel iodé.
- C. Effectuer un examen initial de la législation existante et des structures juridiques en vigueur (normes alimentaires, statuts de santé publique et lois sur l'altération des aliments) en vue de déterminer le cadre réglementaire le plus approprié pour imposer l'iodation du sel. Sur la base de cette étude, il faudra émettre un décret, imposer une norme ou promulguer un règlement imposant l'iodation de tout sel destiné à la consommation humaine et animale. Une loi peut toujours être votée ultérieurement pour appuyer cette démarche.
- D. Préparer de façon détaillée un régime universel d'iodation du sel et préciser les installations et les actions requises par son application. Quelques problèmes qu'il faudra aborder :
 - type de réorganisation dont on aura besoin au niveau des producteurs et distributeurs;
 - nombre et types d'installations et d'accessoires d'iodation dont on aura besoin; coûts et sources d'approvisionnement;
 - sources d'énergie et nécessité de générateurs de secours;

- procédure d'acquisition et de distribution de l'iodate de potassium;
 - sources de financement pour les dispositifs d'iodation, l'iodate de potassium, le matériel d'emballage et autres coûts de fonctionnement.
- E. Dresser un plan d'acquisition et d'installation des équipements d'iodation et définir la formation technique nécessaire à son fonctionnement et à sa maintenance.
- F. Établir les procédures de contrôle de la qualité, le nombre d'inspections aléatoires dans les unités de production, et le nombre de vérifications requises pour le contrôle de la qualité interne. Établir une procédure de vérification de la qualité du sel au niveau du commerce de détail et des ménages. Préciser les interventions qui seront déclenchées advenant une non-conformité aux règlements.
- G. Promouvoir la sensibilisation du public, le soutien politique et le recours à des moyens commerciaux appropriés pour améliorer la distribution et la consommation du sel iodé et pour s'assurer que les approvisionnements sont réguliers et constants.
- H. Promulguer des lois édictant que tout le sel sera iodé. Offrir un soutien continu aux producteurs pendant une période suffisamment longue pour leur permettre de se conformer à la loi.

15. PARTICIPATION DE L'INDUSTRIE DU SEL DANS LA LUTTE CONTRE LES TCI

Au cours de cette dernière décennie, des groupes de consommateurs dans le monde entier ont réussi à provoquer un mouvement fort répandu de pressions sur l'industrie pour l'obliger à participer davantage à la recherche de solutions aux problèmes sociaux et environnementaux. La réaction de l'industrie a consisté à incorporer de telles considérations dans la culture d'entreprise. Vue de cette perspective là, la lutte contre les TCI offre à l'industrie du sel une occasion d'assurer ses profits et, simultanément, d'agir de façon socialement responsable à l'égard de la collectivité par l'enrichissement du sel produit et vendu.

Les programmes d'iodation du sel sont un exemple d'une industrie qui, jusque là, avait évolué dans un environnement essentiellement commercial et qui est à présent tenue par la loi de jouer un rôle majeur dans une intervention de santé publique. Pour qu'un programme national d'iodation du sel soit efficace et durable, il est capital pour le ministère de la Santé et pour l'industrie du sel de collaborer étroitement, et pour chaque partie de comprendre clairement et de reconnaître les points de vue, les préoccupations et les intérêts de l'autre.

L'industrie du sel devrait coopérer avec les gouvernements pour concevoir des actions concrètes destinées à accroître la portée et l'efficacité des programmes d'iodation dans les pays moins développés. Voici quelques-uns des secteurs précis où cette industrie peut contribuer à l'élimination des TCI :

■ **Sensibilisation** : L'industrie peut accroître la sensibilisation parmi ses propres membres, ses partenaires commerciaux et ses associés en ce qui concerne le problème de la carence en iode et le rôle clé qu'ils jouent dans son élimination. Cette prise de conscience peut contribuer à créer un climat de soutien sur deux fronts : l'aide publique au développement (APD); et l'assistance des donateurs privés. Les associations de l'industrie du sel devraient envisager la création d'un programme d'information qui insisterait sur le rôle avéré du sel iodé dans la lutte contre les TCI dans les pays industrialisés, sur le fait que les TCI persistent dans les pays en développement, et sur la nécessité d'une action et de ressources financières pour éliminer les TCI. Ce type d'information peut prendre la forme de communiqués périodiques, d'encarts commerciaux, de tribunes et de notices sur les paquets de sel, et elle pourrait représenter un soutien considérable aux campagnes de levées de fonds qu'organiseraient des associations de bénévoles comme les Kiwanis.

■ **Iodation du sel** : De plus en plus de pays qui importent du sel demanderont que celui-ci soit iodé. Lorsqu'un pays connu pour être affligé d'un problème de TCI demande à un grand producteur de lui livrer du sel de catégorie alimentaire qui n'est pas iodé, celui-ci devrait alerter l'acheteur en ce qui a trait à l'importance du sel iodé et à la possibilité pour le fournisseur d'offrir du sel iodé de qualité au même prix si possible. Cette information pourrait renforcer le message que le ministère de la Santé dans ce pays ne manquera pas de transmettre à l'industrie du sel locale.

■ **Identification du sel iodé** : Le commerce international du sel iodé bénéficierait énormément d'un logo qu'adopterait l'industrie et qui indiquerait que le sel satisfait les normes élémentaires internationales de qualité pour le sel iodé. Le même logo, mais avec une barre rouge au travers, pourrait servir à indiquer que le sel n'est pas iodé.

■ **Soutien technique** : Les membres de l'industrie du sel des pays industrialisés pourraient offrir le concours d'experts qui partiraient en mission pour de courtes périodes dans les pays qui éprouvent des besoins spécifiques au niveau de leurs programmes de production, raffinage, iodation et contrôle de la

qualité du sel. Un soutien technique pourrait également être apporté dans le cadre de brefs stages de formation. Lorsque cela est faisable et nécessaire, ils pourraient même inviter des techniciens des pays en développement à venir visiter leurs usines.

▪ **Soutien au développement** : L'industrie du sel pourrait accorder son soutien au développement et à l'expérimentation de nouvelles technologies appropriées (ex. innovations dans les machines de transformation et de manutention du sel, procédures de fabrication, de raffinage et de manutention, analyses économiques et financières, méthodes d'emballage nouvelles et rentables, communications et marketing, publicité, étiquetage et contrôle de la qualité). L'industrie pourrait contribuer au développement de technologies pour l'adjonction au sel de multiples autres nutriments comme agents d'enrichissement. Plusieurs pays sont intéressés tout au moins à un double enrichissement, soit à l'iode et au fer.

▪ **Normes et lignes directrices** : L'industrie du sel pourrait apporter son concours à la définition de normes de la qualité pour le sel iodé et de lignes directrices pour l'emballage, le transport et le stockage.

▪ **Dissémination de l'information** : Aux niveaux régional et mondial, les associations de l'industrie du sel pourraient agir à titre de répartiteurs pour la dissémination et l'échange d'informations techniques et scientifiques relatives à la production et à l'iodation du sel. Elles pourraient offrir davantage de renseignements sur les TCI et sur l'iodation du sel dans leurs lettres-circulaires.

▪ **Réseau international** : L'industrie pourrait envisager la création d'un réseau international qui rapprocherait les gros producteurs des pays industrialisés et les moyens et gros producteurs des pays touchés par les TCI pour des échanges d'information et d'expérience.

Parvenir à un régime véritablement universel d'iodation de **tout** le sel destiné à la consommation humaine et animale dans **tous** les pays du monde affligés par les TCI représente sans doute un objectif presque trop élevé. En effet, bien que de considérables progrès aient été enregistrés en matière de lancement et de dynamisation de programmes de lutte par l'iodation du sel dans plusieurs pays, des problèmes logistiques, des goulots d'étranglement et des contraintes au plan des ressources persistent toujours. L'industrie du sel dans les pays avancés a la capacité de jouer un rôle majeur au niveau mondial, à l'échelle régionale et dans les pays individuels, en termes de promotion pour recueillir des fonds, et de soutien technique.

16. CARACTÉRISTIQUES DES PROGRAMMES EFFICACES D'IODATION DU SEL

Bien que l'iodation du sel soit techniquement parlant un processus relativement simple, sa mise en application durable et à grande échelle nécessite des changements dans les sphères politiques, administratives, techniques et socio-culturelles. Quelques pays ont connu une certaine mesure de succès dans ce processus, mais d'autres se débattent encore depuis de longues années pour mettre sur pied des programmes efficaces. Les expériences dont on dispose dans les différents pays indiquent que certains problèmes clés influent sur le succès des programmes nationaux :

1. Soutiens politiques : Plusieurs programmes de santé et de nutrition se font la concurrence en sollicitant l'action prioritaire des décideurs politiques. L'un des facteurs importants qui ont réussi à engendrer la volonté politique nécessaire pour appuyer de sérieux efforts de lutte et de surveillance a consisté à sensibiliser l'opinion à un très fort degré quant à l'existence du problème et à l'efficacité extrêmement rapide de l'iodation du sel comme moyen de lutte contre ce fléau. Cette conscientisation a été créée par une évaluation suivie d'une diffusion de l'information épidémiologique concernant la prévalence des TCI et la signification des données, notamment au sein des plus hautes strates du monde politique et de l'administration publique. La promotion initiale du programme par convocation d'un congrès national de personnalités concernées et/ou par la publication d'une déclaration du chef de l'État a été extrêmement efficace dans plusieurs pays (Philippines et Chine). Les résolutions adoptées par des groupes régionaux comme l'Association de l'Asie du Sud pour la coopération régionale (SAARC), l'Association des Nations de l'Asie du (ANASE) et l'Organisation de l'unité africaine (OUA) en faveur de régimes universels d'iodation du sel ont également provoqué des mouvements efficaces.

2. Participation de multiples secteurs dans la planification et l'administration des programmes d'iodation du sel : Même si la responsabilité première en matière de lancement, de coordination et de surveillance d'un programme de lutte contre les TCI incombe principalement au secteur de la santé, sa planification et sa mise en oeuvre nécessitent la participation active d'autres secteurs comme l'industrie, le commerce, le plan, les transports, les législateurs, les gens en communication et les enseignants, afin d'introduire et d'intégrer le processus d'iodation dans le système de production et de distribution du sel. Dans des pays comme l'Inde, le Sri Lanka, le Bangladesh et le Népal, le secteur industriel a hérité du rôle de planification et de mise en oeuvre du programme d'iodation, avec le concours financier du secteur de la santé et son soutien sur le plan de la surveillance des impacts.

3. Gros efforts de promotion auprès des intérêts industriels et commerciaux : Étant donné que le secteur du sel est un acteur de premier plan dans le projet, il est absolument essentiel de l'avoir motivé au préalable et de s'être assuré de sa participation. Dans plusieurs pays, l'industrie du sel a besoin d'un appui technique, financier et en matière de marketing. Au Cameroun, par exemple, l'engagement de la seule grosse raffinerie du pays à l'égard du programme (elle répond à la quasi totalité de la demande nationale et à celle de trois ou quatre pays voisins) a permis de garantir l'iodation intégrale de tout le sel consommé dans l'ensemble de la région. L'appui soutenu que les petits producteurs en Bolivie accordent massivement à l'iodation du sel est un titre de gloire dont ils ne sont pas peu fiers. Organisés en coopératives, ils bénéficient régulièrement d'un soutien technique et d'ateliers de formation qui renforcent l'engagement à l'égard de l'objectif très ambitieux d'élimination totale des TCI. De même, l'Équateur a mis l'accent sur de bonnes relations avec les producteurs; l'administration se chargeant d'expliquer les buts de l'enrichissement du sel et d'instaurer des rencontres annuelles d'information et de motivation. La Bangladesh Small Industries Corporation, qui supervise l'iodation du sel dans ce pays, reste en contact constant avec les broyeurs de sel pour essayer de comprendre leurs problèmes et leurs besoins. En Inde, des ateliers spécialement destinés aux producteurs et aux négociants de sel sont régulièrement tenus pour

se tenir au courant de leurs problèmes. Le Commissaire au sel du ministère de l'Industrie dispose de plusieurs fonctionnaires qui se consacrent exclusivement au programme d'iodation. En Chine, un important projet bénéficiant du concours du PNUD et de l'UNICEF a récemment été lancé en vue de moderniser l'industrie du sel et de faciliter un programme efficace d'iodation.

4. Campagnes d'IEC (information, éducation, communication) conçues en fonction d'une approche de marketing social destinée à sensibiliser les consommateurs et générer la demande pour le sel iodé : En Équateur et en Bolivie, il a fallu convaincre les consommateurs ruraux, plus que quiconque, de l'importance de l'iode pour leur santé, étant donné qu'il leur fallait consacrer davantage de leurs maigres ressources pour payer le prix plus élevé du sel iodé. Une acceptation culturelle ancienne de la «normalité» du goitre en Bolivie, et l'absence totale de connaissances concernant les manifestations moins évidentes des TCI, étaient des obstacles qu'il fallait surmonter par des stratégies d'éducation. Le recours à une approche de marketing social renforce l'élément IEC en faisant porter les messages sur les perceptions et les attitudes des consommateurs. Dans chaque cas, le contenu des messages de sensibilisation se limite à quelques idées élémentaires. La communication concrète de ces messages emprunte une variété de médias, notamment : radio, télévision, formes dramatiques traditionnelles et counselling individuel. Le recours à de multiples éducateurs, enseignants, volontaires de la santé dans les villages, gens politiques locaux, tous formés par le personnel du programme de lutte contre les TCI, s'est avéré extrêmement efficace en Bolivie et en Équateur. Les campagnes IEC ont été d'un grand secours pour les programmes en Tanzanie et au Bangladesh, notamment.

5. Encouragements économiques et en matière de marketing : Dans la plupart des pays, l'iodate de potassium est fourni gratuitement aux producteurs, au moins pendant une période initiale de 3 à 5 ans. Par la suite, la subvention est progressivement retirée. En outre, le Brésil a fait don d'équipements d'iodation et il offre une assistance technique aux entreprises au niveau de la production et du contrôle de la qualité. La Bolivie garantit la vente du sel iodé une fois qu'il est produit. L'Inde offre des contingents prioritaires pour le transport du sel iodé par voie ferrée et elle intervient au niveau du marketing en interdisant progressivement l'entrée du sel non iodé dans les États endémiques. Le Bhoutan et l'Éthiopie fournissent même le matériel d'emballage gratuitement. Par comparaison avec la plupart des produits de consommation courants, les subventions pour l'enrichissement du sel sont modestes mais elles jouent un rôle critique durant la période initiale de promotion. Leur retrait doit se faire de façon progressive. Dans certains pays comme l'Indonésie et l'Inde, la fin abrupte de la subvention à l'iodate a eu un effet négatif sur les progrès de la campagne.

6. Surveillance des teneurs en iode dans le sel : De fréquentes vérifications des teneurs en iode aux sites de production, et périodiquement à des points intermédiaires dans le circuit de distribution, chez les marchands et dans les ménages, ont été l'une des caractéristiques des pays où les programmes ont réussi. L'Équateur et le Brésil échantillaient le sel sur une base hebdomadaire aux usines de production durant les phases initiales du programme d'enrichissement afin de détecter rapidement tout écart dans les niveaux d'iode et de prendre immédiatement des mesures correctives. Le Bhoutan a mis au point un régime de contrôles et de rapports systématiques pour l'iode aux niveaux de la production, de la distribution et de la consommation. Les rapports étaient examinés par les autorités centrales tous les mois et des mesures correctives étaient prises dès que nécessaire. En outre, il est parfois utile d'obtenir la participation d'autres secteurs - ONG, organisations bénévoles et écoles - en matière de surveillance du sel, ce qui comporte l'utilisation d'une trousse de terrain peu coûteuse pour tester le sel. Cela contribue à sensibiliser la collectivité et à obtenir sa participation.

7. Législation et pouvoirs exécutoires : Grâce à une législation appropriée, la Bolivie et le Brésil ont passablement réussi à empêcher la consommation par les populations rurales de sel non enrichi et meilleur marché destiné aux bestiaux, tout en s'assurant que le bétail dans les régions déficitaires en iode obtiendra une ration adéquate. Les pouvoirs exécutoires nécessaires à l'application des règlements se sont avérés critiques pour garantir la qualité du sel iodé, surtout dans des pays comme la Bolivie, où les petits producteurs sont très nombreux. Dès qu'il est identifié par les inspecteurs, le sel non iodé est confisqué ou détruit. En Équateur, le contrôle de la qualité est assuré par des sanctions judiciaires qui prendront la forme d'amendes et de publication dans les journaux des noms de marques qui ne se conforment pas à la loi. Pendant bien des années au Kenya, le sel non iodé était toléré sur le marché à condition qu'il porte la mention «ce produit est privé d'un nutriment nécessaire». Depuis 1988, cette tolérance juridique a disparue.

8. Assistance financière et technique des donateurs externes : Cette assistance a été cruciale pour le succès des efforts de lancement, et parfois même subséquents, de l'iodation du sel dans de nombreux pays. Dans presque tous les pays en développement, le financement international a permis de créer des programmes de lutte contre les TCI qui ont mis en oeuvre l'iodation du sel. Le développement des activités d'iodation a bénéficié de consultations techniques externes et de stages de formation internationaux offerts au personnel technique local participant à toutes les phases de l'enrichissement du sel. Tout aussi important durant une certaine phase initiale, le soutien financier externe a permis d'importer équipements d'iodation, accessoires de contrôle de la qualité, et iode. Les organismes internationaux ont également joué un rôle clé de coordination entre les différents secteurs.

9. Surveillance du programme : Les systèmes devraient être opérationnels dès le début du programme d'iodation, avec une capacité d'analyser rapidement et disséminer les données afin d'informer les gestionnaires de toutes décisions concernant des modifications en cours de programme et d'éventuelles mesures correctives aux sites de production. L'Équateur et le Bhoutan analysent leurs données cumulatives d'échantillonnage du sel à des intervalles réguliers et communiquent les résultats aux personnes intéressées parmi les représentants de l'industrie et au sein du personnel de la santé.

10. La question de leadership : En Bolivie et en Équateur, certains individus ont joué un rôle méritoire sur le plan du leadership, ce qui a assuré le progrès des programmes d'enrichissement du sel. Leur persévérance durant les premières années d'inaction gouvernementale ainsi que leur disposition à participer à des activités du programme au niveau local ont caractérisé les meilleurs des éléments administratifs du programme national dans les deux pays.

11. Coopération régionale : Une stratégie régionale innovatrice a été adoptée pour certains pays d'Afrique sub-saharienne afin de s'assurer que tout le sel destiné à la consommation humaine et animale est iodé à la source. Les producteurs et importateurs de sel de 9 pays d'Afrique australe et centrale se sont réunis en avril 1992 pour définir une stratégie régionale afin de garantir que tout le sel destiné à la consommation humaine et animale est uniformément iodé. D'autres rencontres analogues ont eu lieu en octobre 1992 (pays d'Afrique occidentale et centrale) et en octobre 1993 (Amérique centrale).

17. SEL IODÉ POUR LA CONSOMMATION ANIMALE

On se rend bien compte à présent que les troubles de la carence en iode (TCI) représentent un problème majeur de santé publique dans le monde, touchant énormément de gens dans plus de 110 pays, avec une population à risque de près de 1,6 milliard de personnes. Ce que l'on sait moins bien, c'est la sévérité des effets de la carence en iode sur les animaux. Les animaux de la ferme partagent avec les êtres humains le risque de la carence à toutes les étapes de leur croissance et de leur développement, de la conception à la performance physique.

La défaillance reproductive est souvent la manifestation la plus flagrante de la carence en iode et des entraves à l'activité thyroïdienne qui en sont la conséquence chez les animaux de la ferme. La mise à bas d'animaux faibles, morts-nés, ou sans pelage, chez les bêtes reproductrices a été constatée depuis longtemps dans les zones où sévit le goitre. Le développement du fœtus peut s'interrompre à n'importe quelle étape, débouchant sur la mort précoce de l'embryon et sa résorption, avortements, naissance d'individus morts-nés, ou naissance vive d'animaux faibles.

Dans les pays avancés, les suppléments en iode ont considérablement réduit l'incidence des TCI parmi les animaux autant que chez les humains. Par exemple, les rapports révèlent qu'avant l'introduction au Montana (É.-U.) de fourrage enrichi à l'iode, la carence occasionnait des pertes annuelles de centaines de milliers de cochons. Les registres d'autres régions montrent que de sérieuses pertes se produisaient dans les industries ovine et bovine.

Le sel est le principal véhicule de suppléments en iode pour les animaux de la ferme. On peut incorporer l'iode dans le sel, dans une mixture de minéraux ou dans des concentrés de fourrage. En ce qui concerne les animaux brouteurs dans certaines parties inaccessibles du monde, des blocs de sel iodé sont largués par avion. Des sels iodés à l'iodure et à l'iodate sont tout aussi disponibles pour le bétail. Le DIED (dihydro-iodure d'éthylène-diamine) est un iodure organique utilisé à des doses relativement élevées pour traiter le piétin, l'actinomycose cervico-faciale et autres affections.

Teneurs en iode dans le sel pour les animaux

Dans les pays avancés, il existe toute une gamme de préparations de sel enrichi d'oligo-éléments qui conviennent spécifiquement à chaque variété de bétail et de volaille. Pour les bovins, les sels de ce type ont normalement une teneur en iode de 70 à 80 mg/kg. Dans les pays en développement, l'élevage sur un modèle structuré est une industrie qui prend de l'ampleur mais qui est encore restreinte. Le fermier achète ordinairement un seul type de sel au marché pour son bétail aussi bien que pour sa famille.

Des estimations de teneurs en iode dans le sel sont présentées pour différents animaux à la Table 17.1, indiquant un vaste éventail qui s'étale de 30 à 400 mg/kg. À titre d'approximation, si la teneur en iode du sel est d'au moins 20 mg/kg au niveau du consommateur, cela garantira la ration minimale quotidienne pour bien des animaux domestiques. Cependant, si certaines catégories spéciales comme bovins et ovins continuent à exhiber des symptômes de carence en iode, il faut alors songer à enrichir encore plus leur fourrage ou leur fournir davantage d'iode à partir d'autres sources. Il ne semble pas y avoir de risque de toxicité pour aucune des catégories d'animaux, même lorsque le sel dont on les nourrit a des teneurs en iode de plus de 200 mg/kg.

Catégorie de bêtes	Ration d'iode (mg/kg) dans l'alimentation	Consommation de sel (kg/an)	Teneur en iode requise dans le sel (mg/kg)
Cochons	0,14	4,1	28
Bétail à viande	0,2 - 2,0	10	40 - 400
Bétail laitier	0,25 - 0,5	24,3	50 - 100
Chevaux	0,1	10,9	20
Moutons	0,1 - 0,8	4,1	20 - 160
Chèvres	0,15 - 0,8	4 - 8	30 - 240
Volaille	0,3 - 0,4	0,2	120 - 160

Table 17.1 - Rations d'iode pour les bêtes

Implications du programme universel d'iodation du sel

Un effort mondial est actuellement en cours pour éliminer la carence en iode chez les êtres humains au moyen d'un régime universel d'iodation du sel. Un objectif de mi-décennie pour l'iodation universelle a été défini pour la fin 1995. Des programmes d'iodation sont déjà en voie d'exécution dans plus d'une soixantaine de pays. Pour assurer leur efficacité, tout le sel destiné à la consommation humaine ou animale devrait être iodé. On ne peut se permettre d'ioder uniquement le sel destiné aux humains de peur que, par souci d'économie, les moins nantis s'approvisionnent en sel non iodé destiné aux bêtes, étant donné qu'il est meilleur marché. Par conséquent, la coexistence des deux types de sel sur le marché pose un problème de taille pour les organismes chargés d'appliquer la loi car ils ne peuvent pas prendre de sanctions contre les marchands qui vendent du sel non iodé destiné en principe à la consommation animale.

Ainsi, toute législation relative à l'iodation du sel destiné aux humains devrait également couvrir le sel vendu pour le bétail. Une telle mesure serait doublement utile puisque les bêtes recevraient un supplément d'iode et que cela permettrait également de s'assurer qu'une seule variété de sel - iodé - existe sur le marché. Les campagnes publicitaires et de promotion devraient insister sur la nécessité de l'iode pour les animaux et souligner les avantages que cela comporte pour les bêtes.

Dans bien des pays, il est extrêmement difficile d'avoir des catégories distinctes de sel iodé pour les animaux. Par conséquent, il sera nécessaire d'exercer des contrôles spécifiques relativement aux différentes rations d'iode requises selon le type d'animal et d'établir si certaines espèces auront besoin de suppléments additionnels dans le fourrage.

18. PROMOUVOIR LE SEL IODÉ ET STIMULER LA DEMANDE

Advenant qu'un pays s'est donné pour cible d'ioder universellement tout le sel alimentaire, et en supposant aussi qu'il s'est doté de systèmes efficaces de distribution, de contrôle et d'application exécutoire, lesquels sont soutenus par une législation adéquate, il demeure que la mise en oeuvre d'un programme ne peut se réaliser que sur une certaine période de temps. Bien des pays ont en effet de multiples sources de sel, des centaines de petits producteurs éparpillés et des modèles de distribution qui varient. En outre, dans certains pays en développement, la stricte application des lois et du contrôle de la qualité pose un problème majeur. Durant la phase intérimaire cruciale, lorsque le sel iodé (produit neuf dont les marchands s'empresseront de majorer le prix) et le sel non iodé (denrée traditionnelle abordable) coexistent sur le marché, la sensibilisation et la communication à tous les niveaux devront venir renforcer la dynamique de l'offre en stimulant une dynamique correspondante au niveau de la demande pour le sel iodé. Des consommateurs avertis et motivés qui insistent pour obtenir du sel iodé représentent nécessairement une force que les marchands et les fabricants ne peuvent ignorer et qui les obligera à réagir en assurant un approvisionnement constant et ininterrompu en sel iodé. Inversement, les consommateurs non avertis résisteront au changement et pourraient devenir un obstacle majeur au programme en faisant circuler des rumeurs sans fondement contre le sel iodé.

Dans certains quartiers, des tas de gens bien intentionnés estiment qu'il serait correct d'agir subrepticement lorsque l'intention est bonne. Leur raisonnement est le suivant : si des interventions en matière de santé peuvent tout simplement être imposées aux populations, pourquoi ne pas ajouter de l'iode à tout le sel disponible? Étant donné que tout le monde consomme du sel, les TCI disparaîtraient à brève échéance. Selon eux, à l'exception des professionnels de la santé, personne n'a besoin de savoir quoi que ce soit au sujet des TCI ou de la nécessité de s'attaquer à ce problème, et l'on ferait ainsi l'économie - coûts et efforts - d'un programme de sensibilisation des consommateurs.

L'expérience vécue dans plusieurs pays montre cependant que les programmes ont souvent piétiné ou totalement échoué à cause d'un manque de sensibilisation à tous les niveaux et d'une coordination inadéquate parmi les organismes chargés de l'appliquer. Cette absence de sensibilisation existerait non seulement parmi ceux qui sont affligés par les TCI, mais aussi dans les professions médicales, chez les travailleurs de la santé et, pire encore, parmi les législateurs et grands décideurs qui définissent les politiques et programmes et sont responsables des allocations budgétaires destinées à diverses activités qui se disputent les mêmes maigres ressources. Cette situation souligne le rôle crucial de la communication comme élément d'un programme de lutte contre les TCI si l'on désire que ces intervenants de premier plan comprennent parfaitement l'objectif et lui accordent leur appui. Par conséquent, cet élément IEC (information, éducation et communication) doit faire partie intégrante du programme dès le début. La communication comportera ce qui suit :

- (i) exposés aux grands responsables des politiques pour s'assurer d'un engagement national continu et d'appuis budgétaires soutenus;
- (ii) communications avec les professionnels de la santé publique, les fonctionnaires à tous les paliers du gouvernement, et les représentants de l'industrie du sel, pour obtenir d'eux compréhension et soutien;
- (iii) recherches en communication au sein des collectivités afin de se faire une idée de leurs connaissances, attitudes et habitudes (CAH) à l'égard du problème des TCI, des solutions et de l'utilisation du sel iodé;

- (iv) recherches en communication parmi les fabricants et négociants de sel iodé afin de comprendre leurs CAH à l'égard des TCI, du sel iodé, et des dimensions économiques et logistiques du négoce du sel; et
- (v) diffusion de messages efficaces, par voies appropriées, ciblant des collectivités précises afin de les éduquer et les motiver pour qu'ils acceptent le nouveau produit et qu'ils modifient leurs comportements en ce qui concerne achat, stockage, utilisation et consommation du sel, dans le but de réaliser les objectifs du programme.

La stratégie de communication découle de la stratégie du programme, et elle est déterminée par certaines décisions sur lesquelles se fonde le programme de lutte contre les TCI, notamment :

- i) l'iodation de tout le sel dans le pays;
- ii) cibler les zones endémiques comme destination du sel iodé;
- iii) fournir de l'huile iodée exclusivement aux zones endémiques; ou
- iv) utiliser à la fois de l'huile et du sel de façon progressive.

Cette stratégie de communication dépendra également de la portée des médias de masse existants et de la disponibilité des autres canaux de communication au niveau communautaire. La sensibilisation et les habitudes des gens à l'égard du goitre, du crétinisme, et de la consommation de sel devront faire l'objet d'une attention spéciale. La planification des communications doit aller de pair avec la planification du programme. La Table 18.1 énumère les différents auditoires cibles ainsi que les éventuels médias ou matières nécessaires pour les rejoindre.

Aujourd'hui, la locution «marketing social» est utilisée de plus en plus dans le domaine de la santé. Fondamentalement, elle désigne l'application des techniques du marketing commercial pour parvenir à l'objectif social. Les communicateurs dans les domaines de la santé et du social ont pu constater l'énorme succès des techniques de création de la demande en matière de produits de consommation, même lorsqu'il s'agit de produits qui sont incompatibles avec les besoins individuels ou communautaires. Et bien que les objectifs primordiaux du marketing commercial et du marketing social diffèrent parfois de façon très marquée, les techniques utilisées dans un cas comme dans l'autre sont de plus en plus analogues. Le marketing social de la lutte contre les TCI doit devenir un effort collectif auquel participeront les professions médicales et les travailleurs de la santé de concert avec des spécialistes en gestion du marketing et en communication.

Auditoire cible	Objectif de communication	Média éventuel
Décideurs	Obtenir des soutiens pour le programme de lutte contre les TCI ainsi que des engagements budgétaires	Films, matières audiovisuelles, présentations d'experts, séminaires nationaux
Ceux qui influencent l'opinion (notables dans les villages, chefs religieux, militants politiques, enseignants, travailleurs de la santé)	Les motiver pour qu'ils participent davantage en essayant de convaincre d'autres d'accepter le programme	Films, matières audiovisuelles, communications interpersonnelles, interviews à la radio ou à la télé, communiqués de presse, publipostages, etc.
Planificateurs et exécuteurs de programmes, professions médicales, industrie du sel	Veiller à ce qu'ils comprennent le programme, obtenir leur appui et leur participation pour qu'ils transmettent leurs compétences	Ateliers, séminaires, journaux professionnels, stages de formation, manuels, etc.
Consommateurs (le public)	Créer une demande pour le sel iodé et une acceptation durable.	Médias de masse (journaux, radio, télé, cinéma), médias populaires traditionnels, communications interpersonnelles, écoles, églises, partis politiques.

Table 18.1 - Auditoires cibles et éventuels médias et matières pour les rejoindre

19. LÉGISLATION

Dans le cas de la plupart des pays en développement, un programme efficace d'iodation du sel doit pouvoir reposer sur de solides assises législatives. La loi doit spécifiquement couvrir les exigences suivantes :

- 1) Iodation obligatoire du sel à un niveau que devront déterminer les autorités de la santé publique dans chaque pays.
- 2) Application de la mesure à tout le sel produit, importé ou commercialisé dans le pays, destiné à la consommation humaine ou animale.
- 3) La loi peut préciser le type, la qualité, et la quantité du composé d'iode à ajouter, les contingents de production-importation et de distribution-consommation, ou laisser ces détails à des statuts connexes que se chargera d'appliquer une administration gouvernementale, ordinairement le ministère de la Santé; l'avantage des statuts connexes réside dans la souplesse de la réaction que cela permet face à une évolution de la situation au niveau de la consommation du sel, ou à d'autres facteurs, sans avoir à passer de nouvelles lois.
- 4) Contrôle de l'étiquetage et de la publicité.
- 5) Contrôle de la qualité et surveillance, avec responsabilités désignées et rapports réguliers obligatoires quant aux résultats.
- 6) Pouvoirs exécutoires et sanctions en cas de non-conformité.

La situation varie considérablement d'un pays à l'autre. Étendre au sel iodé la portée d'une loi sur les aliments ne pose pas de problème si elle existe déjà, mais cela devient nettement plus difficile en l'absence d'une telle loi étant donné que des statuts propres au sel iodé doivent se fonder sur un quelconque texte juridique. Il est préférable en fait que le sel iodé fasse partie d'une réglementation existante - qualité des aliments - plutôt que de faire l'objet d'une mesure législative distincte, du fait qu'elle serait difficile à faire adopter et, le cas échéant, à faire modifier.

Les principes essentiels concernant une réglementation relative à l'iodation du sel sont les suivants :

- 1) Un préambule référant succinctement à la loi dont relève la réglementation, ex. Loi relative aux aliments et aux médicaments; ou Loi sur la santé publique. De telles lois accordent habituellement à un ministère le pouvoir d'émettre des règlements relatifs à leur application. C'est par réglementation que le gouvernement énonce les exigences spécifiques que l'industrie alimentaire et autres secteurs doivent satisfaire pour se conformer aux dispositions de la loi. Les clauses relatives à ce processus doivent être citées, ainsi que toutes clauses concernant le ravitaillement pour la consommation humaine (qualité adéquate). Le préambule devra également énoncer le but de la réglementation : nécessité de l'iodation du sel comme moyen de lutte contre les TCI (endémiques dans le pays); et bénéfice des conséquences socio-économiques et de santé publique d'une telle mesure.

- 2) Les clauses opérantes couvrent normalement ce qui suit :
- Applicabilité de la réglementation - tout sel destiné à la consommation humaine ou animale dans le pays doit être iodé conformément aux spécifications énumérées dans un Appendice. Toutes les dérogations devront être précisées.
 - Responsables de la santé publique (ou autres) qui sont autorisés à administrer les règlements et la Loi.
 - Sanctions qui seront imposées aux responsables d'une violation des règlements - lesdites sanctions étant sans doute précisées dans d'autres règlements (qui peuvent être cités ailleurs). Il peut s'agir d'une amende et(ou) de la suspension du permis d'importation. On peut envisager d'accorder une deuxième chance au terme d'une première violation, mais au bout de deux violations, le permis devrait être retiré. Cependant, la sévérité des sanctions ne devrait pas devenir une entrave à l'importation du sel; cela provoquerait l'antagonisme de ceux dont la coopération est essentielle.
 - Conditions de délivrance d'un permis d'importation, fabrication, distribution, vente ou exportation du produit.
 - Exigences relatives à l'assurance de la qualité et à la tenue de registres aux niveaux de la production et de la distribution.
 - Exigences relatives à l'emballage et à l'étiquetage.
 - Exigences relatives au transport, au stockage et à l'étalage.
 - Procédures d'inspection et d'enquête, y compris les mesures ponctuelles de prélèvement d'échantillons de sel et d'analyse de la teneur en iode, et(ou) la contre-analyse dans un laboratoire central.
 - Procédures exécutoires.
- 3) Un appendice où sont spécifiées les exigences relatives au sel, notamment : caractéristiques physiques, niveaux des éléments constitutants, teneur en iode, emballage et étiquetage. Ces importantes caractéristiques ont une forte influence sur la rétention de l'iode - si les spécifications ne sont pas respectées, une trop forte proportion de l'iode risque d'être perdue.

Pour plus de renseignements en matière de législation et de réglementation, y compris modèles et formats, nous renvoyons les lecteurs à "Food Fortification - legislation and regulation manual" [«Enrichissement des aliments - manuel de législation et de réglementation] de Rose Nathan (texte provisoire), Programme de lutte contre la malnutrition en micro-nutriments, Université Emory, École de santé publique, Atlanta (Georgie), É.-U. (1994).

Voici quelques problèmes typiques qui risquent de surgir :

- 1) Certains essayeront de contourner les dispositions de la législation existante ou d'une nouvelle loi, pour faire circuler du sel non iodé qu'ils prétendront être destiné à la consommation animale. En pratique, il s'agit d'un sel brut qu'il est parfois difficile de distinguer du sel destiné à la consommation humaine. Par conséquent, il est parfois préférable d'avoir une seule et même loi ou réglementation s'appliquant à la totalité du sel de catégorie alimentaire (consommation humaine ou animale). Mais il est possible qu'il n'existe pas de fondements juridiques pour réglementer la consommation de sel pour les bêtes.
- 2) En l'absence d'une loi définitive sur laquelle fonder la réglementation, une autre solution se présente, ne serait-ce qu'à titre temporaire : le décret administratif. Ainsi, le ministère du

Commerce ou le ministère des Finances (responsable des Douanes) pourrait prohiber l'importation de tout sel qui n'est pas iodé conformément aux instructions du ministère de la Santé.

- 3) L'ignorance de la législation de la part des négociants de sel, ou une incompréhension quant à l'importance d'une iodation adéquate pour la santé publique, peut avoir comme conséquence des cas de non-conformité involontaire ou de contournement délibéré des dispositions de la loi. Il est donc de la plus haute importance que l'on réussisse à rejoindre par IEC (information-éducation-communication) tous ceux qui s'occupent spécifiquement de production ou de négoce du sel à tous les niveaux, ainsi que le grand public.

Enfin, il faut préciser que le secteur privé est souvent capable d'adopter des mesures appropriées, même en l'absence de législation ou réglementation. Par exemple, des entreprises privées dans plusieurs pays ont pris l'initiative d'ioder leur sel même avant la formulation ou l'adoption définitive d'une loi. Mais en fin de compte, il est difficile d'imaginer une situation où il ne serait pas nécessaire d'avoir un quelconque texte législatif - ne serait-ce que pour régir les différends entre groupes antagonistes, mais aussi pour s'assurer que l'iodation devienne une réalité permanente qui ne serait pas tout simplement tributaire d'une bonne volonté passagère.

20. ADMINISTRATION ET COORDINATION DU PROGRAMME

Bien que la responsabilité pour le lancement, la coordination et la surveillance du programme incombe principalement au ministère de la Santé, la lutte contre les TCI est une activité multisectorielle et elle nécessite la motivation et la participation active des organismes suivants pour des fonctions spécifiques :

Fonction	Organisme/ministère
Planification	Ministères du Plan; Santé; Industrie; Information et publicité
Administration et coordination	Ministère de la Santé
Iodation, emballage et distribution du sel	Fabricants-négociants de sel; ministère de l'Industrie
Contrôle de la qualité	Institut de recherche médicale; ministère de la Santé; Institut des normes alimentaires
Information, éducation et communication (IEC)	Ministère de l'Information et de la publicité; Bureau de l'information sanitaire; ministère de la Santé
Législation	Ministère de la Justice; ministère de la Santé
Surveillance et évaluation	Institut de recherche médicale; ministère de la Santé
Soutien technique et financier	Ministère des Finances; organismes multilatéraux et bilatéraux

Atelier national

Comme première étape, il est utile de convoquer un atelier national auquel seraient conviés planificateurs des politiques publiques, experts scientifiques dans le domaine, représentants de l'industrie du sel, hauts fonctionnaires de tous les ministères concernés (Santé, Éducation, Industrie, Justice, Information et publicité, Commerce), l'Institut national des normes, ainsi que des représentants des ministères de la Santé des États ou provinces. L'atelier devrait bénéficier de la participation politique nécessaire et d'appuis provenant des plus hautes sphères afin d'obtenir l'acceptation du gouvernement, et des soutiens financiers et administratifs. L'atelier devrait passer en revue la situation des TCI dans le pays sur la base des données disponibles, et formuler un plan d'action pour lancer des mesures de lutte.

Document du projet

Au stade de la planification, il est nécessaire de formuler un document de projet exhaustif, mettant en lumière tous les éléments du programme, le calendrier d'exécution, l'équipement et les accessoires nécessaires, la main-d'oeuvre, et les besoins de formation et financiers.

Comité national de lutte contre les TCI

La première étape serait la constitution d'un Comité national de lutte contre les TCI auquel participeraient des représentants des secteurs mentionnés ci-dessus. Le mandat du Comité consisterait à examiner périodiquement ce qui suit :

1. Évaluations initiales et suivi en matière de TCI
2. Analyse de la situation du sel et stratégie de production et de distribution du sel iodé
3. Mise en oeuvre, supervision et surveillance du programme d'iodation du sel
4. Développement et application d'une intervention portant sur l'huile iodée dans les zones particulièrement touchées par les TCI
5. Développement de matières IEC pour promouvoir le programme à tous les niveaux
6. Installation de laboratoires et autres infrastructures nécessaires à la surveillance du programme
7. Formation de professionnels de la santé, des gens de l'industrie du sel et d'éducateurs en santé
8. Évaluation périodique du programme et actualisation de la stratégie selon l'évolution des circonstances et en fonction de son efficacité
9. Documentation et dissémination des données relatives à la performance du programme

Le Comité devrait se réunir régulièrement (tous les trois ou six mois) pour examiner les éléments du programme de lutte et recommander toute action appropriée. Le programme devrait avoir un directeur à plein temps qui occuperait d'office la fonction de secrétaire du Comité national et veillerait à ce que toutes ses recommandations soient appliquées, et coordonnerait également le suivi à cet égard. La liste de vérification sommaire pour l'application d'un programme de lutte contre les TCI figure à la Table 20.1.

Table 20.1 - Liste de vérification sommaire pour les programmes de lutte contre les TCI

Objectif	Activité	Responsabilité
1) Évaluation initiale	1.1) Compiler des rapports couvrant les enquêtes antérieures sur les TCI 1.2) Évaluation sommaire «ponctuelle» (enquête sur le goitre). 1.3) Analyse de la situation	1) L'agent du programme des TCI sera nommé par le ministère de la Santé
2) Transmettre les résultats de l'analyse de la situation (portée et sévérité des TCI)	2.1) Informer la Commission de planification et le ministère de la Santé 2.2) Alerter les organismes d'État pertinents, ONG, secteur privé, et solliciter leur participation.	2.1) Agent du programme des TCI 2.2) Commission de planification et ministère de la Santé
3) Créer des plans d'action	3.1) Créer l'infrastructure i) Conseil national pour la lutte contre les TCI (CNLTCI) ii) Commission inter-sectorielle d'iodation du sel iii) Unité nationale de lutte contre les TCI iv) les secteurs de communication de (i) et de (ii) iv) laboratoire de contrôle des TCI 3.2) créer des plans pour les programmes de lutte contre les TCI : i) enquête nationale sur les TCI ii) programme d'urgence pour les zones endémiques sévères iii) programme permanent pour toutes les zones endémiques	3.1) Commission de planification, ministère de la Santé, ministère de l'Industrie, des Mines (sel) 3.2) i) Unité de lutte contre les TCI ii) Unité de lutte contre les TCI iii) Commission inter-sectorielle d'iodation du sel

Objectif	Activité	Responsabilité
4) Obtenir les soutiens politiques et le mandat voulus pour prévenir les TCI	4) définir et approvisionner un budget pour les infrastructures et les programmes de lutte contre les TCI	4) Commission de planification
5) Mettre en oeuvre les programmes de lutte contre les TCI	5.1) programme d'urgence (huile iodée) 5.2) programme permanent (iodation du sel) 5.3) contrôles nationaux des TCI	5.1) Unité de lutte contre les TCI 5.2) Commission inter-sectorielle d'iodation du sel 5.3) Unité de lutte contre les TCI
6) Évaluer le développement du programme 6.1) Évaluation permanente 6.2) Réévaluation périodique de la situation	6.1) surveillance permanente des progrès du programme de lutte contre les TCI i) programme d'urgence (huile iodée) ii) programme permanent (iodation du sel) 6.2) évaluer le programme i) programme d'urgence (huile iodée) ii) programme permanent (iodation du sel)	6.1) le CNLTICI a la responsabilité globale du programme i) Unité de lutte contre les TCI ii) Unité de lutte contre les TCI 6.2) le CNLTICI a la responsabilité globale du programme i) Unité de lutte contre les TCI ii) Unité de lutte contre les TCI

21. RESSOURCES

Ce chapitre donne une liste de sources pour obtenir davantage de renseignements et de l'aide.

A. Information technique sur l'iodation du sel

1. L'Institut du sel - Travaille à la sensibilisation du public quant aux avantages des produits du sel; encourage la participation à la formulation des politiques publiques relativement aux produits du sel; soutient des recherches sur le dégivrage et le déneigement, les fourrages agricoles, la purification de l'eau, et le sel dans la nutrition; organise un programme d'information destiné au public; tient à jour des données techniques portant sur les matières reliées au sel; fait la promotion d'un concours pour la sécurité dans l'industrie; accorde le Prix d'excellence en matière d'entreposage. 700 N. Fairfax Street, Suite 600, Alexandria, VA 22314-2040, téléphone (703) 549-4648, télécopieur (703) 548-2194, Richard L. Hanneman, Président.

2. Association européenne des producteurs de sel (AEPS) - Défend les intérêts de ses membres (dans 13 pays), les représente devant les institutions européennes et internationales, maintient un centre de documentation pour faciliter les progrès techniques dans l'industrie du sel - commissions consultatives et médicales. Comités : sel de dégivrage; sel de catégorie alimentaire; normalisation; adoucissement de l'eau. Publications : bulletin annuel; répertoire périodique; lettre d'information trimestrielle; *Salt Echo*, périodique; *Salt Throughout the World*, annuellement. Contient de l'information sur des questions techniques et médicales, et sur les brevets. Congrès-réunions : Assemblée générale annuelle. Bernard Moinier, secrétaire général, 17, rue Daru, 75008 Paris, France, téléphone : 47665290; télécopieur : 47665266.

3. L'ICCIDD tient une liste d'experts techniques sur l'iodation du sel; pour tous renseignements et conseils, communiquer avec M. Mannar - Initiative pour les micronutriments (Centre de recherches pour le développement international - CRDI), BP 8500, 250, rue Albert, Ottawa K1G 3H9, Canada, télécopieur : 613-567-4349.

B. Information sur les fournitures

L'Annexe 5 donne une liste détaillée relative à la Division des approvisionnements de l'UNICEF. En outre, d'autres dispositifs sont fabriqués localement, et les représentants de l'UNICEF dans les divers pays ou les coordonnateurs régionaux de l'ICCIDD pourraient avoir d'autres renseignements utiles.

C. Supplément d'information sur les TCI

Les organisations suivantes oeuvrent activement à promouvoir l'élimination des TCI :

1. L'ICCIDD (Conseil international pour la lutte contre les troubles de la carence en iode) - La raison d'être de cette organisation internationale sans but lucratif est d'éliminer les TCI. Parmi ses membres, on compte des médecins, travailleurs de santé publique, spécialistes du sel, économistes, experts en communication, nutritionnistes, membres d'organismes internationaux, et autres.

L'ICCIDD est gouverné par un conseil d'administration qui comporte un comité exécutif, quatre administrateurs, et des coordonnateurs régionaux. Pour plus de renseignements, on peut contacter l'une des personnes suivantes :

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE L'ICCIDD

Comité exécutif

J. B. Stanbury (É.-U.), Président
M. Benmiloud (Algérie), Vice-président
B. S. Hetzel (Australie), Directeur exécutif
J. T. Dunn (É.-U.), Secrétaire
M. G. Venkatesh Mannar (Canada/Inde)
G. A. Medeiros-Neto (Brésil)
C. Thilly (Belgique)

Coordonnateurs régionaux

Afrique - M. Benmiloud (Algérie)
Centrale - D. Lantum (Cameroun)
du Sud-Est - J. Mutamba (Zimbabwe)
de l'Ouest - O. L. Ekpechi (Nigeria)

Amériques - E. Pretell (Pérou)

Europe - F. Delange (Belgique)

Asie du Sud - C. S. Pandav (Inde)

Pacifique occidental - T. Ma (Chine)

Membres du conseil d'administration

S. Acharya (Népal)
M. Asuquo (Nigeria)
K. V. Bailey (OMS/Australie)
W. J. Blechman (Kiwaniis/É.-U.)
R. Carriere (UNICEF/Bangladesh)
N. Chawla (Inde)
G. A. Clugston (OMS/Genève)
H. Delisle (Canada)
R. DeLong (É.-U.)
R. Djokomoeljanto (Indonésie)
G. Gerasimov (CEI)
M. Girard (Canada)
R. Gutekunst (Allemagne)

D. Haxton (É.-U.)
F. Kavishe (Tanzanie)
B. Kodyat (Indonésie)
J. Ling (É.-U.)
G. Maberly (É.-U.)
R. Mohan (Inde)
M. Ntambue-Kibambe (Zaïre)
S. Ouais (Syrie)
A. Pinchera (Italie)
C. Pittman (É.-U.)
M. Rivadeneira (Équateur)
F. van der Haar (É.-U./Pays-Bas)

Adresses et numéros de télécopieur des agents et coordonnateurs régionaux et sous-régionaux :

John Stanbury
43 Circuit Road
Chestnut Hill, MA 02167, É.-U.
Télécopieur : 617-277-3545

Moulay Benmiloud, professeur d'endocrinologie
Université d'Alger, Centre Pierre et Marie Curie
Avenue Battandier
Alger 16005, Algérie
Télécopieur : 213-2-742719

Basil S. Hetzel, Directeur exécutif, ICCIDD
C/- Health Development Foundation
8th Floor, Samuel Way Building
Women's and Children's Hospital
72 King William Road
North Adelaide 5006, Australie
Télécopieur : 61-8-204-7221

John T. Dunn
Box 511, University of Virginia Health Sciences Centre
Charlottesville, VA 22908, É.-U.
Télécopieur : 804-296-9275

M. G. Venkatesh Mannar, Directeur exécutif
L'Initiative pour les micronutriments
Centre de recherches pour le développement international (CRDI)
BP 8500, 250, rue Albert
Ottawa K1G 3H9, Canada
Télécopieur : 613-567-4349

Geraldo Medeiros-Neto
Hospital das Clinicas
Faculdade de Medicina da Universidade de Sao Paulo
Caixa Postal 8091
05403 Sao Paulo, Brésil
Télécopieur : 55-11-211-5194

Claude Thilly, professeur de médecine communautaire
École de santé publique - CP 590
Route de Lennik, 808
1070 Bruxelles, Belgique
Télécopieur : 32-2-555-4049

Daniel Lantum
Centre universitaire pour les sciences de la santé
Université de Yaoundé
B.P. 1364
Yaoundé, Cameroun
Télécopieur : 237-23-0296

Judith Mutamba
Ministry of Health
P.O.Box 8204
Causeway, Harare, Zimbabwe
Télécopieur : 263-4-791-169

O. L. Ekpechi
College of Medicine
University of Nigeria
Enugu, Nigeria, Afrique occidentale

Eduardo A. Pretell
Av. Cuba 523
Apartado Postal 110388
Lima 11, Pérou
Télécopieur : 51-14-716320

François Delange, professeur de pédiatrie
Université de Bruxelles, Département des radio-isotopes
Hôpital Saint-Pierre
322, rue Haute
Bruxelles, Belgique
Télécopieur : 32-2-535-4656

C. S. Pandav, conférencier
Centre for Community Medicine
All India Institute of Medical Sciences
Ansari Nagar, New Delhi 110 029, Inde
Télécopieur : 91-11-686-3522

Ma Tai
132 Chong-Qing Road
Tianjin 300050
République populaire de Chine
Télécopieur : 86-22-3319429

2. Initiative pour les micronutriments - L'Initiative pour les micronutriments (IM) a été créée en 1992, en guise de secrétariat international, situé à Ottawa (Canada), par ses principaux organismes de parrainage, soit : l'Agence canadienne de développement international (ACDI), le Centre de recherches pour le développement international (CRDI), le Fonds des Nations unies pour l'enfance (UNICEF), le Programme des Nations unies pour le développement (PNUD), et la Banque mondiale. La mission de l'IM est de servir de catalyseur à une lutte durable contre la malnutrition en micronutriments pour essayer de maîtriser la situation d'ici à l'an 2000, conformément aux objectifs du Sommet mondial pour les enfants, et de la Conférence internationale sur la nutrition. L'IM reconnaît que les solutions requises pour vaincre la carence en micronutriments exigent que l'on aille bien au-delà des systèmes conventionnels de santé et de nutrition. Le soutien qu'apporte l'IM est guidé par des stratégies nationales et par le consensus d'experts concernant des interventions viables et durables pour chacun des trois micronutriments essentiels. L'IM concentre son oeuvre sur cinq secteurs que l'on considère critiques pour les efforts nationaux et planétaires en vue de l'élimination de la malnutrition en micronutriments : rôle de porte-parole et constitution d'alliances, conception d'interventions durables, appui à des actions programmatiques efficaces, formation des compétences et résolution des problèmes opérationnels clés. Adresse de contact : Secrétariat de l'Initiative pour les micronutriments, a/s CRDI, B.P. 8500, Ottawa (Ontario), Canada; téléphone : 613-236-6163; télécopieur : 613-567-4349.

3. UNICEF et Organisation mondiale de la santé - Ces deux organisations participent massivement aux efforts pour l'élimination de la carence en iode. L'UNICEF se concentre avec une énergie particulière sur les programmes universels d'iodation du sel et il est actif dans le monde entier. On peut communiquer avec ses bureaux dans les divers pays pour obtenir davantage de renseignements au sujet de la carence en iode et des programmes universels d'iodation du sel. Les adresses des sièges de ces organisations sont les suivantes :

(a) Division de la santé et de la nutrition, UNICEF, UNICEF House, 3 United Nations Plaza, H-10F, New York, NY 10017, télécopieur : 212-326-7336

(b) Organisation mondiale de la santé, Division de la nutrition, 1211 Genève 27, Suisse, télécopieur : 41-22-791-4156.

4. Centre Agricole International - Constitué en 1951, l'IAC est une fondation du Ministère de l'Agriculture, de la gestion de la Nature et de la Pêche, chargé de coordonner les efforts de spécialisation agricole, entrepris aux Pays-Bas, dans le contexte de la coopération au développement. Le programme de formation international de l'IAC comprend des cours internationaux annuels et ad hoc sur des sujets agricoles et nutritionnels, à l'intention particulière de personnes des pays en voie de développement. L'IAC participe dans la lutte contre la malnutrition en micronutriments par développement des cours particuliers en technologie d'enrichissement des aliments avec des micronutriments essentiels. Adresse de contact : IAC, B.P. 88, 6700 AB Wageningen, Pays-Bas; téléphone : +31(0)317-490-111; télécopieur : +31(0)317-418-552.

5. Dans bien des pays et régions, les producteurs de sel du secteur privé font partie d'organisations nationales ou internationales. On peut communiquer directement avec elles pour obtenir davantage de renseignements.

RÉFÉRENCES

[Une stratégie de l'UNICEF pour la lutte contre les troubles de la carence en iode], 1993, Section de la nutrition. UNICEF New York.

Best practices in controlling micronutrient malnutrition. Document de la Banque mondiale, 1993, Division de la Population, Santé et Nutrition.

DeLong GR, Robbins J, Condliffe P (éd.) 1989, Iodine and the Brain [L'iode et le cerveau]. Plenum Press, New York.

DeMaeyer EW, Lowenstein FW, Thilly CH, 1979, The Control of Endemic Goitre [La lutte contre le goitre endémique]. Organisation mondiale de la santé, Genève.

Dulberg EM, Pandav CS, 1989, Preparing a National Policy Statement for the Control of Iodine Deficiency Disorders. In: Proceedings of Workshop on Iodine Deficiency Disorders [Travaux de l'Atelier sur les troubles de la carence en iode]. UNICEF Nairobi, pp 2-16.

Dunn JT, Pretell EA, Daza CH, Viteri FE (éd.), 1986, Towards the Eradication of Endemic Goiter, Cretinism, and Iodine Deficiency. Organisation panaméricaine de la santé/OMS, publication scientifique n° 502.

Dunn JT, van der Haar F, 1990, A Practical Guide to the Correction of Iodine Deficiency. Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders ICCIDD [Conseil International pour la lutte contre les troubles de la carence en iode].

Guidelines for equipment and supplies relevant to goal of universal salt iodization, 1994, Division des approvisionnements. UNICEF, Copenhague.

Hetzel BS, Dunn JT, Stanbury JB (éd.), 1987, The Prevention and Control of Iodine Deficiency Disorders. Elsevier, Amsterdam/New York/Oxford.

Hetzel BS, 1989, The Story of Iodine Deficiency: An International Challenge in Nutrition. Oxford University Press.

Hetzel BS, Dunn JT, 1989, The iodine deficiency disorders: their nature and prevention. Annu Rev Nutr 9:21-38.

Hetzel BS, 1992, The Elimination of IDD by salt iodization: A great opportunity for the salt industry. Proceedings of the Seventh Symposium on Salt [Travaux du Septième symposium sur le sel], vol II. Elsevier, Amsterdam, pp 409-414.

Hetzel BS, Pandav CS (éd.), 1994, SOS for a Billion People: The Conquest of Iodine Deficiency Disorders. Oxford University Press.

Medeiros-Neto G, Maciel RMB, Halpern A (éd.), 1986, Iodine Deficiency Disorders and Congenital Hypothyroidism. ICCIDD.

Nathan R, 1994, Food Fortification - Legislation and Enforcement Manual. Program Against Micronutrient Malnutrition [Programme de lutte contre la malnutrition en micronutriments]. École de santé publique de l'Université Emory, Atlanta (Georgie), É.-U.

Noguera A, Viteri FE, Daza CH, Mora JO 1986, Evaluation of the current status of endemic goiter and programs for its control in Latin America. In: Dunn JT, Pretell EA, Daza CH, Viteri FE (éd.): Towards the Eradication of Endemic Goiter, Cretinism and Iodine Deficiency. Organisation panaméricaine de la santé, Washington DC, pp 217-259.

Sodium Chloride 1960 The Production and properties of salt and brine. Kaufmann DW (éd.). ACS Monograph Series. Reinhold Publishing Corporation, New York.

Stanbury JB, Hetzel BS (éd.), 1980, Endemic Goiter and Endemic Cretinism: Iodine Nutrition in Health and Disease. John Wiley and Sons, New York.

Stanbury JB (éd.), 1994, The Damaged Brain of Iodine Deficiency. Cognizant Communication Corporation, New York.

The Economics of Salt, 1989, Roskill Information Services Ltd., Londres, G.-B.

Van der Haar F, 1992, Salt iodization in the control of iodine deficiency: increasing the cooperation among government, industry and science. Proceedings of the Seventh Symposium on Salt [Travaux du Septième symposium sur le sel], vol II. Elsevier, Amsterdam, pp 421-426.

Venkatesh Mannar MG, 1982, Guidelines for the establishment of solar salt facilities from seawater, underground brines and salted lakes. UNIDO, Vienne.

Venkatesh Mannar MG, 1987, Control of iodine deficiency disorders by iodization of salt: strategy for developing countries. In: Hetzel BS, Dunn JT, Stanbury JB (éd.): The Prevention and Control of Iodine Deficiency Disorders. Elsevier, Amsterdam, pp 111-125.

Venkatesh Mannar MG, 1989, Guidelines for establishing successful salt iodization programmes in the African Countries. In: Proceedings of the Workshop on Iodine Deficiency Disorders [Travaux de l'Atelier sur les troubles de la carence en iode]. UNICEF Nairobi, pp 43-54.

Venkatesh Mannar MG, 1994, The iodization of salt for the elimination of iodine deficiency disorders. In: Hetzel BS, Pandav CS (éd.): SOS for a Billion. ICCIDD.

Sommet mondial pour les enfants - L'objectif de mi-décennie : troubles de la carence en iode. Comité conjoint UNICEF-OMS des politiques de santé. Genève, janvier 1994.

Zohir S, 1992, Salt iodization in Bangladesh - estimates of incremental costs. UNICEF, Dhaka, Bangladesh.

ANNEXE 1 - LISTE DE VÉRIFICATION POUR UNE ANALYSE DE LA SITUATION DU SEL

L'analyse de la situation devrait couvrir les principaux domaines et les besoins d'information tels qu'énoncés ci-dessous :

A1.1 Prévalence des TCI

Une brève description de chacune des dernières études sur la prévalence des TCI dans différentes régions du pays (cliniques et biochimiques) indiquant la date de l'étude, le groupe de population, le type d'échantillon et sa représentativité, la méthode de classement clinique utilisée et les résultats cliniques et de laboratoire.

A1.2 Données courantes de production, importation et raffinage du sel

- a) Le sel produit provient d'une variété de sources, tant nationales qu'étrangères. Un résumé quantitatif des sources représente la première étape d'une évaluation de la situation du pays. Le statut global de la production, importation-exportation et consommation de sel dans le pays pourrait être présentée selon le format suivant :

Origine	Disponibilité	Sel gemme	Sel lacustre	Sel de mer	Autre	Total
a. Du pays lui-même						
b. Importation						
c. Exportation						
Net (a+b-c)						

- b) Dans les pays où le nombre de producteurs est limité, donner une liste des principaux producteurs-importateurs et des quantités manutentionnées annuellement. Lorsqu'il y a une multitude (plusieurs centaines ou milliers) de producteurs, donner une liste des principaux centres de production, des catégories de sel produites, et la taille des unités individuelles ainsi que le nombre de producteurs dans chaque catégorie.

Nom et emplacement du centre de production	Catégories des types de sel et quantités	Taille des unités individuelles	Nombre de producteurs dans chaque catégorie

c) Le cas échéant, donner des détails sur les importations :

Point d'importation	Noms des principaux importateurs	Sources (pays) et quantités	Catégories de sel importé et quantités

d) Le cas échéant, donner les noms des pays et les quantités de sel (iodé et non iodé) exportées annuellement vers chaque pays étranger. Indiquer les normes et les types de contrôle qui s'appliquent, le cas échéant, au sel importé et exporté.

e) Il faut présenter aussi l'utilisation courante du sel disponible (production+importations-exportations) :

Application	Iodé	Non iodé	Total
Humaine			
Animale			
Industrielle			

A1.3 Raffinage et iodation du sel

- a) Il faut recueillir de l'information sur la consommation du sel brut et raffiné, le site et les capacités des raffineries et une description du procédé de raffinage.
- b) Là où l'iodation a déjà lieu, donner une brève description de la méthode d'iodation dans le pays (humide, à sec, etc.), le composé d'iode utilisé (iodure, iodate, etc.), le stabilisateur ajouté le cas échéant au composé d'iode, le type de machines utilisé, la teneur statutaire en iode et la teneur effectivement obtenue dans chaque installation, les procédures de contrôle appliquées en cours de production et les intervalles entre les contrôles, l'emballage et la portée.
- c) Liste de toutes les installations d'iodation, indiquant les capacités et la production effective (pour l'année la plus récente) :

Nom de l'installation d'iodation	Site	Capacité de production de sel iodé	Sel iodé produit

- d) Estimation du coût d'iodation par tonne de sel iodé.
- e) Détails sur l'acquisition et la distribution de l'iodure de potassium, les quantités et les prix.

A1.4 Distribution et commercialisation du sel

- a) Brève description des principaux circuits de distribution du sel dans le pays, des points de production-importation, en passant par les centres de commerce de gros, et jusqu'aux magasins de détail; circuits et systèmes de commercialisation; formats des paquets vendus et prix courants.
- b) Mécanismes de transport, emplacement des principaux centres de négoce et d'entreposage, quantités manutentionnées à chaque centre, méthodes de stockage et de manutention, d'emballage ou de réemballage.
- c) Prix des différentes catégories et de l'emballage aux niveaux de la production, du commerce de gros et de la vente au détail.
- d) Encouragements offerts par le gouvernement et programmes de subventions, le cas échéant.

- e) Contraintes qui entravent la liberté des prix sur le marché et les activités de commercialisation.

A1.5 Consommation de sel

- a) Examen sommaire des habitudes de consommation de sel (y compris une estimation des rations quotidiennes), des préférences des consommateurs pour différents types de sel, des habitudes culturelles en matière d'achat, de stockage et d'utilisation de la denrée; facteurs influant sur la stabilité de l'iode du sel dans les ménages.

A1.6 Promotion et sensibilisation des consommateurs

- a) Évaluation du degré d'engagement à différents niveaux, et du soutien accordé par divers groupes à forte influence - associations médicales ou de consommateurs.
- b) Le cas échéant, programmes et activités d'information et de motivation du grand public (ou gens de profession et autres groupes particuliers) en matière de TCI et d'utilisation du sel iodé.
- c) Efforts de sensibilisation des consommateurs et aptitude du gouvernement et du secteur privé à influencer l'achat du sel iodé.

A1.7 Administration

- a) Structure administrative pour la supervision et la surveillance du programme.

A1.8 Surveillance et réglementation

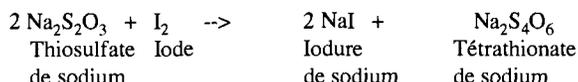
- a) Normes relatives à la teneur en iode du sel à l'usine, chez les marchands et dans les ménages.
- b) Mécanisme pour contrôler la teneur en iode du sel à différents niveaux.
- c) Législation et réglementation courantes influant sur l'iodation du sel : normes courantes et celles qui sont actuellement mises à exécution pour le contrôle de l'iodation du sel; organismes responsables; intervalles effectifs des contrôles; procédures (sites d'échantillonnage, méthodes de prélèvement, techniques de laboratoire); et portée du programme des contrôles (à l'échelle du pays ou bien limité à certains États ou provinces).
- d) Mécanisme d'exécution de la législation aux niveaux de la production, du commerce de gros et de la vente au détail.
- e) Nombre d'échantillons analysés par site de prélèvement, et teneurs en iode constatées (fréquences des catégories de teneurs en mg/kg lorsque les analyses sont quantitatives). Mesures prises lorsque l'on détecte des niveaux d'iodation insuffisants.
- f) Problèmes rencontrés lors des contrôles systématiques de l'iodation au niveau national, les mesures prises pour les résoudre, et celles qui sont à prendre.

ANNEXE 2 - LABORATOIRE DE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ POUR LE SEL IODÉ

(Extrait de : [Recours au sel iodé pour prévenir les troubles de la carence en iode - manuel pour la surveillance et le contrôle de la qualité]. New Delhi, UNICEF/ROSCA, 1989)

A2.1 Principe

Le procédé utilisé pour estimer la teneur en iode du sel iodé à l'iodate de potassium s'appelle le titrage iodométrique. L'iode libre réagit avec la solution de thiosulfate de sodium comme suit :



De l'acide sulfurique est ajouté à une solution de sel iodé, libérant de l'iode, qui est titré avec du thiosulfate de sodium. De l'amidon est ajouté à titre d'indicateur externe. La solution d'iodure de potassium est ajoutée pour maintenir l'iode en état de solution.

A2.2 Préparation des réactifs

1. Thiosulfate de sodium normal à 0,005 (Na₂S₂O₃)

Dissoudre 1,24 g de cristaux de thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃·5H₂O), dans 1 L d'eau à double distillation bouillie. Ce volume est suffisant pour tester 200 échantillons de sel. Conserver dans un lieu frais et à l'abri de la lumière. Lorsqu'elle est convenablement entreposée, la solution peut être conservée pendant quelques mois. Vérifier la norme de la solution de thiosulfate de sodium tous les trois mois contre une solution normale d'iodate de potassium.

2. Acide sulfurique 2 N (H₂SO₄)

À 90 ml d'eau à double distillation, ajouter lentement 6 ml d'acide sulfurique concentré (H₂SO₄). Ajouter de l'eau à double distillation bouillie pour obtenir 100 ml. Ce volume est suffisant pour 100 échantillons de sel. Conserver dans un lieu frais à l'abri de la lumière. La solution peut être conservée indéfiniment.

Attention : Pour éviter une réaction violente et dangereuse, toujours ajouter l'acide à l'eau, jamais l'eau à l'acide! Touiller la solution tout en ajoutant.

3. Iodure de potassium (KI, AR)

Dissoudre 100 g de KI dans 1 litre d'eau à double distillation. Ce volume suffit pour analyser 200 échantillons de sel. Conserver dans un lieu frais à l'abri de la lumière. Correctement entreposée, la solution peut être conservée pendant 6 mois.

4. Amidon chimique soluble

Dissoudre des cristaux de chlorure de sodium (NaCl) - catégorie réactif - dans 100 ml d'eau à double distillation bouillie. Tout en touillant, ajouter le NaCl jusqu'à ce que les cristaux cessent de se dissoudre.

Chauffer le contenu jusqu'à ce que l'excédent de sel se dissolve. Pendant le refroidissement, les cristaux de NaCl se formeront sur les parois du récipient. Lorsque la solution se sera complètement refroidie, décanter le liquide qui surnage dans un flacon limpide. Le résultat peut être conservé pendant 3 à 4 semaines.

Dissoudre 1 g d'amidon chimique dans 10 ml d'eau à double distillation en ébullition. Continuer à bouillir jusqu'à dissolution complète. Ajouter la solution de NaCl saturée pour obtenir 100 ml de solution d'amidon. Ce volume est suffisant pour analyser 20 échantillons de sel. Préparer une solution d'amidon fraîche tous les jours étant donné que celle-ci ne peut pas être conservée.

A2.3 Procédure de laboratoire

La procédure est la suivante :

1. Peser soigneusement 10 g de sel à être analysé;
2. Verser le sel dans un cylindre à mesurer de 50 ml;
3. Ajouter lentement de l'eau à double distillation bouillie;
4. Agiter pour dissoudre le sel complètement;
5. Ajouter de l'eau pour obtenir 50 ml;
6. Verser la solution de sel (50 ml) dans une fiole conique avec bouchon;
7. Extraire avec une pipette 1 ml d'acide sulfurique 2 N et l'ajouter à la solution de sel;
8. Extraire avec une pipette 5 ml d'iodure de potassium à 10 % et l'ajouter à la solution de sel;
(**Ne jamais utiliser la bouche pour extraire de l'acide ou du KI avec une pipette!**)
9. La solution vire au jaune. Boucher la fiole et la placer à l'obscurité pendant 10 minutes. Une boîte fermée, une armoire ou un tiroir fera l'affaire;
10. Verser la solution de thiosulfate de sodium à 0,005N dans une burette;
11. Ajuster le niveau dans la burette à "0";
12. Au bout de 10 minutes, retirer la fiole de la boîte obscure;
13. Tout en agitant, titrer la solution dans la fiole avec du thiosulfate de sodium de la burette;
14. Arrêter le titrage dès que la solution vire au pâle (passe à un jaune très clair);
15. Ajouter quelques gouttes (1 à 5 ml) de solution d'amidon à 1 % dans la fiole;

16. La solution vire au violet foncé;
17. Continuer le titrage jusqu'à ce que la coloration violette disparaisse et que la solution devienne incolore;
18. Prendre note de la lecture sur la burette;
19. À partir de la table ci-jointe, relever la teneur en iode de l'échantillon en microgrammes au kilo.

A2.4 Les rapports

L'analyse de l'iode est facile et ne prend qu'une vingtaine de minutes par échantillon. Tenir des registres exacts est tout aussi important que l'analyse elle-même. Les résultats doivent être consignés dans un registre où figureront :

- * la date de l'analyse,
- * le numéro de l'échantillon,
- * le numéro du lot de sel,
- * la date de l'iodation,
- * la source de l'échantillon,
- * la date de l'échantillonnage, et enfin
- * la teneur en iode de l'échantillon.

Des rapports quotidiens doivent être faits sur les résultats et le superviseur doit être immédiatement averti lorsque la teneur en iode est inférieure au niveau prescrit. Votre rapport déclenchera des mesures destinées à protéger le consommateur. Un retard de votre part entraînera le report des mesures à prendre, et ce sera au détriment du consommateur.

On trouvera ci-joint une liste des équipements de laboratoire et des réactifs nécessaires pour l'analyse du sel iodé; on peut les obtenir sous forme de trousse standard par l'intermédiaire de l'UNICEF à Copenhague.

TENEUR EN IODE - MILLIGRAMMES AU KILO (MG/KG)

Lecture burette	Mg/kg	Lecture burette	Mg/kg	Lecture burette	Mg/kg
0	0,0	4,0	42,3	8,0	84,6
0,1	1,1	4,1	43,4	8,1	85,7
0,2	2,1	4,2	44,4	8,2	86,8
0,3	3,2	4,3	45,5	8,3	87,8
0,4	4,3	4,4	46,6	8,4	88,9
0,5	5,3	4,5	47,6	8,5	89,9
0,6	6,3	4,6	48,7	8,6	91,0
0,7	7,4	4,7	49,7	8,7	92,0
0,8	8,5	4,8	50,8	8,8	93,1
0,9	9,5	4,9	51,9	8,9	94,2
1,0	10,6	5,0	52,9	9,0	95,2
1,1	11,6	5,1	54,0	9,1	96,3
1,2	12,7	5,2	55,0	9,2	97,3
1,3	13,8	5,3	56,1	9,3	98,4
1,4	14,8	5,4	57,1	9,4	99,5
1,5	15,9	5,5	58,2	9,5	100,5
1,6	16,9	5,6	59,2	9,6	101,6
1,7	18,0	5,7	60,3	9,7	102,6
1,8	19,0	5,8	61,4	9,8	103,7
1,9	20,1	5,9	62,4	9,9	104,7
2,0	21,2	6,0	63,5		
2,1	22,2	6,1	64,5		
2,2	23,3	6,2	65,6		
2,3	24,3	6,3	66,7		
2,4	25,4	6,4	67,7		
2,5	26,5	6,5	68,8		
2,6	27,5	6,6	69,8		
2,7	28,6	6,7	70,9		
2,8	29,6	6,8	71,9		
2,9	30,7	6,9	73,0		
3,0	31,7	7,0	74,1		
3,1	32,8	7,1	75,1		
3,2	33,9	7,2	76,2		
3,3	34,9	7,3	77,2		
3,4	36,0	7,4	78,3		
3,5	37,0	7,5	79,4		
3,6	38,1	7,6	80,4		
3,7	39,1	7,7	81,5		
3,8	40,2	7,8	82,5		
3,9	41,3	7,9	83,6		

Description		QUANTITÉ	N° STOCK	PRIX/UNITÉ \$ (US)	TOTAL \$ (US)
1	Flacons de verre avec bouchons, 50ml 250ml	4	09-194-00	0,69	2,76
		12	09-194-50	0,99	11,88
2	Cylindre à mesurer avec bouchon, 100ml	12	09-374-30	3,59	43,08
3	Fiole, à bouillir, fond plat, 500ml	4	09-378-00	2,23	8,92
4	Fiole Erlenmeyer, conique avec bouchon, 100ml	12	09-381-00	0,67	8,04
5	Entonnoir ordinaire de labo, 65mm de diamètre	4	09-450-00	1,24	4,96
6	Pipette volumétrique, 1ml	4	09-676-00	0,73	2,92
7	Pipette volumétrique, 5ml	4	09-679-05	0,83	3,32
8	Burette avec robinet d'arrêt droit, 10ml	4	09-239-00	5,21	20,84
9	Porte-burette	4	09-767-00	13,64	54,66
		1	09-045-20	182,81	182,81
10	Balance semi-analytique, 250g et 2mg, sans poids	1	09-108-62	100,39	100,39
11	Série de poids pour la balance ci-dessus	1	09-049-90	103,99	103,99
12	Balance, deux plateaux, bascule amortie, 2kg, sensibilité 0,1g	1	09-108-30	80,95	80,95
13	Série de poids pour la balance ci-dessus	1	09-686-00	3,59	3,59
14	Assortiment de tiges d'agitation et de gobelets de silex	1	09-374-60	25,95	25,95
15	Dessiccateur ordinaire Scheibler, dim. id. 150x150mm	500g		12,38	12,38
16	Thiosulfate de sodium, Analar	500g	10-675-00	3,68	3,68
17	Iodure de potassium, Analar				

18	Amidon soluble	500g		25,00	25,00
19	Iodate de potassium, Analar	500g		75,00	75,00
20	Verre de montre, 75mm	12	09-888-00	0,42	0,42
21	Spatule, 1 lame, 150mm, inox.	6	09-699-10	2,03	12,18
22	Plaque chauffante, 100W, 220V	1	20-004-02	29,52	29,52
23	Flacon compte-gouttes en verre, 25-60ml	6	09-190-00	0,70	4,20
24	Éprouvette, 10ml, ordinaire	12	09-789-95	0,11	1,32
25	Flacons à bec, Purex, 250ml	12	09-160-00	0,95	11,40
TOTAL				\$ (US)	838,68

NB FACULTATIF

Pour les analyses, il faut absolument utiliser de l'eau distillée. Les laboratoires qui n'ont pas accès à de l'eau distillée devraient chercher à obtenir l'un des alambics à eau suivants :

26 Alambic à eau, 2 L (0,5 gal.)/h
chauffé au carburant 1 01-680-02 148,22

OU

27 Alambic à eau, électrique, 4 L (1 gal.)/h,
220V, 50/60 Hz, C.A. 1 06-676-00 1 156,08

ANNEXE 3 - TROUSSES DE TERRAIN POUR L'ANALYSE DU SEL IODÉ

Par l'intermédiaire de l'UNICEF à Copenhague, on pourra obtenir les trousseaux suivantes pour vérifier le sel iodé à l'iodate ou à l'iodure de potassium.

A. TROUSSES POUR VÉRIFIER LE SEL IODÉ À L'IODATE DE POTASSIUM

A.1	TROUSSE DE TERRAIN POUR L'ANALYSE DE L'IODATE DE POTASSIUM (K1O) DANS LE SEL IODÉ. Trois ampoules avec solution d'analyse, 0-50 mg/kg Une palette de couleurs témoins Un feuillet d'instructions Emballage dans un contenant de plastique Affiche la mention «Pour analyser le sel enrichi à l'iodate de potassium uniquement»	STOCK UNICEF N° 05-860-00	\$ (US) 0,40
A.2	TROUSSE DE TERRAIN POUR ANALYSER L'IODATE DE POTASSIUM (K1O) DANS LE SEL IODÉ. Trois ampoules avec solution d'analyse, 0-100 mg/kg Une palette de couleurs témoins Un feuillet d'instructions Emballage dans un contenant de plastique Affiche la mention «Pour analyser le sel enrichi à l'iodate de potassium uniquement»	STOCK UNICEF N° 05-860-01	\$ (US) 0,40

B. TROUSSES DE TERRAIN POUR VÉRIFIER LE SEL IODÉ À L'IODURE DE POTASSIUM

Trois ampoules avec solution d'analyse Une palette de couleurs témoins Un feuillet d'instructions Emballage dans un contenant de plastique Affiche la mention «Pour analyser le sel enrichi à l'iodure de potassium uniquement»	STOCK UNICEF N° 05-860-02	\$ (US) 0,60
---	------------------------------	-----------------

C.	SOLUTION DE CONTRE-VÉRIFICATION POUR LES RÉGIONS OÙ IL Y A DE L'ALCALINITÉ DANS LE SEL. Trois ampoules de solution de contre- vérification Une palette de couleurs témoins Emballage dans un contenant de plastique Affiche la mention «Solution de contre- vérification pour vérifier le sel alcalin»	STOCK UNICEF N° 05-860-03	\$ (US) 0,36
----	--	------------------------------	-----------------

Veillez noter que les prix indiqués ci-dessus sont FAB Madras, Inde.

NOTES :

1. Communiquez avec les bureaux de l'UNICEF dans votre pays par l'intermédiaire du ministère de la Santé et indiquez vos besoins en précisant les spécifications, comme ci-dessus, y compris le numéro d'article pertinent, et en indiquant clairement si le sel dans votre région est iodé à l'iodate ou à l'iodure de potassium.
2. Pour les trousse (A.1 ou A.2), précisez la fourchette (mg/kg) préférée, c.-à-d. 0-50 ou 0-100.
3. Certains sels ont un contenu alcalin qui prend la forme de carbonates. L'alcalinité pourrait également être causée par la présence d'agents antiagglomérants dans le sel. Si c'est le cas, la solution risque de ne pas virer au bleu pour indiquer la présence d'iode dans le sel. Pour résoudre ce problème, une solution de contre-vérification a été mise au point. Si l'on a des raisons de croire que le sel est alcalin et lorsque la solution normale ne donne pas un changement de couleur, une goutte de la solution de contre-vérification peut être utilisée sur laquelle on versera la solution normale pour révéler la présence d'iode. Heureusement, même si l'échantillon de sel n'est pas alcalin, le recours à la solution de contre-vérification suivi de la solution normale permettra quand même d'obtenir une lecture correcte de l'iode.
4. Les trousse indiquent si le sel est enrichi ou pas. Une analyse de laboratoire est nécessaire pour connaître la teneur exacte en iodate ou en iodure.
5. Les trousse contiennent de l'acide dilué. Il faut donc faire très attention de ne pas répandre de la solution sur les vêtements, et il faut tenir les trousse à l'écart des enfants.
6. Chaque ampoule contient 10 ml de solution, ce qui suffit pour environ 40-50 tests.
7. La solution a une durée de vie utile de plus de 18 mois tant qu'elle est scellée, et de 6 mois après ouverture de l'ampoule.

ANNEXE 4 - ASPECTS ÉCONOMIQUES DE L'IODATION DU SEL AU BANGLADESH - ÉTUDE DE CAS

Les coûts de l'iodation du sel au Bangladesh ont été étudiés de façon exhaustive dans un document préparé par Sajjad Zohir (Salt Iodization in Bangladesh - Estimates of incremental costs. UNICEF, Dhaka, 1992). Le document donne des estimations des incréments de coûts de l'iodation en tenant compte des éléments suivants :

- A. Amortissement des coûts de machines et de fondation
- B. Location des locaux
- C. Autres frais
- D. Primes d'assurance
- E. Réparations et maintenance
- F. Coûts du financement
- G. Iodate de potassium
- H. Électricité
- I. Main-d'oeuvre
- J. Perte de poids
- K. Amortissement de la soudeuse par impulsion
- L. Infrastructure d'emballage
- M.
- N. Coûts du matériel d'emballage, y compris l'impression.

Les estimations concernent les coûts assumés par le fabricant, et elles ne couvrent pas les mesures de soutien, notamment les communications sociales, la surveillance, la réglementation et les mesures exécutoires, l'administration et la coordination du programme.

La fourchette varie d'un plancher de 0,042 Tk/kg pour l'emballage de sacs de 75 kg, à un plafond de 1,20 Tk/kg pour des paquets de 1 kg, ce qui est à prévoir, étant donné les coûts plus élevés pour le matériel et la main-d'oeuvre dans le cas de sacs plus petits. Les résultats de l'étude de Zohir sont importants sur le plan de la viabilité de l'entreprise, et nous les donnons en annexe à ce rapport.

Il semblerait que le sel iodé soit exclusivement emballé dans des paquets de 1 kg comme moyen d'identification pour justifier une augmentation de prix. En fait, l'augmentation est très considérable : 8 Tk/kg (300-350 Tk pour une boîte de 25 paquets) pour le sel en paquets par contraste avec 5,3 Tk/kg (835-400 Tk par sac de 75 kg) pour le sel emballé dans de gros sacs. Il faut noter que dans les deux cas la qualité du sel est la même. Les entreprises de concassage estiment que s'ils iodent le sel et l'emballent dans les mêmes sacs de 75 kg sans changement visible dans l'emballage, elles ne seraient pas en mesure d'exiger un prix plus élevé (ce qui est vrai étant donné l'augmentation extrêmement faible du coût). Lorsque cette question a été soulevée lors de discussions avec les entreprises de concassage, elles ont répliqué que lorsque tout le sel sera iodé, alors le sel emballé dans de gros sacs serait lui aussi iodé. Le défi consisterait à obtenir des broyeurs qu'ils emballent et commercialisent le sel iodé dans des sacs de 75 kg avec une très légère augmentation de prix le plus tôt possible (disons de 20 à 30 Tk par sac). Au niveau du commerce de détail, il ne devrait pas y avoir de différence de prix entre le sel iodé et le sel non iodé initialement. Un jour ou l'autre, tout le sel devra être iodé.

Zohir a également donné un résumé des coûts au producteur en fonction de quatre scénarios :

Scénario	Base	Validité	Coûts (secs de 75 kg)* Tk/kg	Coûts (paquets de 1 kg)* Tk/kg
I	Coûts variables seulement	Année 1	0,042 (0,093)	1,082 (1,13)
II	Coûts var. + frais annuels et court terme	Années 1 à 3	0,043 (0,094)	1,083 (1,13)
III	Coûts var. + frais annuels + moyen terme	Années 3 à 6	0,052 (0,103)	1,13 (1,18)
IV	Coûts var. + frais annuels + remplacement équipement et fondation	Long terme	0,12	1,20

* Les chiffres entre parenthèses comprennent les coûts de l'iodate de potassium

Ces chiffres démontrent la faisabilité présumée des éléments suivants :

- a) Le retrait total ou progressif de la subvention à l'iodate au bout de 5 ans (sous réserve d'un examen de la situation à ce moment-là). La subvention à l'iodate se chiffre à seulement 0,051 Tk/kg. Bien que cela constitue un encouragement initial au programme, son influence sur le prix de revient global est restreinte. Cependant, l'iodate doit être payé en devises fortes. En outre, l'UNICEF, en vertu de son pouvoir d'achat massif, est en mesure d'obtenir les meilleurs prix. Par conséquent, même après le retrait de la subvention (lorsque le prix de l'iodate est intégralement répercuté sur le consommateur), l'aide de l'UNICEF au niveau des achats est certainement bénéfique (éventuellement, sur une base de remboursement en devises locales par le Gouvernement du Bangladesh des devises fortes déboursées par l'UNICEF). Toutefois, cela suppose un service continu de la part de l'UNICEF qu'il faudra considérer comme tel. La viabilité du programme ne sera pas concrètement mise en cause, même si l'UNICEF s'en retirait.
- b) La maintenance des équipements et leur éventuel remplacement aux frais du fabricant, étant donné que les machines peuvent être achetées en devises locales. Les fabricants se constituent des marges de profit adéquates dans leur structure des prix de revient pour avoir les moyens d'assumer les futurs coûts de maintenance et de remplacement des pièces.

ANNEXE 5 - MACHINES D'IODATION DU SEL QUE L'ON PEUT ACQUÉRIR PAR L'INTERMÉDIAIRE DE L'UNICEF

La Division des approvisionnements de l'UNICEF à Copenhague a publié les spécifications suivantes concernant les machines d'iodation du sel, en date du 31 août 1994. Pour plus de renseignements, on s'adressera à Velimir Srdanovic, chef de la section Santé et Nutrition, Division des approvisionnements de l'UNICEF, UNICEF Plads, Freeport, 2100 Copenhague OE, Danemark, téléphone : 45-35-273-527; télécopieur : 45-35-269-421.

A5.1 ÉQUIPEMENT POUR L'IODATION DU SEL

Équipement d'aspersion-mélange en continu

Le type d'équipement recommandé se base sur un concept originalement développé pour l'UNICEF-Inde il y a plus de 20 ans. Ce concept a récemment connu d'importantes modifications pour en réduire considérablement les dimensions, et le dispositif est à présent disponible sous forme d'unité stationnaire ou d'unité mobile. Le concept a fait ses preuves depuis fort longtemps dans de nombreux pays et son efficacité a été démontrée pour l'iodation du sel semi-raffiné à un degré d'humidité dans des limites acceptables. Le sel raffiné semi-sec (ordinairement pris dans de grands monticules constitués pour lui permettre de sécher pendant plusieurs jours) est chargé manuellement dans une trémie qui relâche le sel à un rythme constant dans un mélangeur rotatif à vis ou il est aspergé d'un fin brouillard de solution d'iodate de potassium. Convenablement malaxé avec la solution, il est ensuite déchargé à travers un entonnoir d'évacuation pour se déposer dans des sacs de 60 kg remplacés manuellement. (Voir Fig. A5.1.1 et A5.1.2).

Un test récent de ce type d'équipement au Bangladesh, utilisant du sel 'humide' séché par gravité pendant quatre jours, a démontré que 18 échantillons recueillis sur une période de 10 minutes avaient une teneur moyenne d'iode de 29,7 mg/kg - fourchette de 27,5 à 31,7; écart type de 1,4 - suggérant ainsi que cet équipement pourrait facilement permettre à un fabricant de se conformer à une réglementation tolérant un écart de 20 mg/kg (ex. teneur de pas moins de 40 mg/kg ou de plus de 60 mg/kg).

On s'est également inquiété du fait que l'iodate de potassium dans un sel humide 'migrait' vers le fond du sac. En effet, l'importance de cette migration peut varier selon la qualité du sel et les conditions du milieu ambiant, mais l'expérience semble démontrer que cela ne constitue pas un problème majeur. Lors d'un test récent en Inde sur du sel brut d'origine solaire et préservé dans un sac pendant un an, le sel prélevé de la partie supérieure du sac contenait encore 29,2 mg/kg d'iode, et 35,5 au fond du sac.

Équipement d'iodation par lots pour une capacité de 10-30 tonnes/jour

Pour ce type de capacité, il existe un mélangeur stationnaire à rubans. Un lot de 125-250 kg est chargé dans une tranchée en fer à cheval, et pendant que l'on asperge une dose prémesurée d'iodate de potassium, le malaxage se poursuit par mouvement des rubans.

La durée requise de malaxage est d'environ 5 minutes, après quoi le sel est déchargé en passant par des trappes qui s'ouvrent manuellement dans la partie inférieure du mélangeur. (Voir Fig. A5.1.3).

Équipement d'iodation par lots d'une capacité de moins de 10 tonnes/jour

Pour ce type d'opération, il existe deux concepts qui en sont à la phase expérimentale et qui fonctionnent sur le principe de fûts amovibles qui tournent soit dans un boîtier, soit sur deux rouleaux de support. On verse 50 kg de sel dans un baril de malaxage incliné, on asperge le sel avec une mesure prédéterminée de solution d'iodate de potassium, puis on procède à la rotation du baril pour une durée de 5 minutes afin de s'assurer d'un malaxage adéquat. Le sel iodé est ensuite emballé, et l'opération recommence avec le chargement d'un nouveau lot dans le baril. Pour optimiser l'utilisation du malaxeur, on peut se doter d'un certain nombre de fûts à remplir d'avance. (Voir Fig. A5.1.4 et A5.1.5). À noter que ces machines ont une capacité qui se limite à 600 - 700 kg/h du fait que chaque lot est limité à 50 kg. Pour parvenir à 2 tonnes par heure, il est recommandé de doubler ou de tripler le nombre des machines. Ces types d'équipement n'ont pas encore été suffisamment testés pour garantir une performance acceptable; toutefois, les tests initiaux révèlent qu'ils offrent un bon potentiel pour servir les besoins des petites fabriques à des coûts considérablement réduits.

A5.2 MÉTHODE D'IODATION PAR ÉGOUTTAGE POUR LES CONCASSEURS DE SEL

Le procédé de raffinage comporte assez souvent un processus de concassage.

En Inde, on a constaté que l'alimentation par égouttage de la solution d'iode juste avant que le sel entre dans le broyeur donne de bons résultats en termes de dosage et d'homogénéité. Le seul dispositif requis est un alimentateur-égoutteur-mesureur rattaché à la trémie d'alimentation en sel. La capacité d'un tel broyeur se situe ordinairement dans une fourchette de 1 à 5 tonnes par heure. On recommande l'utilisation de ce système lorsqu'il existe déjà un dispositif de broyage. L'appareil supplémentaire est très peu coûteux.

En Bolivie, c'est ce système qui est utilisé principalement, mais avec la méthode à sec : un prémélange d'iodate de potassium entre en même temps que le sel dans le broyeur. L'homogénéité du produit fini (iodé) peut être améliorée par l'adjonction d'un simple appareil de mélange qui intervient après le concassage.

Avant de décider d'acheter des machines complètes d'iodation, il est important absolument d'analyser les processus mécaniques déjà en place à la fabrique, étant donné que l'on peut obtenir, avec des dispositifs auxiliaires relativement simples, les mêmes résultats que si l'on se dotait d'une machine à ioder le sel autonome (voir Fig. A5.2.1).

A5.3 ÉQUIPEMENT D'EMBALLAGE

Emballage des gros sacs (vrac)

On peut remplir de gros sacs (vrac) de 20 à 50 kg de deux façons :

- a) Une brocheuse de sac à opération manuelle avec une unité de suspension à ressorts.
Coût approximatif : 2 500 \$ (US)
- b) Brocheuse avec tête de couture et transporteur horizontal à chaîne et palettes (2 à 2,5 m de longueur) synchronisé avec la tête de couture, accompagnée d'un couteau à opération manuelle et d'un contrôle à pédale, et équipée d'un dossier ajustable pour le préposé. Dès que le sac entre dans le dispositif, la brocheuse se met automatiquement en marche : elle coud, coupe le fil de brochage et s'arrête en attendant le prochain sac; dotée d'un tapis roulant incliné.
Coût approximatif : 25 000 \$ (US)

Emballage de petits paquets (vente au détail)

Il y a une nette tendance à emballer le sel iodé dans des petits paquets de polyéthylène de 1/2 ou de 1 kg. Le remplissage et la fermeture étanche des sacs peuvent se faire de l'une des deux façons suivantes :

- a) Machine semi-automatique de remplissage et de fermeture étanche
 - (i) Trémie d'alimentation et bec de décharge (remplissage) avec contrôle à pédale. À chaque coup de pédale, on obtient un chargement (paquet). Le poids de chaque décharge peut être prédéterminé. Offre une capacité de 10 à 15 paquets à la minute ou de 600 à 750 kg à l'heure.
 - (ii) Soudeuse électrique à pédale qui assure la fermeture étanche des paquets remplis. Capacité de 10 à 15 paquets à la minute ou de 600 à 750 kg à l'heure.

Coût approximatif (machine) : 5 000 \$; (soudeuse) : 2 000 \$.

- b) Machine automatique de remplissage et de fermeture étanche

Machine constituée d'une unité d'alimentation volumétrique et d'un dispositif de production d'une pellicule d'emballage avec un tube de remplissage où la pellicule de polyéthylène est pliée puis soudée verticalement en forme de cylindre. La trémie volumétrique livre une quantité de sel dont le volume est prédéterminé par la machine à emballer. La pellicule est ensuite tirée vers le bas à la longueur requise, elle est remplie de sel et la partie supérieure est soudée. Cette action de fermeture étanche soude également le fond du paquet suivant (encore vide). La taille du paquet peut être ajustée durant l'opération. Les paquets remplis sont emportés sur un petit transporteur vers une table d'emballage où ils sont manuellement placés dans des boîtes de carton. L'exactitude du remplissage est de +/- 1 %. La capacité de la machine est de 35 à 40 paquets/min., soit 2 à 2,5 tonnes/h. Coûte environ 25 000 \$. Le coût d'une machine de 60 paquets/min. est d'environ 42 000 \$.

A5.4 ÉQUIPEMENT AUXILIAIRE FACULTATIF

Chariot à plate-forme de bois sur quatre pneus de caoutchouc

2 de type pivotant et 2 de type fixe

Capacité : 500 kg

Prix : 200 \$

Balance à plate-forme

Capacité : 200 kg

Prix : 300 \$

Groupe électrogène au diesel de 5 kV/A

avec moteur diesel, alternateur, panneau de contrôle de l'appareillage de commutation, et accessoires, le tout monté sur le même socle.

Prix : 4 000 \$

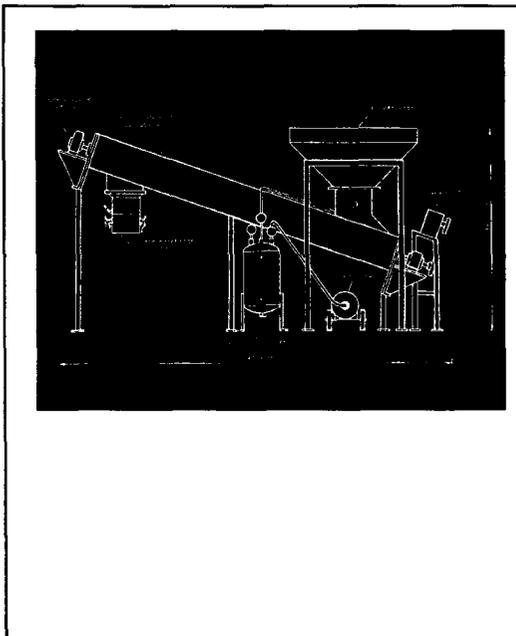


Fig. A5.1.1 MACHINE D'IODATION DU SEL À ASPERSION EN CONTINU

TYPE STATIONNAIRE

FONCTION :

Asperger et mélanger une solution d'iodate de potassium avec le sel

DESCRIPTION :

La machine est constituée des éléments suivants :

- Trémie d'alimentation
- Unité d'aspersion avec compresseur
- Mélangeur à vis incliné avec sa propre unité d'alimentation en énergie
- Structure porteuse
- Unité de contrôle

OPÉRATIONS :

Le sel est introduit dans la trémie et tombe dans une cuve de malaxage en passant par un dispositif d'alimentation à rotation contrôlée. Pendant sa chute, le sel est aspergé avec une solution d'iodate de potassium injectée à partir de gicleurs dans la cuve d'aspersion. Quant à la cuve de malaxage, il s'agit d'une tranchée inclinée dans laquelle tourne un axe hélicoïdal sur chariot qui mélange et transporte le sel vers le haut. Au bout de la tranchée se trouvent deux becs de décharge jumelés d'où le sel se déverse dans des sacs.

Les malaxeurs doivent être pré-réglés de façon à produire des teneurs d'iodation de 20 à 100 mg/kg, conformément aux exigences dans chaque pays.

<i>CAPACITÉ :</i>	5 - 9 tonnes par heure. Cette capacité variera en fonction des dispositifs de chargement et d'emballage. Avec cette capacité, et à un rythme d'activité de 8 h/jour et de 250 jours/an, on obtient une production annuelle de 10 000-18 000 tonnes.
<i>DIMENSIONS :</i>	L x l. x H : 4,3M x 2M x 1,2M
<i>MATÉRIAUX :</i>	Tout métal qui vient en contact avec l'iode et le sel est fait d'acier inoxydable de qualité supérieure selon la norme AISI304, et tous les autres éléments métalliques sont faits d'acier doux avec revêtement à haute densité. Tous les roulements sont à rotule et sont scellés.
<i>ÉNERGIE REQ. :</i>	Soit un moteur électrique de 3 CV à 3 phases, soit un moteur diesel de 5 à 7 CV.
<u>GAMME DES PRIX :</u>	7 000 \$ à 10 000 \$ (US)

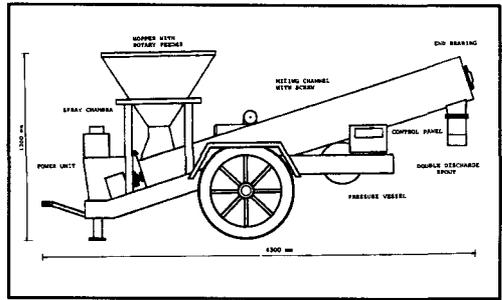


Fig. A5.1.2 MACHINE D'IODATION DU SEL À ASPERSION EN CONTINU

TYPE MOBILE

FONCTION : Asperion sur le sel d'une solution d'iodate de potassium et malaxage

DESCRIPTION : La machine est constituée des éléments suivants :
 Trémie d'alimentation
 Unité d'asperion avec compresseur
 Malaxeur à vis incliné avec unité d'alimentation en énergie
 Structure porteuse
 Unité de contrôle

OPÉRATIONS : Le sel est versé dans une trémie d'alimentation et tombe dans une cuve de malaxage en passant par un dispositif d'alimentation rotatif contrôlé. Pendant sa chute, le sel est aspergé avec une solution d'iodate de potassium injectée à partir de gicleurs dans la cuve d'asperion. Quant à la cuve de malaxage, il s'agit d'une tranchée inclinée dans laquelle tourne un axe hélicoïdal sur chariot qui malaxe et transporte le sel vers le haut. Au bout de la tranchée se trouvent deux becs jumelés de décharge du sel dans des sacs.
 Les malaxeurs doivent être pré-réglés pour obtenir des teneurs de 20 à 100 mg/kg, conformément aux normes imposées dans chaque pays.

CAPACITÉ : **5 - 9 tonnes par heure.**
 Cette capacité variera selon les dispositifs de chargement et d'emballage. Avec cette capacité, en supposant un rythme d'activité de 8 h/jour et de 250 jours/an, on obtiendra une production annuelle de 10 000-18 000 tonnes.

DIMENSIONS : **L x l. x H : 4,3M x 2M x 1,2M**

MATÉRIAUX : Tout métal qui vient en contact avec l'iode et le sel est fait d'acier inoxydable de qualité supérieure selon la norme AISI304, et tous les autres éléments métalliques sont faits d'acier doux avec revêtement à haute densité. Tous les roulements sont à rotule et sont scellés.

ÉNERGIE REQ. : Soit un moteur électrique de 3 CV à 3 phases, soit un moteur diesel de 5 à 7 CV.

GAMME DES PRIX : 7000 à 10 000 \$ (US)

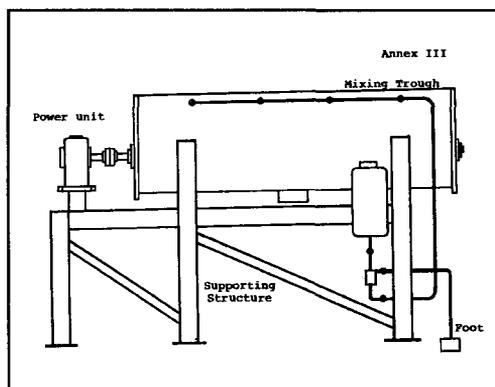


Fig. A5.1.3 MACHINE D'IODATION DU SEL À RUBANS MALAXEURS

TYPE PAR LOTS

- FONCTION :** Aspersion sur le sel d'une solution d'iodate de potassium et malaxage
- DESCRIPTION :** La machine comporte les éléments suivants :
 Cuvette de malaxage en fer à cheval avec rubans malaxeurs
 Unité d'aspersion à compression contrôlée par une pédale
 Unité d'alimentation en énergie avec engrenage démultiplicateur
 Structure porteuse
- OPÉRATIONS :** Le sel est chargé dans une cuvette de malaxage et une dose quantifiée de solution d'iodate de potassium est aspergée pendant que les rubans malaxeurs sont en mouvement. Le sel est malaxé pendant 5 minutes, après quoi la mixtion est homogène. Le bec de décharge est ouvert manuellement et le sel est versé dans des sacs dans la partie inférieure de la structure.
- CAPACITÉ :** Des lots de 125/250 kg. Le rythme de production dépend essentiellement de la performance des dispositifs de chargement et de déchargement.
 1-2 tonnes/h.
- DIMENSIONS :**
 125 kg : L x l. x H : 2,5 M x 1,0 M x 1,6 M
 250 kg : L x l. x H : 3,5 M x 1,2 M x 1,8 M
- MATÉRIAUX :** Tous les matériaux qui viennent en contact avec le sel ou la solution sont faits d'acier inoxydable SS304. Le corps de la structure est fait d'acier revêtu d'une couche de peinture au caoutchouc chloré.

ÉNERGIE REQ. : 250 KG 5 CV / 3,75 kW
125 KG 3 CV / 2,20 kW

GAMME DES PRIX : 250 KG 3 500 \$
125 KG 2 500 \$

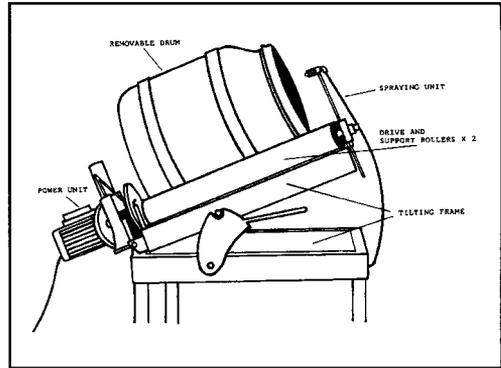
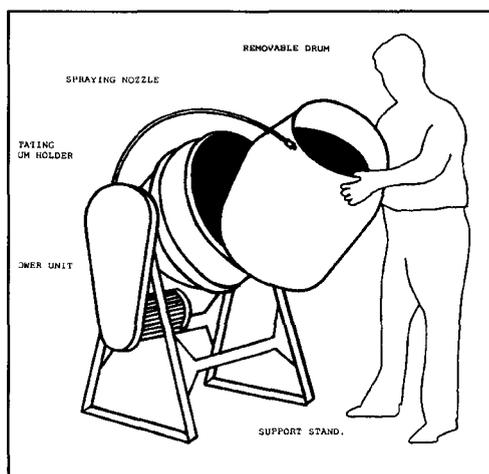


Fig. A5.1.4 MACHINE D'IODATION DU SEL À FÛT ROTATIF

TYPE PAR LOTS

- FONCTION :** Aspersion sur le sel d'une solution d'iodate de potassium et malaxage
- DESCRIPTION :** La machine comporte les éléments suivants :
 Fût amovible de polyéthylène
 Structure inclinée avec deux rouleaux et une unité d'alimentation en énergie
 Réservoir de la solution d'iode avec pompe réglable et unité d'aspersion
- OPÉRATIONS :** Le sel est chargé dans un fût amovible à hauteur de 60 kg par charge, le fût est mis en position sur les rouleaux, et pendant qu'il est en rotation, la solution d'iodate de potassium est aspergée sur le sel à l'intérieur du fût. L'unité est réglée d'avance pour asperger une quantité de solution prédéterminée. Le fût tourne pendant 5 minutes, après quoi la mixtion est homogène.
- CAPACITÉ :** Variera en fonction de la dimension des fûts (600-1 000 kg/h) et de la capacité de la main-d'oeuvre à soulever.
- DIMENSIONS :** **L x l. x H : 1,5 M x 0,75 M x 1 M**
- MATÉRIAUX :** Structure porteuse faite d'acier doux avec revêtement à haute densité; fût de malaxage en polyéthylène.
- ÉNERGIE REQ. :** Moteur électrique de 200 watts, 220 volts; ou moteur à essence de 4 CV.
- GAMME DES PRIX :** 1 500 \$ (US)
- NOTE :** Concept expérimental mais prometteur.



**Fig. A5.1.5 MACHINE D'IODATION DU SEL À FÛT ROTATIF
TYPE PAR LOTS**

- FONCTION :** Aspersion sur le sel d'une solution d'iodate de potassium et malaxage
- DESCRIPTION :** La machine comporte les éléments suivants :
 Fût amovible de polyéthylène
 Porte-fût rotatif avec support et unité d'alimentation en énergie
 Réservoir de la solution d'iode avec pompe réglable et unité d'aspersion
- OPÉRATIONS :** Le sel est chargé dans un fût amovible à hauteur de 60 kg par charge, le fût est mis en position dans le porte-fût, et pendant qu'il est en rotation, la solution d'iodate de potassium est aspergée sur le sel à l'intérieur du fût. L'unité est réglée d'avance pour asperger une quantité de solution prédéterminée. Le fût tourne pendant 5 minutes, après quoi la mixtion est homogène.
- CAPACITÉ :** Variera en fonction de la dimension des fûts (600-2 000 kg/h) et la capacité de la main-d'oeuvre à soulever.
- DIMENSIONS :** L x l. x H : 1,5 M x 0,75 M x 1 M
- MATÉRIAUX :** Structure porteuse faite d'acier doux avec revêtement à haute densité; fût de malaxage en polyéthylène.
- ÉNERGIE REQ. :** Moteur électrique de 200 watts, 220 volts; ou moteur à essence de 5 CV.
- GAMME DES PRIX :** 2 000 \$ (US)
- NOTE :** Concept expérimental mais prometteur.

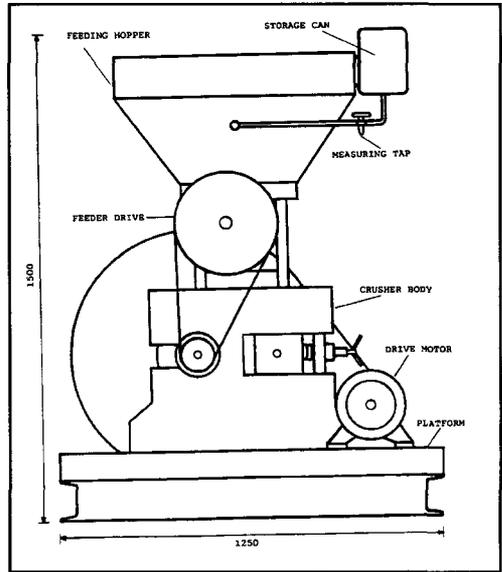


Fig. A5.2.1 BROYEUR DE SEL AVEC DISPOSITIF D'ALIMENTATION PAR ÉGOUTTAGE

- FONCTION :** Broyage du sel et malaxage simultané avec l'iodate.
- DESCRIPTION :** La machine comporte les éléments suivants :
 Trémie d'alimentation avec dispositif d'égouttage
 Chargeur d'alimentation
 Structure de compressage avec rouleaux
 Moteur
 Plate-forme
- OPÉRATIONS :** La solution d'iodate s'égoutte dans la trémie qui reçoit le sel au moment même où celui-ci est broyé par les rouleaux, de sorte qu'elle est malaxée avec le petit sel granulé qui en résulte.
 L'humidité relative du sel doit être inférieure à 4 %.
- CAPACITÉ :** Jusqu'à 5 tonnes/h.
- DIMENSIONS :** L x l. x H : 1,5 M x 1,4 M x 1,5 M
- MATÉRIAUX :** Tous les matériaux qui entrent en contact direct avec le sel sont faits d'acier inoxydable. Les rouleaux sont faits de fonte à haute teneur en carbone. La trémie est parfois faite de bois.
- ÉNERGIE REQ. :** moteur électrique de 15 CV, ou diesel
 125 KG 3 CV / 2,20 kW
- GAMME DES PRIX :** 6 500 \$ (US) pour obtenir 4-5 tonnes/h.

